



Landgraf, D. (Hrsg.)



Tagungsband

3. ERFURTER TAGUNG

Schnellwachsende Baumarten – Status Quo und neue
Entwicklungen

vom 16.11. – 17.11.2023

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:

Dirk Landgraf

ISSN:

Online 2627-9908

Stand:

Januar 2024

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	Aufkommen und Verwendung von Holz – Perspektiven für Biomasseaus KUP und AFS	1
2	Pappelanbau in Agroforst & Kurzumtriebsplantage – aktuelle Entwicklung und Perspektive	19
3	Agroforstsysteme mit schnellwachsenden Baumarten – Rahmenbedingungen, Anbauverfahren und Klimaschutzpotential	32
4	Harvard 21 – Nutzbarmachung forstlicher Holzernteverfahren für KUP/AFS.....	43
5	Zuwachsuntersuchungen einer Kurzumtriebsplantage aus Pappel und Robinie im ostthüringischen Saale-Holzland-Kreis	51
6	Zuwachsergebnisse von Pappel in der Midi-Rotation einer Kurzumtriebsplantage.....	60
7	Die Sortenverteilung der Baumart Pappel auf etablierten Kurzumtriebsplantagen und Agroforstsystemen	76
8	Umweltwirkungen des Anbaus von schnellwachsenden Baumarten in Agroforstsystemen	91
9	Langfristige Biomasseerträge und Potentiale der Kohlenstoffspeicherung von Kurzumtriebsplantagen	104
10	Agroforst in Thüringen – Status, Ziele und Wege	116

Posterbeiträge

11	Etablierung von Agroforstsystemen in trockenen Lagen.....	128
12	Kosten in der KUP-Ernte.....	130
13	Praxisnahe Messmethoden zur Analyse der Leistungsfähigkeit von Robinien	132
14	Prüfung neuer amerikanischer Pappelklone für den Kurzumtrieb.....	134

1 **Aufkommen und Verwendung von Holz – Perspektiven für Biomasse aus KUP und AFS**

Susanne Iost ¹

¹ Thünen-Institut für Waldwirtschaft, Leuschnerstr. 91, 21037 Hamburg,
Deutschland

Abstract. Mittelfristig ist ein Rückgang des Holzaufkommens aus dem Wald zu erwarten. In den vergangenen knapp 30 Jahren ist der Holzeinschlag im Wald deutlich angestiegen, in den letzten Jahren spielten Schadereignisse dabei eine wichtige Rolle. Trockenheit und dadurch begünstigter Käferbefall führten zu erhöhten Absterberaten bei allen Baumarten, insbesondere bei der Fichte. In den kommenden Jahren ist zunächst mit einer höheren Nutzung von Waldholz und damit mit einem Abbau des stehenden Vorrats zu rechnen. Das Nadelholzaufkommen wird in der Folge ab 2030 deutlich sinken. Erhöhte Laubbaumanteile können diesen Rückgang nicht ausgleichen. Aufgrund politischer und gesellschaftlicher Rahmenbedingungen ist mit Stilllegungen und Extensivierung der Waldbewirtschaftung zu rechnen. Diesem Aufkommensrückgang steht eine potenziell steigende Nachfrage nach Holz und Holzprodukten in der Zukunft gegenüber; insbesondere für Holzbau, Chemie-, Kunststoff- und Textilindustrie, Biokraftstoffe und Wärmeversorgung. Perspektiven für Biomasse aus KUP und AFS ergeben sich in der Substitution von Waldholz in traditionellen Holzverwendungen wie die Herstellung von Holzwerkstoffen oder Papier und in der Wärmeerzeugung. In neuen Holzverwendungen könnte ein zukünftiger Schwerpunkt auf dem Einsatz in Bioraffinerien, zur Herstellung von Biokraftstoffen und als Torfersatz liegen. Idealerweise erfolgt diese zunehmende Verwendung von Biomasse aus AFS und KUP über eine gestärkte Nachfrage und entsprechende Rohstoffpreise ohne gesetzliche Förderung. Gleichzeitig beinhaltet die nationale Ausgestaltung der RED III Chancen für Holz aus AFS und KUP als förderfähige Materialien zur Herstellung von fortschrittlichen Biokraftstoffen.

Keywords: Aufkommen, Verwendung, Substitution, holzige Biomasse

1.1 Einleitung

Agroforstsysteme (AFS) und ihre Funktionen sind umfassend wissenschaftlich untersucht; die mit der Bewirtschaftung verbundenen Vorzüge hinlänglich bekannt (Böhm 2022). Dennoch gibt es in Deutschland bisher eher geringe Flächenanteile und eine Förderung durch agrarpolitische Maßnahmen erfolgt nur zögerlich (DeFAF 2023). Während holzige Biomasse aus AFS bereits energetisch genutzt wird, erfolgt kaum eine stoffliche Nutzung, obwohl diese Biomasse durchaus in bestimmten Verwendungen Waldholz ersetzen und ergänzen kann. Die Ausweitung der Agroforstfläche in Deutschland über die Anerkennung ihrer Ökosystemleistungen und eine entsprechende politische und finanzielle Förderung ist bisher nicht in einem Maße erfolgt, welches eine substanzielle Ausweitung der Anbaufläche zu Folge hätte. Chancen für eine Ausweitung der Anbaufläche ergeben sich aus der kurz- bis mittelfristigen erwarteten Abnahme der Verfügbarkeit von Waldholz und der stofflichen Substitution durch holzige Biomasse aus AFS (einschließlich Kurzumtriebsplantagen (KUP)). Im vorliegenden Beitrag wird daher zunächst das Aufkommen an Waldholz und die im fortschreitenden Klimawandel wahrscheinliche Entwicklungen skizziert. Dann wird die aktuelle Holzverwendung beschrieben und auf mögliche stoffliche Substitutionsoptionen hingewiesen. Abschließend wird auf ausgewählte gesellschaftliche und politische Rahmenbedingungen für zukünftige Waldbewirtschaftung und Verwendung holziger Biomasse eingegangen.

1.2 Rohholzaufkommen

1.2.1 Rohholzaufkommen 1995 - 2022

Der Holzeinschlag im Wald ist seit 1995 von knapp 47 Mio. m³ auf 70-75 Mio. m³ in Jahren mit planmäßigem Holzeinschlag angestiegen (Abb. 1). Darüber hinaus erhöhter Einschlag ist durch unplanmäßigen Einschlag infolge von Kalamitäten begründet. Ab 2018 stieg der Einschlag infolge klimawandelbedingter Trockenheit und nachfolgendem Borkenkäferbefall deutlich an und erreichte in 2021 ein Maximum von 84 Mio. m³. Nur in Folge des Sturmtiefs Kyrill im Januar 2007 war der Einschlag mit 93 Mio. m³ höher (TI-WF 2023; JOCHEMET AL. 2015). In 2022 ging das Schadhholzaufkommen, und damit der gesamte Einschlag, wieder leicht zurück. Zur Illustration zeigt Abb. 1 auch das Schadhholzaufkommen (DESTATIS 2023). Die amtliche Einschlagsstatistik (DESTATIS 2023) unterschätzt den tatsächlichen, aus der Holzverwendung hergeleiteten Einschlag (TI-WF 2023) um ca. 20 %; in den

Jahren mit deutlich erhöhtem Schadholzaufkommen fällt die Unterschätzung sehr viel geringer aus (Abb. 1). Insgesamt wird deutlich mehr Nadel- als Laubholz eingeschlagen.

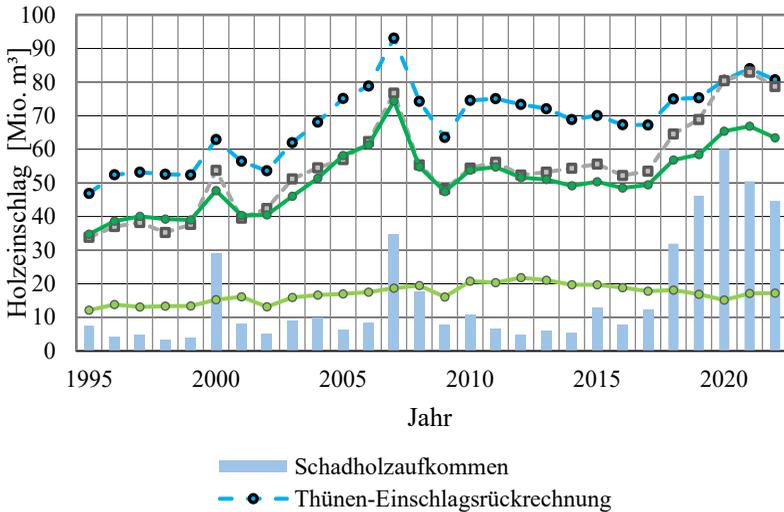


Abb. 1: Entwicklung des Holzeinschlags in Deutschland (Weimar 2023; Destatis 2023; TI-WF 2023)

1.1.2 Waldschäden durch Extremwitterung

Für die Monate Juni – August der Jahre 2018 bis 2020 wurden in Mitteleuropa Dampfdruck-Defizite berechnet, die deutlich über dem Mittel der Jahre 1986 – 2015 lagen (Abb. 2). Die Zentren der Trockenheit entsprechen der Lage und Ausdehnung von Schadflächen (Abb. 3). Eine Zunahme um 100 % entspricht einer Verdopplung der geschädigten Waldfläche in Relation zur durchschnittlichen Schadfläche im Zeitraum 1986 – 2015 (SENF UND SEIDL 2021). Die Autoren der Studie schlussfolgern, dass sich die Schadregimes in europäischen Wäldern seit 2018 grundlegend geändert haben und erwarten, dass Trockenheitsphasen wie in 2018 zum „neuen Normal“ werden. Der wichtigste Treiber der Schäden war das Klima, ein direkter Einfluss der Bewirtschaftung wurde nicht nachgewiesen (SENF UND SEIDL 2021). Die Absterberaten stiegen in den letzten Jahren für alle Baumarten an. Für die

Fichte lagen sie in 2020 und 2022 bei 4,2 % und 4,4 %, für die Buche ist für 2019 und 2021 eine deutlich erhöhte Mortalität zu beobachten. Über alle Baumarten liegt die Absterberate bei 1,8 % (BOLTE 2023; BMEL 2023). Allein durch die erhöhten Absterberaten reduziert sich der gesamte Zuwachs der Holzartengruppen Buche (1,1 %), Kiefer (1,2 %) und besonders der Holzartengruppe Fichte (8 %) (BOLTE UND ROCK 2023). In dieser „Dürrekorrektur“ ist nur die abgestorbene Waldfläche berücksichtigt. Zuwachsverluste an lebenden Bäumen durch z.B. Trockenheit sind noch nicht berücksichtigt (BOLTE UND ROCK 2023).

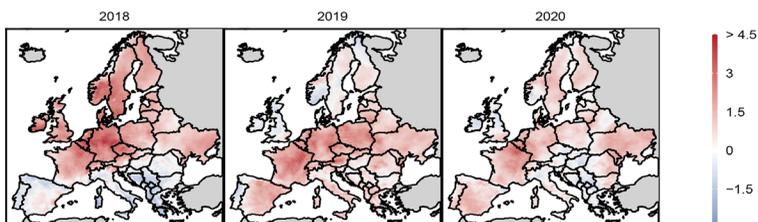


Abb. 2: Anomalie Dampfdruck-Defizit (Juni-August) ggü. Mittel 1986-2015 (Quelle: SENF UND SEIDL 2021)

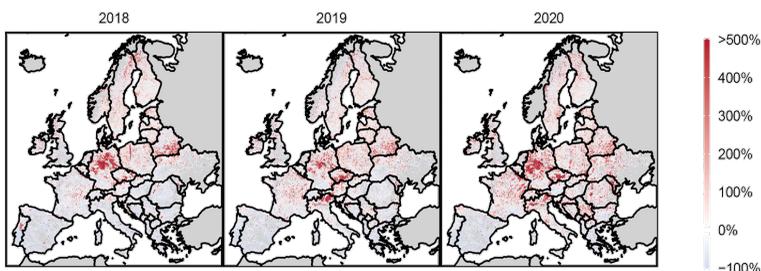


Abb. 3: Anomalie Schadflächen (Kronenschirmfläche) ggü. Mittel 1986 - 2015 (Quelle: SENF UND SEIDL 2021)

1.2.3 Zukünftiges Rohholzaufkommen

Das Rohholzaufkommen wird in Zukunft weiter durch Schadereignisse geprägt sein. BOLTE UND ROCK (2023) erwarten, dass der Schadholzanteil am Aufkommen regelmäßig bei ca. 40 % liegen wird. Trockenheit wird als Ursache für Schäden an Bedeutung gewinnen, aber auch Stürme werden weiter eine Rolle spielen. Für die Sicherung von Rohholzversorgung und Walderhaltung ist der Umbau der Wälder maßgeblich. Aufgrund der klimatischen Veränderungen und der Anforderungen an den Standort bei Fichte und Buche, ergibt sich eine Fläche von 2,85 Mio. ha, auf der Waldumbau notwendig ist (BOLTE ET AL. 2021). Dies erfolgt idealerweise über Voranbau unter noch bestehendem Schirm, da dort die Bedingungen für Pflanzungen günstiger sind als auf abgeräumten Schadflächen (BOLTE UND ROCK 2023). Abb. 4 und 5 zeigen die Risikostandorte für Fichte und Buche. Für die Fichte sind Höhenlagen unter 600 mm u. NN und für die Buche Standorte mit einer maximal nutzbaren Bodenwasserspeicherkapazität (nWSK) von $< 90 \text{ mm m}^{-1}$ als Risikostandorte zu bewerten. Dies betrifft knapp 70 % aller Waldflächen mit führender Baumart Fichte und knapp 34 % aller Waldflächen mit führender Baumart Buche (BOLTE ET AL. 2021). Soll der Umbau dieser Flächen bis 2050 abgeschlossen sein, folgt daraus eine notwendige Umbaufläche von 95.000 ha pro Jahr. Aktuell werden 22.000 ha umgebaut (BOLTE ET AL. 2021).

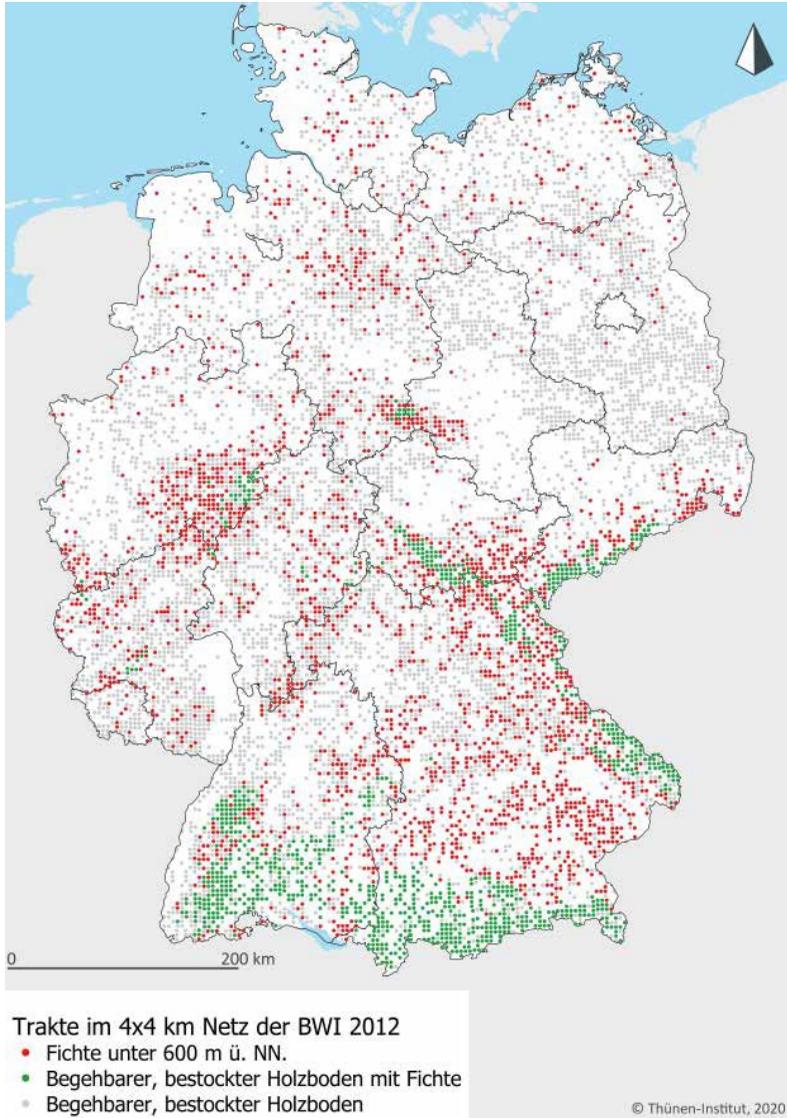


Abb. 4: Risikostandorte mit führender Baumart Fichte (Quelle: BOLTE ET AL. 2021)

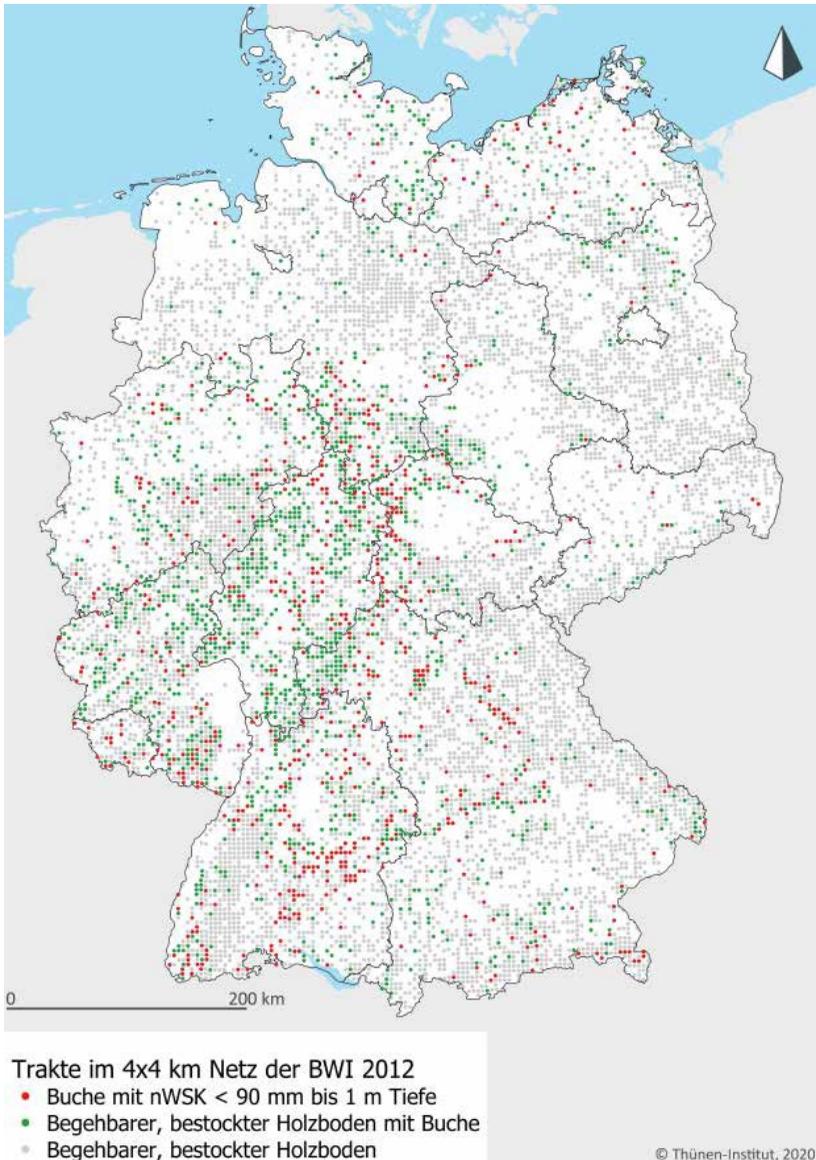


Abb. 5: Risikostandorte mit führender Baumart Buche (Quelle: BOLTE ET AL. 2021)

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass in den kommenden Jahren durch Schadereignisse regelmäßig mit einem Kalamitätsholzanteil von bis zu 40 % gerechnet werden muss und zunächst höhere Nutzungen als geplant stattfinden. Damit geht ein Abbau der stehenden Vorräte im Wald einher. Das Aufkommen an Nadelholz wird ab 2030 deutlich sinken. Treiber dieser Entwicklung sind neben den Waldschäden der Waldumbau zu mehr Laubholz und die ungünstige Altersklassenverteilung. Das Nadelholzaufkommen könnte in 2050 50 % niedriger sein als heute. Die steigenden Laubholzanteile können das sinkende Nadelholzaufkommen nicht ausgleichen (BOLTE 2023). Hinzu kommen Effekte aus Zuwachsreduktion aufgrund der klimatischen Bedingungen und wahrscheinlich Flächenstilllegungen und Extensivierung der Waldbewirtschaftung aufgrund nationaler und internationaler Politikziele (SCHIER ET AL. 2022; BOLTE UND ROCK 2023; BAUHUS ET AL. 2021; HENNENBERG ET AL. 2021).

1.3 Verwendung von holziger Biomasse

1.3.1 Stoffstrom Holz

Holzige Biomasse wird in fest etablierten Wertschöpfungsketten stofflich und energetisch genutzt (BÖSCH ET AL. 2015). Abb. 6 zeigt den Stoffstrom Holz in vereinfachter Form. Ausgehend von der Rohholzproduktion und anderen holzbasierten Ressourcen wie Altpapier und Altholz (oben) wird die Be- und Verarbeitung der Biomasse bis zu den Endwaren (unten) dargestellt. Die Abbildung beinhaltet auch Importe (von links) und Exporte (nach rechts). Die Darstellung erfolgt mengenproportional, d.h. die Breite der dargestellten Ströme entspricht den Mengen in Mio. Kubikmeter Faseräquivalent ($\text{m}^3(\text{f})$). Diese Einheit berücksichtigt, dass Holzhalb- und Fertigwaren unterschiedlich viel Holzfasern enthalten, und ermöglicht die Vergleichbarkeit der enthaltenen Holz mengen (WEIMAR 2011). Wichtigste Datenquellen sind die Studien des Rohstoffmonitorings Holz und die Einschlagrückrechnung (TI-WF 2023). Die Datenlage ist bis zur Halbwarenebene gut; für die Endwaren sind die tatsächlichen Stoffströme nicht ausreichend bekannt.

Das verfügbare Aufkommen an Rohholz setzt sich aus sägefähigem Rundholz, Industrieholz und Energieholz, sowie Rohholzimporten zusammen. In etwa die Hälfte des Aufkommens, das sägefähige Rundholz, wird in der Herstellung von Schnittholz eingesetzt. Kleinere Mengen gehen in die Herstellung von Holzwerkstoffen und Holz- und Zellstoff. Vom gesamten Rohholzaufkommen wird ungefähr ein Drittel direkt energetisch genutzt: überwiegend in Privathaushalten und zu einem deutlich geringeren Anteil in

Biomasseanlagen. Bei der Verarbeitung in den Sägewerken fallen Reststoffe, die Sägenebenprodukte, an. Diese werden zum einen stofflich genutzt. Sie sind mengenmäßig wichtige Ressource in der Holzwerkstoffherstellung und werden auch in der Holz- und Zellstoffindustrie eingesetzt. Ein Teil wird zur Herstellung von Pellets und Holzbriketts verwendet. In Deutschland erzeugte Pellets bestehen zu über 90 % aus Reststoffen und nur zu geringen Anteilen aus Rundholz, wie Kalamitätsholz oder Durchforstungsholz (DEPV 2019). Sägenebenprodukte werden in den Sägewerken auch zur Energieerzeugung (z.B. Trocknung der Schnittholzprodukte) eingesetzt.

Altholz und Altpapier sind im Stoffstrom Holz ebenfalls wichtige Ressourcen. Aufgrund der gesetzlichen Bestimmungen (ALTHOLZV 2002) wurden in 2020 über 80 % des Altholzes energetisch genutzt; der Rest wurde stofflich in der Holzwerkstoffindustrie verwendet (DÖRING UND MANTAU 2021). Der Anteil von Altpapier an Faserverbrauch der Papier- und Pappenherstellung lag in 2020 bei knapp zwei Drittel, der Anteil von Faserholz (Rundholz und holzige Reststoffe) bei ca. einem Drittel (Verband Deutscher Papierfabriken (VDP) 2021). Zur Herstellung von Pappe und Papier wird in Deutschland erzeugter Holz- und Zellstoff eingesetzt; dafür werden Sägenebenprodukte und auch nicht sägefähiges Rundholz genutzt (Abb. 6). Mengenmäßig bedeutender sind aber die Importe an Holz- und Zellstoff für die Papier- und Pappenproduktion.

In der weiteren Verarbeitung der Halbwaren werden Schnittholz und Holzwerkstoffe inländisch v.a. im Bausektor, in der Möbelherstellung und in Holzverpackungen eingesetzt (BÖSCH ET AL. 2015). Der Bausektor ist der mengenmäßig wichtigste Endverwendungssektor; ca. 60 % des Schnittholzes und 40 % der Holzwerkstoffe werden im Hochbau verwendet. Im Hochbau werden insgesamt reichlich 30 % des Holzes in Neubauten und knapp 70 % in Modernisierungen eingesetzt. Insgesamt sind ca. 90 % des stofflich genutzten Holzes Nadelholz (WEIMAR UND JOCHEM 2013; BÖSCH ET AL. 2015; MANTAU UND BILITEWSKI 2010; GLASENAPP ET AL. 2017).

Holzfluss in der Bundesrepublik Deutschland 2015

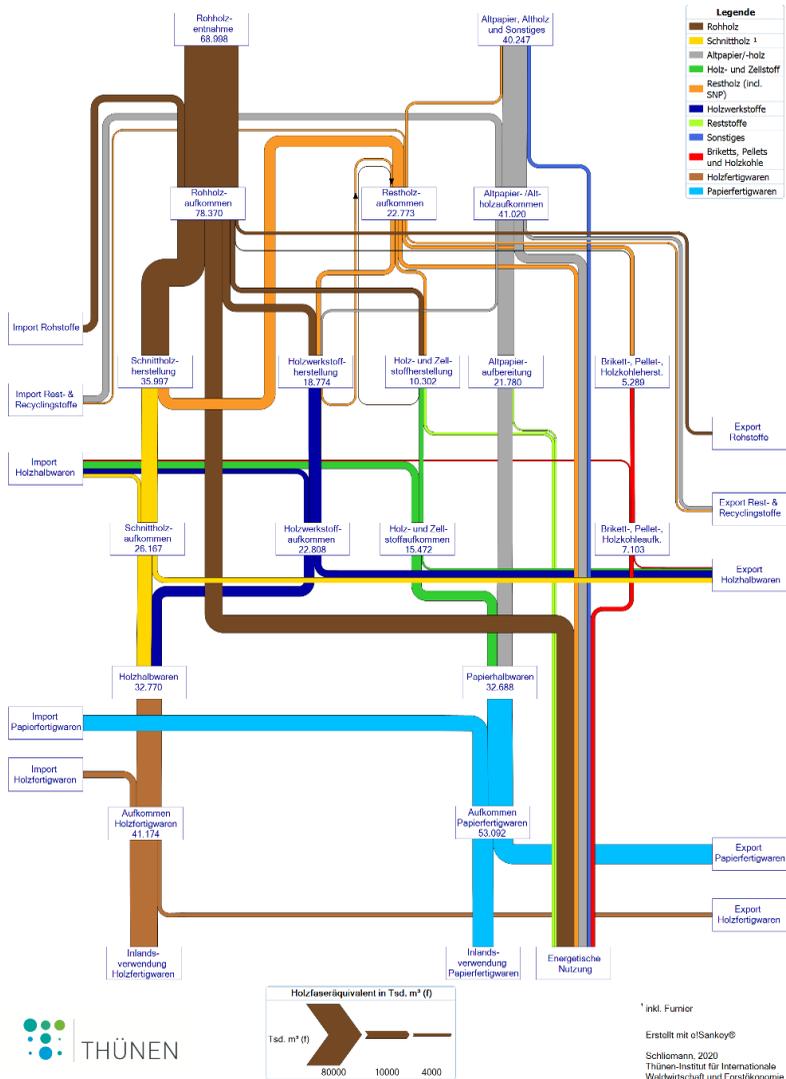


Abb. 6: Stoffstrom Holz (vereinfacht) (Quelle: WEIMAR, unveröff. auf Basis Kap. Stoffstrom Holz in BANSE ET AL. 2019)

1.3.2 Rahmenbedingungen für die zukünftige Holzverwendung

Neben den in Kapitel 2.2 beschriebenen Rahmenbedingungen für Waldwachstum und -bewirtschaftung im Klimawandel geben gesellschaftliche Trends und politische Aspekte den Rahmen für Aufkommen und Verwendung von holzartiger Biomasse aus dem Wald und von außerhalb des Waldes vor.

Hinsichtlich der politischen Rahmenbedingungen ist zunächst die EU Biodiversitätsstrategie zu nennen (COM 2020). Darin wird angestrebt, bis 2030 30 % der Land- und Wasserfläche unter Schutz zu stellen und davon ein Drittel streng zu schützen. Die konkrete Umsetzung dieser Ziele auf nationaler Ebene dauert noch an (COM 2022), daher können genaue Effekte noch nicht sicher geschätzt werden. Modellierungen zeigen aber, dass die Umsetzung der Strategie in Deutschland durch Flächenstilllegungen und Extensivierungen zu einem deutlich verminderten Rohholzaufkommen und führen können (SCHIER ET AL. 2022; REGELMANN ET AL. 2023). Auf deutscher Ebene ist weiterhin das Klimaschutzgesetz relevant. Im Gesetz wird das Ziel formuliert, die Senkenleistung des LULUCF-Sektors (land use, land use change, forestry) deutlich zu erhöhen. Der Sektor berücksichtigt Treibhausemissionen und -speicherung von Wäldern, Acker- und Grünland, Feuchtgebieten, Siedlungen und C-Speicherung in Holzprodukten (Climate Action (EC) 2021). Im Klimaschutzgesetz ist keine Aufteilung der Senkenleistung auf die Kategorien wie Wald oder Ackerland festgelegt (BAUHUS ET AL. 2021). Für 2024 ist eine Rechtsverordnung geplant, in der konkret Jahresemissionen festgelegt werden sollen (BAUHUS ET AL. 2021). Es gibt unterschiedliche Schätzungen, wie stark die Holzentnahme aus dem Wald dadurch gemindert werden könnte; diese reichen von einer Reduktion der Entnahme um 25 % bis zu einem Verbleib von 47 – 58 % des jährlichen Zuwachses im Wald (BAUHUS ET AL. 2021; HENNENBERG ET AL. 2021; Deutsche Energie Agentur GmbH (DENA) 2021), je nachdem, welcher Anteil an der gesteigerten Senkenleistung dem Wald zugeordnet wird. Vor dem Hintergrund, der in Kap. 2.2 und 2.3 beschriebenen Aspekte ist fraglich, inwieweit der Wald noch zusätzlich Kohlenstoff speichern kann und auch der Holzproduktespeicher wird möglicherweise reduziert (BAUHUS ET AL. 2021). Für AFS ergeben sich aus den genannten Aspekten Perspektiven. Bei einer Reduktion des Waldholzaufkommens könnte der Bedarf nach holziger Bio-masse aus AFS deutlich zunehmen, vor allem für die stoffliche Verwendung. Neben der Ausweitung der Senkenleistung des Waldes gilt auch der Humusaufbau in der Landwirtschaft z.B. in Agroforstsystemen als Klimaschutzmaßnahme (HENNENBERG ET AL. 2021).

Die Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU (RED III) regelt unter anderem den Einsatz von Biomasse für energetische Zwecke. Dies beinhaltet auch

Regelungen, welche Biomassen zur Herstellung von sog. fortschrittlichen, d.h. nachhaltigen, Biokraftstoffen eingesetzt werden dürfen. Im Anhang IX der Richtlinie werden entsprechende Materialien und Biomassen gelistet. Anhang IX dient den Mitgliedsstaaten als Grundlage für die gezielte Förderung bestimmter Biomassen und Kraftstoffe in den nationalen Regelwerken und Vorgaben (BUFFET 2020). Fortschrittliche Biokraftstoffe („advanced biofuels“) sind definiert als flüssige oder gasförmige Biokraftstoffe aus Materialien des Anhang IX. Ein Bedarf solcher Kraftstoffe besteht in Teilen des Verkehrssektors, die schwer zu dekarbonisieren sind, wie Schiff- und Flugverkehr (EU 21.10.2023). Die EU-Richtlinie muss nach Verabschiedung in nationales Recht umgesetzt werden. Sie gibt den Mitgliedsstaaten vor, welche Aspekte bei der Entwicklung von Förderregelungen für Bioenergie berücksichtigt werden müssen. In Satz 10 der RED III wird zunächst das Kaskadenprinzip bekräftigt, d.h. wo immer möglich soll der stofflichen Nutzung Vorrang vor einer energetischen Nutzung gegeben werden. Weitere, zu berücksichtigende Grundsätze sind die Erhaltung von C-Senken in Ökosystemen und Wäldern, das Prinzip der Kreislaufwirtschaft und die Abfallhierarchie. Bedeutsam für die energetische Nutzung ist die Aussage, wenn keine anderweitige Verwendung von Holzbiomasse wirtschaftlich tragfähig oder ökologisch angemessen ist, trägt die energetische Verwendung dazu bei, die Erzeugung von Energie aus nicht erneuerbaren Quellen zu verringern.“ Weiterhin ist die nationale Förderung so auszurichten, dass wenig Konkurrenz mit stofflicher Verwendung besteht und die Gewinnung der Biomasse für Klima und Biodiversität als positiv angesehen wird. Energetische Verwendung ist weiter möglich, wenn die Energiesicherheit gefährdet und die stoffliche Verwendung regional nicht wirtschaftlich darstellbar ist. Es darf keine direkte Unterstützung für Energie aus Säge- und Furnierrundholz, Industrierundholz, Stümpfen und Wurzeln geben. Damit wird die stoffliche Verwendung von Waldholz klar priorisiert und Biodiversitätszielen Rechnung getragen. Der Einsatz von festen Brennstoffen zur Wärme-, Strom- und Kälteversorgung soll vorrangig in Anlagen mit einer Leistung von unter 7,5 MW erfolgen. Die nationale und rechtlich verbindliche Umsetzung der Richtlinie steht noch aus. Auf deutscher Ebene wird aktuell eine Biomassestrategie erarbeitet. Ziel ist die Etablierung eines „Instrumentenmix mit praktischer Lenkungswirkung [...], der eine nachhaltige, klimaschutzwirksame und ressourceneffiziente Biomasseerzeugung und -nutzung“ sicherstellen soll.“ (BMWK ET AL. 2022). Die Leitprinzipien sind, ähnlich wie in der RED III, Priorisierung der stofflichen Nutzung, Vorrang der Mehrfachnutzung, Vorrang der Nutzung von Abfall- und Reststoffen. Biomasse soll vor allem dann eingesetzt werden, wenn keine technischen Alternativen zur Verfügung stehen. Weiterhin sollen Energie- und Rohstoff-

versorgungssicherheit sowie Ziele des Klima-, Biodiversitäts- und Umweltschutzes berücksichtigt werden.

Aktuell über das Förderprogramm „Nachwachsende Rohstoffe“ geförderte Projekte mit Bezug zu Weichlaubhölzern und Agroforstsystemen untersuchen stoffliche Verwendungsoptionen im Bereich der Holzwerkstoffe, Biomethan und Torfersatz, sowie der Imprägnierung von wenig dauerhaften Hölzern. Im Vergleich zur Anzahl der geförderten Projekte in den Bereichen zirkulärer und modularer Holzbau und neue Holzwerkstoffe, ist die Anzahl vergleichsweise gering (PROJEKTDATENBANK FNR, Abfrage 14.11.2023). Gleichzeitig verdeutlicht die Summe der geförderten Projekte und ihre Themen, die intensiven Bemühungen, stoffliche Verwendungsalternativen für Nadelholz aus dem Wald zu etablieren. Hier kann auch Holz aus AFS mittel- und langfristige Märkte erschließen und Nachfrage nach holziger Biomasse für die stoffliche Verwendung decken.

1.4 Fazit

Biomasse aus Agroforstsystemen wird bisher fast ausschließlich energetisch verwendet. Aus dem zukünftig abnehmenden Waldholzaufkommen und der wahrscheinlich steigenden Nachfrage nach holziger Biomasse lässt sich zunehmend auch ein Potenzial für die stoffliche Verwendung ableiten. Mit einem reduzierten Rundholzaufkommen geht auch ein vermindertes Aufkommen an holzigen Reststoffen aus der Be- und Verarbeitung von Holz einher. Reststoffe und nicht sägefähiges Rundholz sind wichtige Ressourcen in der Herstellung von Pellets und Briketts, in der Holzwerkstoff- sowie in Holz- und Zellstoffindustrie. In diesen Bereichen kann grundsätzlich nach wie vor auch holzige Biomasse aus Agroforstsystemen eingesetzt werden. In neuen stofflichen Verwendungen wie Biokraftstoffen, chemischen Produkten und als Torfersatzsubstrat kann zukünftig ebenfalls mehr holzige Biomasse aus Agroforstsystemen eingesetzt werden, wenn sich die Nachfrage entsprechend entwickelt, Marktreife für entsprechende Produkte erreicht wird und holzige Biomasse aus dem Wald knapper wird. Im Bereich der energetischen Verwendung gibt die Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED III und insbes. Anhang IX) den Rahmen vor. Die Umsetzung in nationales Recht steht noch aus; es ist aber anzunehmen, dass die Nutzung zur Wärme- und Energieerzeugung in kleineren Anlagen und dezentral z.B. in Nahwärmenetzen auch in Zukunft eine relevante Rolle spielen wird. Im Rahmen der RED III wurden die förderfähigen Biomassen zur Herstellung von fortschrittlichen Biokraftstoffen noch nicht final veröffentlicht. Somit kann zum

aktuellen Zeitpunkt noch nicht abschließend beurteilt werden welche Perspektiven sich im Bereich der Biokraftstoffe ergeben.

Quellen

ALTHOLZV (2002). Altholzverordnung vom 15. August 2002 (BGBl. I S. 3302), die zuletzt durch Artikel 120 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist. AltholzV. Online verfügbar unter <https://www.gesetze-im-internet.de/altholzv/AltholzV.pdf>.

BANSE, M., BERKENHAGEN, J., BRÜNING, S., DÖRING, R., GENG, N., IOST, S. (2019). Aufbau eines systematischen Monitorings der Bioökonomie - Dimension 1: Ressourcenbasis und Nachhaltigkeit / Erzeugung der Biomasse. 2. Statuskonferenz Bioökonomiemonitoring. Berlin, 19.09.2019. Online verfügbar unter https://symobio.de/wp-content/uploads/SymobioStatusKonferenz20190919/Aufbau_eines_systematischen_Monitorings_der_Biooekonomie.pdf, zuletzt geprüft am 13.11.2023.

BAUHUS, J., DIETER, M., FARWIG, N., HAFNER, A., KÄTZEL, R., KLEINSCHMIT, B. (2021). Geplante Änderung des Klimaschutz-gesetzes riskiert Reduktion der potenziellen Klimaschutzbeiträge von Wald und Holz. Hg. v. Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik. Bundes-ministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Online verfügbar unter https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/waldpolitik/klimaschutzgesetz.pdf?__blob=publicationFile&v=5, zuletzt geprüft am 20.11.2023.

BMEL (Hg.) (2023). Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2022. Online verfügbar unter https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/waldzustandserhebung2022.pdf?__blob=publicationFile&v=6.

BMWK; BMEL; BMU (Hg.) (2022). Eckpunkte für eine Nationale Biomassestrategie (NABIS). Online verfügbar unter <https://www.bmuv.de/download/eckpunkte-fuer-eine-nationale-biomassestrategie-nabis>, zuletzt geprüft am 20.11.2023.

BÖHM, C. (2022). Wie viel bringen Agroforst und Kurzumtriebsplantagen für Klimaschutz und Biodiversität und wo können sie eingesetzt werden? Strategisches Forum der Deutschen Agrarforschungsallianz. Berlin, 2022. Online verfügbar unter https://www.dafa.de/wp-content/uploads/DAFA_SF22_Boehm.pdf, zuletzt geprüft am 06.11.2023.

BOLTE, A. (2023). Impuls – Zukünftiges Holzaufkommen. Charta für Holz 2.0 im Dialog - Holzbauintiative. BMEL; BMWSB. Berlin, 10.10.2023.

Online verfügbar unter <https://www.charta-fuer-holz.de/charta-aktivitaeten/charta-im-dialog-2023/rueckblick/rueckblick-detail/charta-fuer-holz-20-im-dialog-zur-holzbauinitiative-der-bundesregierung-klimagerechtes-bauen-im-fokus>, zuletzt geprüft am 10.11.2023.

BOLTE, A., HÖHL, M., HENNIG, P., SCHAD, T., KROIHER, F., SEINTSCH, B. (2021). Zukunftsaufgabe Waldanpassung. In: *AFZ-DerWald* (4), S. 12–16. Online verfügbar unter https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn063364.pdf, zuletzt geprüft am 06.11.2023.

BOLTE, A., ROCK, J. (2023). Auswirkungen der aktuellen Waldschäden und Nutzungseinschränkungen auf das Holzaufkommen. Runder Tisch „Zukunft Holzmarkt - Laubholz & Holzbau“ FWR e.V.). DFWR e.V. Berlin, 19.01.2023. Online verfügbar unter <https://www.youtube.com/watch?v=pWH0TykyC7c>, zuletzt geprüft am 20.11.2023.

BÖSCH, M., JOCHEM, D., WEIMAR, H., DIETER, M. (2015). Physical input-output accounting of the wood and paper flow in Germany. In: *Resources, Conservation and Recycling* 94 (0), S. 99–109. DOI: 10.1016/j.resconrec.2014.11.014.

BUFFET, L. (2020). RED II and advanced biofuels. Recommendations about Annex IX of the Renewable Energy Directive and its implementation at national level. Transport and Environment. https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/06/2020_05_REDII_and_advanced_biofuels_briefing.pdf, zuletzt geprüft am 20.11.2023

CLIMATE ACTION (EC) (Hg.) (2021). Verordnung über Landnutzung und Forstwirtschaft für 2021-2023. Online verfügbar unter https://climate.ec.europa.eu/eu-action/forests-and-agriculture/land-use-and-forestry-regulation-2021-2030_de, zuletzt geprüft am 20.11.2023.

EC (Hg.) (2020). EU Biodiversity Strategy for 2030 - Bringing nature back into our lives., COM (2020) 380 final, https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:a3c806a6-9ab3-11ea-9d2d-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF, zuletzt geprüft am 20.11.2023.

COM (2022). EU Biodiversity Strategy Actions Tracker. Online verfügbar unter <https://dopa.jrc.ec.europa.eu/kcbd/actions-tracker/>, zuletzt aktualisiert am 17.11.2022, zuletzt geprüft am 20.11.2023.

DEFAF (Hg.) (2023). Stellungnahme des DeFAF e.V. zum Referentenentwurf der Dritten Verordnung zur Änderung der GAP-

Direktzahlungen-Verordnung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft. Online verfügbar unter https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2023/09/2023-09_05_DeFAF-Stellungnahme-zur-Ueberarbeitung-der-GAPDZV.pdf, zuletzt geprüft am 05.11.2023.

DEPV (Hg.) (2019). Holzpellets für die Wärmewende in Deutschland. Rekordproduktion des nachwachsenden Brennstoffs. Online verfügbar unter <https://depv.de/p/Holzpellets-fur-die-Warmewende-in-Deutschland-jgwAtBeZdxwAERJs8ScViB>, zuletzt aktualisiert am 25.10.2019, zuletzt geprüft am 20.11.2023.

DESTATIS (2023). Holzeinschlagsstatistik (forstliche Erzeugerbetriebe). Code 41261. Hg. v. Destatis. Online verfügbar unter <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?sequenz=statistikTabellen&selectionname=41261#abreadcrumb>.

DEUTSCHE ENERGIE AGENTUR GMBH (dena) (2021). Abschlussbericht. dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Hg. v. Deutsche Energie Agentur GmbH (dena). Online verfügbar unter https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/Abschlussbericht_dena-Leitstudie_Aufbruch_Klimaneutralitaet.pdf, zuletzt geprüft am 20.11.2023

DÖRING, P., MANTAU, U. (2021). Altholz im Entsorgungsmarkt. Aufkommen und Verwertung 2020. Teilbericht Rohstoffmonitoring Holz. Hamburg. Online verfügbar unter http://info.eu/downloads/studien_neu_2022/S06%20Altholz%202020.pdf.

EU (21.10.2023). Richtlinie (EU) 2023/2413 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinie (EU) 2018/2001, der Verordnung (EU) 2018/1999 und der Richtlinie 98/70/EG im Hinblick auf die Förderung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Aufhebung der Richtlinie (EU) 2015/652 des Rates. RED III. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202302413, zuletzt geprüft am 09.11.2023.

GLASENAPP, S., DÖRING, P., BLANKE, C., MANTAU, U. (2017). Entwicklung von Holzverwendungsszenarien. Abschlussbericht WEHAM - AP 3.2. Hg. v. Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft. Online verfügbar unter https://www.weham-szenarien.de/fileadmin/weham/Ergebnisse/Glasenapp_Doering_Blanke_Mantau_2017_Entwicklung_von_Holzverwendungsszenarien_WEHAM_Projekt_.pdf, zuletzt geprüft am 03.02.2022.

HENNENBERG, K., BÖTTCHER, H., REISE, J., HEROLD, A., BOHN, F., GUTSCH, M., REYER, C. (2021). Interpretation des Klimaschutzgesetzes für die Waldbewirtschaftung verlangt adäquate Datenbasis – Reaktion auf die Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats für Waldpolitik beim BMEL (vom 22.06.2021). Hg. v. Öko-Institut e.V. (Working Paper, 3). Online verfügbar unter <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/03-WP-Klimaschutzgesetz-Waldbewirtschaftung.pdf>, zuletzt geprüft am 03.02.2022.

JOCHEM, D., WEIMAR, H., BÖSCH, M., MANTAU, U., DIETER, M. (2015). Estimation of wood removals and fellings in Germany: a calculation approach based on the amount of used roundwood. In: *Eur J Forest Res* 134 (5), S. 869–888. DOI: 10.1007/s10342-015-0896-9.

MANTAU, U., BILITEWSKI, B. (2010). Stoffstrom-Modell-Holz 2007, Rohstoffströme und CO₂-Speicherung in der Holzverwendung. Forschungsbericht für das Kuratorium für Forschung und Technik des Verbandes der Deutschen Papierfabriken e.V. (VDP). Celle.

REGELMANN, C., ROSENKRANZ, L., SEINTSCH, B., DIETER, M. (2023). Economic Evaluation of Different Implementation Variants and Categories of the EU Biodiversity Strategy 2030 Using Forestry in Germany as a Case Study. In: *Forests* 14 (6), S. 1173. DOI: 10.3390/f14061173.

SCHIER, F., IOST, S., SEINTSCH, B., WEIMAR, H., DIETER, M. (2022). Assessment of Possible Production Leakage from Implementing the EU Biodiversity Strategy on Forest Product Markets. In: *Forests* 13 (8), S. 1225. DOI: 10.3390/f13081225.

SENF, C., SEIDL, R. (2021). Persistent impacts of the 2018 drought on forest disturbance regimes in Europe. In: *Biogeosciences* 18 (18), S. 5223–5230. DOI: 10.5194/bg-18-5223-2021.

TI-WF (2023). Holzeinschlag und Rohholzverwendung. Hg. v. Thünen-Institut für Waldwirtschaft. Hamburg. Online verfügbar unter <https://www.thuenen.de/de/fachinstitute/waldwirtschaft/zahlen-fakten/holzeinschlag-und-rohholzverwendung>, zuletzt geprüft am 20.11.2023.

Verband Deutscher Papierfabriken (VDP) (2021). Papier 2021 - Ein Leistungsbericht.

WEIMAR, H. (2011). Der Holzfluss in der Bundesrepublik Deutschland 2009. Methode und Ergebnis der Modellierung des Stoffflusses von Holz. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft. Hamburg (2011/06). Online verfügbar unter

https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dn049777.pdf, zuletzt geprüft am 07.12.2022.

WEIMAR, H. (2023). Entwicklungen auf den Rundholz- und Schnittholzmärkten. Lübecker Bautag 2023 im Bauforum der TH Lübeck, 16.06.2023.

WEIMAR, H., JOCHEM, D. (2013). Holzverwendung im Bauwesen. Eine Marktstudie im Rahmen der „Charta für Holz“. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut (Thünen Report, 9). Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:253-201312-dn052249-1>, zuletzt geprüft am 07.12.2022.

2 Pappelanbau in Agroforst & Kurzumtriebsplantage – aktuelle Entwicklung und Perspektive

Wolfram Kudlich ¹

¹ Wald21 GmbH, Friedrich-Ebert-Straße 13, 97215 Uffenheim

Abstract. Betrachtet man die aktuelle Anbaufläche von Kurzumtriebsplantagen (KUP) in Deutschland, so liegt die Entwicklung weit hinter früheren Erwartungen zurück. Den Gründen dafür wird nachgegangen. Gleichfalls wird ein Blick in die Zukunft geworfen und Agroforst & KUP in den Kontext zu Megathemen wie Erneuerbare Energie, Biodiversität, Bioökonomie, Klimaneutralität gestellt. Dabei wird gezeigt, wie in diesem Umfeld der Pappelanbau zukünftig sogar einen „disruptiven Charakter“ entwickeln könnte. Implizite Maßgabe für die positive Perspektive wäre allerdings eine effiziente Produktion von kaskadenfähigem, hochwertigem Holz in entsprechenden Anbausystemen. Dieser Kernfrage wird im weiteren Verlauf nachgegangen.

Folgend werden die substanziellen Fortschritte bei Züchtung und Sortiment der aktuellen Pappelsorten beschrieben, bevor dann die klassischen, nach Umtriebszeiten unterschiedenen Anbauverfahren vorgestellt werden. Es wird gezeigt, warum der „Kurze Umtrieb“ unattraktiv ist, und die Möglichkeiten und Grenzen des „Mittleren Umtriebs“ als dominierendes Anbauverfahren beschrieben.

Anschließend wird „Die Kombi-KUP“, das von WALD21 entwickelte und EU-weit patentierte Verfahren dargestellt.

Keywords: CDR-Technologie, Anbauverfahren KUP, Umtriebszeit, Mittlerer Umtrieb, Kombi-KUP,

2.1 Was macht Agroforst & KUP attraktiv? Rückblick und Ausblick

Anfang der 2010er Jahre waren die Prognosen für Kurzumtriebsplantagen geradezu euphorisch. Über 500.000 ha sollten binnen weniger Jahre in Deutschland gepflanzt werden und einen wichtigen Beitrag zur Energiewende liefern. Dabei wurde nicht nur kleinteilig gedacht. Auch die Industrie wollte an diesem Boom teilhaben. Bei RWE waren es erstmal nur 10.000 ha, die in kürzester Zeit für die Belieferung von Heizkraftwerken gepflanzt werden sollten. Von Choren, einem gut 100-Millionen Euro schweren Start-Up, wurden schon 100.000 ha genannt. Biokraftstoffe waren dort das Ziel. Und heute, 15 Jahre später? Nur auf ca. 6.000 ha wird KUP angebaut und dies, obwohl im gleichen Zeitraum die Energiepflanzenflächen in Deutschland auf 2,35 Mio. ha angewachsen ist. Woher also die Diskrepanz? Was waren seinerzeit die Gründe für die Euphorie und warum konnte KUP die Erwartungen in keiner Weise erfüllen? Was ist heute anders als damals und worauf muss man achten?

Augenscheinlich ist, dass der Anteil an Erneuerbarem Strom mittlerweile bei über 50 % liegt, während der erneuerbare Anteil an (Prozeß-)Wärmeversorgung bei nur 15 % dahindümpelt. Niedrige Preise für fossile Energieträger (als Alternative) und regelmäßige Schwemmen an Käferholz taten ein Übriges. Einem Überangebot an Energieholz stand somit nur eine sehr überschaubare Nachfrage entgegen. Dies alles wirkte wie Gift auf den Energieholzpreis. Da zudem Ökosystemdienstleistungen der KUP gleichfalls nicht bezahlt wurden und Biodiversitätsaspekte nur eine untergeordnete Rolle spielten, war die KUP bei einseitiger Ausrichtung auf Holzhackschnitzel für Energie unter diesen Bedingungen ökonomisch nicht konkurrenzfähig.

Und die Ausgangssituation heute? Der Waldumbau und ein in der Zielsetzung angestrebter jährlicher Anstieg des Kohlenstoffspeichers im Wald werden bereits mittelfristig die Holzeinschlagsmenge verringern, so die Prognosen. Gleichzeitig führen die zunehmende Bio-Ökonomisierung wie auch die Suche nach bezahlbaren Kohlenstoffspeichertechnologien (CDR) zu einem Anstieg der Holznachfrage und Kaskadennutzung in allen Bereichen. Und nicht zuletzt können Klimafolgewirkungen in der Landwirtschaft durch die Anlage von Agroforstsystemen verringert werden, da diese eine unmittelbare positive Wirkung auf das Mikroklima entfalten. Dabei ist heute schon klar, spätestens mit Umsetzung des GWG und steigenden CO₂-Preisen ist die Energieholznutzung nahezu konkurrenzlos günstig bzw. der Agrarholzanbau schnell sehr rentabel (LEHNERT 2023).

Legt man die damaligen und/oder heutigen Anbauziele für Agroforst & KUP zu Grunde, beträgt das Holzpotential 10-15 Mio. fm pro Jahr. Gleichfalls könnte in etwa gleicher Höhe, also ca. 10-15 Mio. t CO₂-Äquivalente eingespart oder gespeichert werden (LEHNERT 2023). und Megathemen wie:

- bezahlbare, regionale erneuerbare Energie,
- Biodiversität in der Landwirtschaft,
- Bioökonomie & Rohstoffsicherheit,
- Verringerung Klimafolgewirkung in Landwirtschaft,
- CDR-Technologie und Klimaneutralität,

könnten bedient werden. Der Agrarholzanbau bietet damit ein hohes Potential und greifbare Lösungsansätze.

Aufgrund der gegebenen Kaskadenfähigkeit von Holz in der Nutzung ist der Agrarholzanbau reinen Energiepflanzen in den Wirkmechanismen klar überlegen. Sobald Holzpreise aufgrund einer gestiegenen Nachfrage ansteigen, oder Agroforst & KUP aufgrund von Biodiversitätsaspekten oder als CDR-Technologie anerkannt und zusätzlich incentiviert würde, wird Agroforst für die Landwirtschaft ökonomisch schnell interessant. Und mit dem Geld kommt die Fläche. Es wäre also nicht unwahrscheinlich, wenn Agroforst & KUP zukünftig den Charakter einer „disruptiven Technologie“ gewinnt und einen großen Teil der aktuell auf 2,35 Mio. ha in Deutschland angebaute reinen Energiepflanzen ersetzt.

Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass zukünftig Umtriebszeiten & Anbauverfahren auf eine stoffliche Nutzung ausgerichtet werden, um so eine hohe und langfristige Kohlenstoffspeicherung in Wachstum und Nutzung zu ermöglichen und der Anbau auch langfristig Akzeptanz finden. Dies gilt es zu beachten, denn

man pflanzt nur einmal!

2.2 Folgerungen

2.2.1 Sortenwahl

Während vor 10 Jahren KUP-Flächen in Deutschland zwar überwiegend mit Pappeln, aber auch mit Weiden und Robinien begründet wurden, gilt dies heute nicht mehr. Die Gründe für den Rückgang der Weide ist einerseits ihr niedrigerer Zuwachs bei längeren Umtriebszeiten und andererseits die mangelnde Eignung zur Stammholzproduktion. Für die Robinie kam dann

spätestens 2022 mit dem Verbot, diese in Agroforst- & KUP anzupflanzen, das Aus.

Gleichzeitig hat sich in den letzten Jahren das Sortenspektrum von einstmal 6 verfügbaren und von staatlichen Ämtern für den Kurzumtrieb empfohlenen Pappelsorten auf nunmehr ca. 15 Pappelklone erweitert. So liegen neuere Züchtungen der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt wie „Matrix“ oder „FastWOOD“ im Biomassezuwachs häufig 20 Prozent über dem der weit verbreiteten Pappelsorte „Max“. Neu am Markt sind zudem speziell auf Gradschaftigkeit und Wachstum gezüchtete belgische Pappelsorten wie „Bakan“ oder „Skado“, der Züchtungsanstalt INBO. Wengleich heute die Zahl der wissenschaftlichen Studien zur Holzeignung der unterschiedlichen Pappelsorten noch gering ist, so weisen doch die ersten Ergebnisse eine ausreichend hohe Zahl an alten wie neuen Sorten aus, denen gute bis sehr gute Sägeholzeigenschaften zugeschrieben werden können (LEIBING 2020). Man hat also die Wahl.

Für Agroforst & KUP gilt weiterhin im Anbau der Grundsatz, aus ökologischen wie ökonomischen Gründen, immer mehrere Sorten anzupflanzen und damit gleichzeitig pflanzenbauliche Risiken zu minimieren.

2.2.2 Umtriebszeit allgemein und kurzer Umtrieb

Wurden Anbauverfahren für KUP bislang alleinig nach der Umtriebszeit unterschieden, so rückt mit dem „Kombi-KUP-Verfahren“ ein zeitlich gestuftes Ernteverfahren mit zusätzlichem Produktionsziel in den Vordergrund. Denn mit diesem Verfahren lässt sich nicht nur Energieholz, sondern zusätzlich - und effizient - auch Stamm- /Wertholz auf der gleichen Fläche produzieren. Was im Wald seit jeher gilt, ist für KUP & Agroforst ein Novum. Unterschieden wird in:

- kurzer Umtrieb (Ernte alle 3-5 Jahre),
- mittlerer Umtrieb (6-10 Jahre),
- Kombi-KUP (6-8 Jahre),
- langer Umtrieb (> 10 Jahre bis maximal 20 Jahre bei KUP; bei Agroforst unbegrenzt).

Für KUP galt früher, dass insbesondere der „Kurze Umtrieb“ mit kostengünstiger Ernte, entsprechend engen Pflanzverbänden und auf Flächen > 2,5 ha primär empfohlen und angebaut wurde. Dies gilt heute nicht mehr. Und das, obwohl sich die Verfügbarkeit der Erntetechnik wie auch die

Robustheit der Systeme in den letzten 10 Jahren verbessert haben. Denn der technisch bedingte Mangel an zeitlicher Flexibilität (max. Baumdurchmesser / Zeitfenster, Befahrbarkeit) und das damit einhergehende Manko, nur bedingt auf niedrige oder hohe Holzpreise reagieren zu können, hat sich als erheblicher Nachteil herausgestellt. Da auf im kurzen Umtrieb bewirtschafteten Flächen nur Holzhackschnitzel von vergleichbar geringer Qualität erzeugt werden und höherwertige, stoffliche Nutzungen nicht möglich sind, steht der „Kurze Umtrieb“ als Anbauverfahren mittlerweile vor dem Aus und wird kaum noch angefragt.

2.2.3 Mittlerer Umtrieb, Langer Umtrieb - ein Dilemma

Bereits die letzten 10 Jahre wurde mit steigender Tendenz der größte Teil aller KUP & Agroforstflächen in Deutschland im sogenannten „Mittleren Umtrieb“ begründet und bewirtschaftet. Bei Anbauern, überwiegend Landwirte mit eigenen Hackschnitzelheizungen, stand bei der Anlage der KUP-Fläche primär der Wunsch „energieautark“ zu werden im Vordergrund. Die Möglichkeit, bezüglich des Erntezeitpunkts flexibel zu reagieren, die bessere Verfügbarkeit der Erntetechnik und eine bessere Hackschnitzelqualität, spielten bei der Auswahl der Umtriebszeit eine sehr wichtige Rolle.

Die Zuwächse und Ernteergebnisse zeigen zudem, dass der Biomassezuwachs gegenüber den im kurzen Umtrieb bewirtschafteten Flächen in keinem Fall zurückstehen muss.

Augenfällig hingegen ist, dass der optimale Zuwachs auf der spezifischen Fläche stark vom gewählten Pflanzverband und dem tatsächlichen Ernterhythmus abhängen. So können anfänglich gepflanzte 2.000 Bäume / ha zu erheblich niedrigeren Biomassezuwächsen wie 4.000 - 5.000 Bäume / ha führen, soweit man die gleiche Standzeit zugrunde legt. Gleichfalls können auch längere, optimierte Standzeiten niedrigere anfängliche Bestockungsdichten im Mittleren Umtrieb kaum kompensieren, obwohl das Baumwachstum progressiv ist, der Einzelbaum also von Jahr zu Jahr anfänglich stärker zuwächst. Der Mangel an Photosynthesepotential zu Beginn kann also offensichtlich kaum noch aufgeholt werden. Eindrückliches Negativ-beispiel ist hier ein Großprojekt von Ikea in der Slowakei. Mit vergleichsweise sehr wenigen Bäumen (ca. 1.650 Bäumen / ha) und einer angestrebten Umtriebszeit von anfänglich 5 Jahren, wurden die Zuwachs-prognosen zwischen 2020 und 2023 um knapp 50 Prozent nach unten korrigiert und die durchschnittliche Umtriebszeit gleichzeitig auf 8 Jahren erhöht (LEIBING 2020; KOVAC 2023).

Auch wissenschaftliche Studien in Deutschland weisen bei einer relativ geringen Bestockungsdichte nach 5 bis 7 Jahren meist nur unbefriedigende Zuwächse aus. Der Mittlere Umtrieb ist deshalb als Anbauverfahren sehr differenziert zu betrachten, da die Ergebnisse extrem von Bestockungsdichte und der tatsächlich gewählten Umtriebszeit abhängen.

Es gibt aber noch einen weiteren Unterschied, der Anbauverfahren nach Umtriebszeiten alleine kaum vergleichbar macht. Während in Italien für die Stammholzproduktion nur 200 - 300 Bäume pro ha in einem Abstand von 6 m bis 7 m gepflanzt werden, sind es im Mittleren Umtrieb in Deutschland meist zwischen 3.000 und 5.000 Bäume. Berücksichtigt man, dass auf geeigneten Standorten der Dickenzuwachs zwischen 1,5 cm und 2,5 cm pro Jahr liegt, wird also der Brusthöhendurchmesser (BHD) augenscheinlich bereits nach einigen Jahren stark durch die anfängliche Pflanzdichte limitiert. Durchschnittliche BHDs von 20 cm und mehr sind bei üblichen Pflanzdichten trotz optimaler Standzeit im Mittleren Umtrieb also nicht erreichbar. Dies lässt sich auch auf durchgewachsenen KUP-Flächen mit relativ weiten Pflanzabständen beobachten.

Im „Langen Umtrieb“ wiederum könnte man je nach Bestockungsdichte und Zeit bis zur Ernte dickere Bäume bzw. höhere bis hohe BHD produzieren. Allerdings fällt hier bei abnehmender Baumzahl pro Hektar auch der Biomassezuwachs stark ab.

Es gibt also einen engen Zusammenhang zwischen Pflanzdichte, Zuwachs und Ziel-BHD. Das hieraus entstehende Dilemma bei gleichzeitiger Optimierung von Biomassezuwachs & Ziel-BHD verdeutlicht die nachfolgende Grafik.

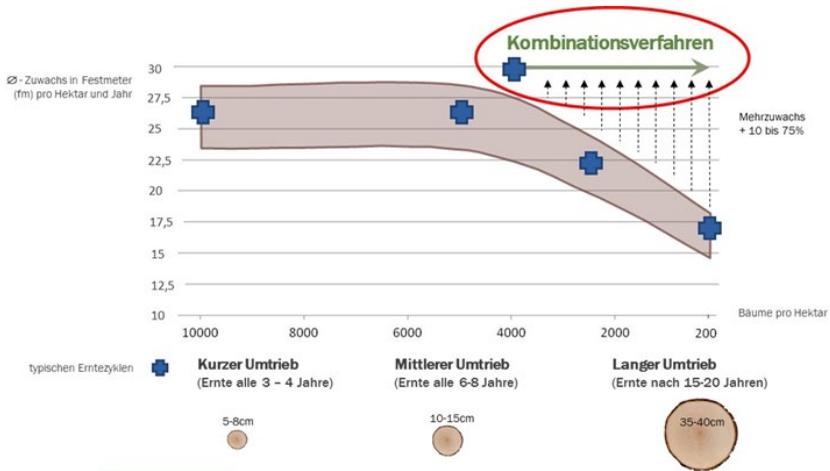


Abb. 1: Vergleich Zuwachs, Ziel-BHD bei optimaler Standzeit, und gegebener Bestockungsdichte

Im Wald wird dieses Dilemma durch gezielte Durchforstungen gelöst. Bei Agroforst & KUP spricht man dann von einer (zeitlich) gestuften Ernte.

2.3 Die Kombi-KUP

2.3.1 Die stufenweise Ernte

Verschiedene Umtriebszeiten können also grundsätzlich auch kombiniert werden, um z.B. Energieholz (geringe Durchmesser, kürzere Ernteintervalle) und höherwertiges Stamm- & Wertholz (längerer Umtrieb, höhere Durchmesser) auf einer Agrarholzfläche zu erzeugen. Die stufenweise Ernte adaptiert dabei das klassische waldbauliche Prinzip der Durchforstung und überträgt die Vorteile entsprechend auf die Agrarholzproduktion.

Ähnlich wie im Waldbau und analog mittlerer Umtrieb werden zu Beginn vergleichsweise hohe Pflanzdichten realisiert. Im Unterschied zu Pflanzungen mit geringen Pflanzdichten im langen Umtrieb wird die Fläche so vom Start weg effizient zur Biomasseproduktion genutzt und Beikraut schnell verschattet. Ferner wird durch die gegenseitige Erziehung der Bäume das Höhenwachstum und die Geradschaftigkeit der Bäume stimuliert.

Nach wenigen Jahren werden dann einzelne Bäume und Baumreihen gezielt beerntet, um eine Überbestockung des Bestands zu vermeiden und Erlöse

durch die Ernte zu realisieren. Die verbliebenen Bäume bzw. Z-Bäume erhalten so entsprechend mehr Wachstumsraum (Krone).

Weiterhin können Z-Bäume je nach Verwertungsziel auch gezielt gepflegt und geastet werden, um entsprechend höherwertige Holzqualitäten zu produzieren. Der Wiederaustrieb bei einer stufenweisen Ernte hängt dabei wesentlich von der Eingriffsintensität und dem geschaffenen Lichtraum ab. Dies ist, soweit keine sukzessive Entnahme der Bäume geplant ist, zu beachten (vs. Mehrfachnutzung). Die für die Stammholzproduktion maximale Standzeit der Pappel Z-Bäume beträgt ca. 30 - 40 Jahre.

Eine Umsetzungsvariante der stufenweisen Ernte ist das von WALD21 entwickelte und EU-weit patentierte „Kombi-KUP-Verfahren“ 8. Die Kombi-KUP nutzt dabei aus Wald und KUP bekannte Prinzipien:

- Stockausschlag – Einmal pflanzen, mehrfach ernten,
- den anfänglich exponentiellen Zuwachs der Pappel,
- die Selbsterziehung der Bäume untereinander.

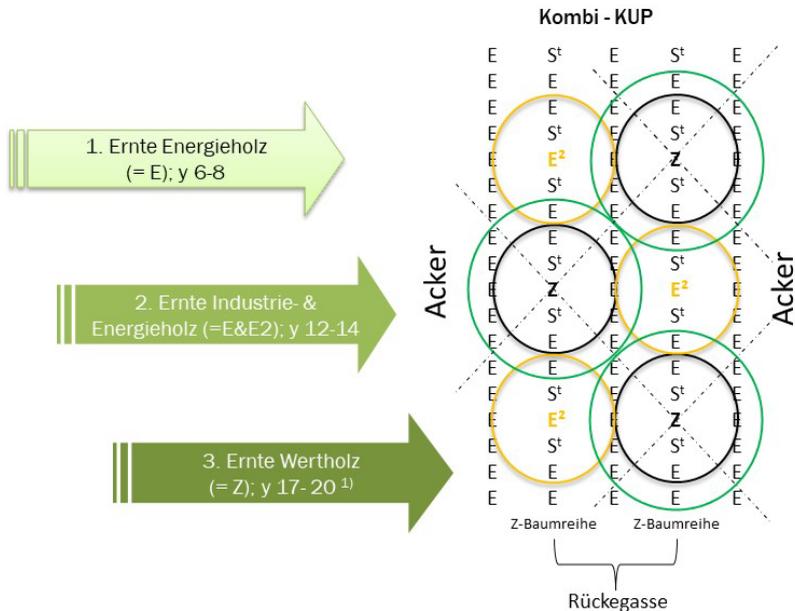


Abb. 2: Ernteintervall, Z-Bäume und Kronenraum Kombi-KUP

2.3.2 Empfohlene Ausführung

Bei der empfohlenen Ausführungsform der „Kombi-KUP“ werden rund 4.000 Pappeln pro ha gepflanzt. Pflanzverband, Ernterhythmus, Eingriffsintensität und Verteilung der zukünftigen Z-Bäume auf der Fläche sind dabei so gewählt, dass eine gleichmäßige Verteilung der späteren Z-Bäume auf der Fläche gewährleistet ist und der Wiederaustrieb nach der ersten Ernte gelingt. Die Durchführung ist dabei ohne große forstwirtschaftliche Kenntnisse und mit geringem technischem Einsatz verbunden. Bei der Kombi-KUP verbleiben zur ersten Ernte zunächst nur ca. 10 Prozent der Bäume als Z-Bäume auf der Fläche. Z-Bäume und Wiederaustrieb bilden in der Folge zwei Wuchs- und Produktionsebenen und man nutzt so das Flächenpotential besser aus.

Tab. 1: Empfohlene Ausführung Kombi-KUP.

Anzahl Bäume	4.000 / Hektar
Baumart/Pappel	Zur Stammholzproduktion geeignete standortgerechte Sorten
Pflanzverband	2,5m Reihenabstand bzw. 1m in der Reihe; Pflanzgut: i. A. Stecklinge oder ggf. Pflanzruten, je nach Flächengröße und Standort
Z-Baumreihe	jede zweite Pflanzreihe; zur 1st. Ernte verbleibt ca. jeder 5te Baum in der Z-Baumreihe auf Fläche
Zielbestand / Hektar	2. Ernte ca. 400 Z-Bäume; 3. Ernte (Z-Baumernte) ca. 200 Z-Bäume
Ernterhythmus (analog mittlerer Umtrieb)	1. Ernte: 6 bis 8 Jahre; 2. Ernte 12 bis 14 Jahre; 3. Ernte 18 bis 20 Jahre
Fördermaßnahmen Z-Bäume	Stellvertreterabgleich (Bestandshöhe: 2-4m); ggf. Astung der Z-Bäume

2.3.3 Mittlerer Umtrieb vs. Kombi-KUP

Die Gegenüberstellung von Mittlerem Umtrieb und Kombi-KUP zeigt, dass durch die zusätzliche Produktion von Stamm-/Wertholz die ökonomische Vorzüglichkeit für Agroforst & KUP und Wertschöpfung beim Landwirt signifikant erhöht wird.

Tab. 2: Vergleich Mittlerer Umtrieb und Kombi-KUP

	Energieholzstreifen	Kombi-KUP	Anmerkung
Wirtschaftlichkeit / Gewinn	+	+++	Signifikant höherer Deckungsbeitrag, höhere Verkaufserlöse bei geringeren Kosten
Pflege	++	+	Stellvertreterabgleich & ggf. Asten
Ernte / Aufarbeitung	+ / -	++ / +++	Stückmassesgesetz; Hacken & Logistik entfällt bei Industrie- & Wertholz (VK frei Feldrand)
Zuwachs	++	+++	10-15 % höhere Zuwächse - 25-30 fm p.a.
Umsatz	+	+++	Wert- / Industrie- & Energieholz
Volkswirtschaft / stoffliche Nutzung	+	+++	Industrie- & Wertholz hat in Bioökonomie signifikant höhere Wertschöpfung (4-9 maj) ¹⁾
Klimaschutz (allg)	++	+++	Holzenergie & Co2-Senke
Co2-Speicher	nein	ja	CDR-Technologie; 20-25 t CO2 p.a. Kompensationsfähig (Anbau & Produkt) ²⁾
Erosionsschutz	+	++	stufenweise Ernte – verbesserter Erosionsschutz
Umwelt (sonst)	++	++	

Gleiches gilt mit Blick auf die Volkswirtschaft, zusätzliche Nutzungsoptionen in der Bioökonomie oder auch den Einsatz als Kohlenstoffspeicher (CDR).



Abb. 3: Ernte – Umwandlung KUP-Fläche“ Kurzer Umtrieb“ in Kombi-KUP

2.4 Zusammenfassung

Die Bewirtschaftung von KUP-Flächen war in der Vergangenheit primär auf die Produktion von Energieholz ausgerichtet und ökonomisch nicht konkurrenzfähig zur konventionellen Landwirtschaft. Grund hierfür, neben Flächenknappheit, sind u.a. Kalamitäten im Wald, eine verschlafene Wärmewende sowie ein Überangebot an Energieholz bei gleichzeitig schlechten Preisen.

Zukünftig könnte Agroforst & KUP einen wesentlichen Beitrag zu diversen Megathemen wie bezahlbare, regionale erneuerbare Energie, Biodiversität in der Landwirtschaft, Bioökonomie & Rohstoffsicherheit, Verringerung der Klimafolgewirkung in der Landwirtschaft oder CDR-Technologie & Klimaneutralität leisten.

Voraussetzung hierfür ist, dass zukünftig Umtriebszeiten & Anbauverfahren auf eine stoffliche Nutzung ausgerichtet sind, um so eine hohe Wertschöpfung und langfristige Kohlenstoffspeicherung in Wachstum und Nutzung zu ermöglichen.

Im Bereich der Pappelzuchtungen gab es in den letzten 15 Jahren erhebliche Fortschritte. Bei den klassischen, nach Umtriebszeit (Kahlschlag) unterschiedenen Anbauverfahren zeigt die Entwicklung ein klares Bild, weg vom „Kurzen Umtrieb“ und der Bewirtschaftung als reine Energieholzplantage, hin zu längeren Umtriebszeiten. Eindeutig dominant ist heute der Anbau im Mittleren Umtrieb, wobei dieser mit Blick auf Zuwächse, Pflanzverbände und Umtriebszeiten differenziert zu betrachten ist.

Bei Analyse des engen Zusammenhangs zwischen Pflanzdichte, Zuwachs, Ziel-BHD und Umtriebszeit zeigt sich jedoch eine Schwäche der klassischen Anbauverfahren (Kahlschlag). Eine gleichzeitige Optimierung von Biomassezuwachs & Ziel-BHD ist hier kaum möglich und begrenzt das zukünftige Wertschöpfungspotential von Agroforst & KUP (nicht zukunfts-fest). Alternativen könnten Anbauverfahren mit zeitlich gestufter Ernte darstellen (entspricht dem waldbaulichen Prinzip der Durchforstung).

Das von WALD21 entwickelte Kombi-KUP-Verfahren mit zeitlich gestufter Ernte zur Produktion von Energieholz und kaskadenfähigem Stamm-/Wertholz adressiert oben genannte Themen. Das Verfahren orientiert sich dabei primär an aus Forst und KUP bekannten Anbauprinzipien, insbesondere der Durchforstung, der Erziehungswirkung der Bäume untereinander, sowie dem Wiederaustrieb. Durch Optimierung von Zuwachs und Ertrag (Holzqualität) ermöglicht das Kombi-KUP-Verfahren bei steigender Nachfrage nach Holz eine sprunghafte Verbesserung der Rentabilität und volkswirtschaftlichen Nutzen von Agroforst & KUP. Vor allem, da der überwiegende Teil der heute auf ca. 2.35 Mio. ha angebauten Energiepflanzen weder Kaskaden- noch CDR-fähig ist und ökonomisch vielfach von Subventionen (EEG) oder Beimischungsquoten (Kraftstoff) abhängt. Agroforst & KUP könnte in diesem Umfeld einen vergleichsweise disruptiven Charakter gegenüber dem reinen Energiepflanzenanbau entfalten.

Quellen

BMWK, BMEL, BMU (2022). Eckpunkte für eine Nationale Biomassestrategie (NABIS), S.3 „Strategische Ziele“

HÜBNER, R. (2022). Kohlenstoffzertifizierung in der Agroforstwirtschaft ?!, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, ISSN 2196-5099; S.8

<https://propopulus.eu/en/tech-papers/> (2023). Studienübersicht zur hochwertigen Nutzung von Pappelholz

LEHNERT, F. (2023). Einfluss des CO₂-Preises für fossile Energieträger (im EUETS und nEHS) auf die Biomassenachfrage, Texte UBA 95/2023, ISSN 1862-4804, Fallbeispiele 1, 3, 6 sowie S. 43

LEIBING, CH. (2020). Management Plan SRP Slovakia, Dokumentversion V.005 12.06.2020, IKEA Industry Slovakia s.r.o., S. 13, 14

KOVAC, B. (2023). Management Plan SRP Slovakia, Dokumentversion Dokumentversion V.008 10.07.2023, Industry Slovakia s.r.o., S. 10, 13

WALD21 GMBH, UFFENHEIM, (2021). EP 3 257 365

3 **Agroforstsysteme mit schnellwachsenden Baumarten – Rahmenbedingungen, Anbauverfahren und Klimaschutzpotential**

Michael Weitz¹, Tobias Peschel¹, Julia Weitz¹

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

Abstract. Diese Ausarbeitung bietet einen umfassenden Überblick über Rahmenbedingungen, Anbauverfahren und Klimaschutzpotential von Agroforstsysteme mit schnellwachsenden Baumarten in Deutschland. Das Klimaschutzpotential von Agroforstsystemen entsteht u.a. durch CO₂-Speicherung, Humusaufbau, nachhaltiger Rohstoffherzeugung, sowie durch gesteigerte Resilienz gegenüber Extremwetterereignissen. Das konkrete Potential zur CO₂-Bindung durch Agroforstsysteme in Deutschland wird dabei auf etwa 40 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr berechnet. Praxisnahe Anbauverfahren von Agroforstsystemen mit Pappeln, insbesondere Stecklingen und Feldhäckslernernte, sowie Pappelruten mit längerer Ernterotation, werden beschrieben. Die Wirtschaftlichkeit von Agroforstsystemen wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst, darunter Absatzmärkte in der energetischen Nutzung und Holzwerkstoffindustrie. Langfristige Kooperationen werden als vielversprechendes Modell diskutiert. Politische Rahmenbedingungen und Fördermaßnahmen in Deutschland werden kritisch betrachtet, und die Umsetzung der angestrebten 200.000 ha Agroforst-Gehölzfläche bis 2027 ist unter den aktuellen Rahmenbedingungen nicht realistisch. Die Studie schließt mit Herausforderungen, Perspektiven und Empfehlungen für effektivere Rahmenbedingungen, um die Potenziale von Agroforstsystemen in Deutschland voll auszuschöpfen.

Keywords: Agroforst, Kurzumtriebsplantagen, Holzanbau, Agrarholz, Pappel, schnellwachsende Baumarten, Carbonfarming, CO₂-Bindung, Klimaziele Deutschland

3.1 Wirkungen von Agroforst Systemen mit schnellwachsenden Baumarten

Agroforstsysteme sind ökologische und ökonomische Multitalente und bieten Lösungen für einige der aktuell drängendsten Herausforderungen. Durch die Integration von schnellwachsenden Gehölzen auf landwirtschaftlichen Flächen binden sie nicht nur dauerhaft CO₂, sondern fördern auch die Biodiversität sowie den Erosions- und Gewässerschutz. Gleichzeitig erhöhen Agroforstsysteme die Produktivität landwirtschaftlicher Systeme durch die Verbesserung des Mikroklimas und die Nutzung der 3. Dimension zur Erzeugung zusätzlicher Holzrohstoffe.

3.1.1 Anpassung an den Klimawandel durch Verbesserung des lokalen Mikroklimas

Agroforstsysteme tragen zur Anpassung an den Klimawandel bei, indem sie das lokale Mikroklima verbessern. Die Reduzierung der Windgeschwindigkeit und die Förderung von Taubildung führen zu günstigen Bedingungen für landwirtschaftliche Kulturen, insbesondere in trockenheitsgeplagten Regionen wie Brandenburg, Thüringen und Sachsen-Anhalt.

3.1.2 Nachhaltige Rohstoffherzeugung für die Bioökonomie

Die Integration von Gehölzen in landwirtschaftliche Flächen ermöglicht eine nachhaltige Rohstoffherzeugung für die Bioökonomie. Der Anbau von schnellwachsenden Baumarten, wie beispielsweise Pappeln, bietet vielfältige Nutzungsmöglichkeiten: von energetischer Verwertung bis zur Holzwerkstoffproduktion und Bioraffinerieverfahren.

3.1.3 Verbesserungen des Tierwohls

Agroforstsysteme bieten auch Verbesserungen des Tierwohls. Gehölzstreifen auf Weideflächen können Schatten für Weidetiere spenden, was besonders in heißen Sommern von Vorteil ist. Dies trägt zur Steigerung des Tierkomforts und zur Förderung einer artgerechten Tierhaltung bei.

3.1.4 Höhere Gesamtproduktivität des Ökosystems

Die Kombination von landwirtschaftlichen Kulturen und Bäumen in Agroforstsystemen führt zu einer höheren Gesamtproduktivität des Ökosystems. Die positive Wechselwirkung zwischen verschiedenen landwirtschaftlichen Kulturen und Bäumen trägt dazu bei, dass die Fläche effizienter genutzt wird und in Summe höhere Erträge generiert werden können.

Praxisversuche in Frankreich unterstreichen die Vorteilhaftigkeit von Agroforstsystemen. Produktivitätsraten von etwa 140 % im Vergleich zum getrennten Anbau von Bäumen und Ackerkulturen wurden gemessen. Insbesondere für trockenheitsgeplagte Betriebe in den östlichen Bundesländern bieten Agroforstsysteme eine Anpassungsmöglichkeit an die Folgen des Klimawandels.

3.1.5 Erhöhung der Biodiversität

Die Integration von Bäumen in landwirtschaftliche Flächen fördert die Biodiversität. Agroforstsysteme schaffen vielfältige Lebensräume für verschiedene Pflanzen- und Tierarten, was zu einer Erhöhung der biologischen Vielfalt führt.

3.1.6 Erosionsschutz und Gewässerschutz

Agroforstsysteme bieten Erosionsschutz und tragen zum Gewässerschutz bei. Die Gehölzstreifen verhindern Bodenerosion, indem sie als Windschutz dienen und den Boden vor Wassererosion schützen. Dadurch wird auch die Wasserqualität in benachbarten Gewässern verbessert.

3.1.7 Bodenregeneration

Die nachhaltige Bewirtschaftung von Agroforstsystemen unterstützt die Bodenregeneration. Durch Humusaufbau und die Förderung des Bodenlebens, bedingt durch Wurzelexsudate und Laubabfall, wird der Boden auf natürliche Weise verbessert, was langfristig zu fruchtbareren Böden führt.

3.1.8 Klimaschutz durch schnelle CO₂-Bindung

Agroforstsysteme sind effektive Klimaschutzinstrumente. Durch das Wachstum von schnellwachsenden Gehölzen wird CO₂ aus der Atmosphäre gebunden. Dieses Potenzial trägt erheblich zur Reduktion des Treibhausgasgehalts in der Atmosphäre bei. Durch den Holzzuwachs von Pappeln können, abhängig von Pflege, Sorten, Standort und Witterungsbedingungen, jährlich durchschnittlich 13 bis 27 t CO₂ pro Hektar Gehölzfläche gebunden werden.

3.2 Klimaschutzpotential von Agroforstsystemen

Im Vergleich zu technischen Lösungen wie der direkten CO₂-Abscheidung aus der Luft (Direct Air Capture) und anderen naturbasierten Ansätzen wie Aufforstung und Humusaufbau zeichnen sich Agroforstsysteme durch mehrere Vorteile aus. Im Gegensatz zu reinen Aufforstungsprojekten können Agroforstsysteme zusätzliche ökonomische Vorteile durch landwirtschaftliche Erträge generieren, was die Akzeptanz und Umsetzbarkeit steigern. Der

entscheidende Vorteil gegenüber technischen Ansätzen liegt in der Kosteneffizienz und sofortigen Verfügbarkeit der CO₂-Speicherung. Bäume bieten eine langfristige Bindung von Kohlenstoff auch im Rahmen einer sinnvollen Holznutzung, während technische Lösungen meist noch nicht verfügbar und aus ökonomischer Perspektive nicht marktfähig sind.

3.2.1 Schnellwüchsigkeit als Schlüssel zur CO₂-Bindung

Die Schnellwüchsigkeit ausgewählter Baumarten in Agroforstsystemen spielt eine entscheidende Rolle im Kontext der CO₂-Bindung. Während technische Lösungen oft mit hohen Kosten und Energieverbrauch verbunden sind, ermöglichen Agroforstsysteme eine natürliche, günstige und ressourcenschonende CO₂-Abscheidung. Die Anpassungsfähigkeit von Baumarten an verschiedene Standortbedingungen erhöht die Flexibilität und Skalierbarkeit dieses Ansatzes.

3.2.2 Bilanzierung, Zusätzlichkeit und Permanenz

Agroforstsysteme bieten eine gesicherte Bilanzierung der CO₂-Reduktion. Die relativ einfache Messbarkeit der gebundenen CO₂-Mengen im Holz und im Boden ermöglicht eine genaue Erfassung der Klimaschutzwirkung.

Im Bausektor bietet Holz aus Agroforstsystemen besonders große Zukunftschancen. Nicht nur als sofort verfügbare zusätzliche CO₂-Senke, sondern auch durch den Verdrängungseffekt, der zusätzliche Emissionen aus traditionellen Baustoffen wie Beton und Stahl minimiert. Diese nachhaltige Holznutzung trägt nicht nur zur ökologischen Verantwortung im Bauwesen bei, sondern fördert auch die Entwicklung von klimafreundlichen und ressourcenschonenden Baumaterialien.

3.2.3 Agroforstsysteme als effektives CO₂-Reduktionsinstrument

Agroforstsysteme weisen ein beeindruckendes Klimaschutzpotential auf. Mit Bäumen auf nur 10 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche könnten sie, gemäß eines auf realitätsnahen Annahmen basierenden Szenarios, jährlich etwa 40 Mio. Tonnen CO₂ in Deutschland binden. Dies ist in etwa vergleichbar mit den CO₂-Emissionen des gesamten Landes Schweden. In Deutschland machen Äcker und Weideflächen fast 50 % der gesamten Fläche aus, was etwa 17 Mio. ha entspricht, sodass eine Gehölzfläche von 10 % 1,7 Mio. ha entspricht.

Die Annahmen für das CO₂-Bindungspotenzial durch Agroforstsysteme basieren auf folgenden Faktoren:

- Ein jährlicher Holzzuwachs von 12 t Trockenmasse pro ha.
- Eine CO₂-Bindung von 1,84 t pro Tonne Trockenmasse Holz.
- Eine Gesamtfläche von 1,7 Mio. ha, was zu einer CO₂-Bindung von 37,5 Mio. t pro Jahr führt.

Zusätzlich wird durch den Humusaufbau auf diesen 1,7 Mio. ha eine weitere durchschnittliche CO₂-Bindung von 1,5 Tonnen pro Hektar und Jahr angenommen, was zu einer zusätzlichen Bindung von 2,55 Mio. t CO₂ jährlich führt.

Diese Zahlen verdeutlichen das erhebliche Potenzial von Agroforstsystemen nicht nur als effektive CO₂-Senke, sondern auch als Motor für eine nachhaltigere und produktivere Landwirtschaft. Es wird deutlich, dass durch gezielte Integration von Bäumen auf vergleichsweise geringem Flächenanteil erhebliche Fortschritte im Klimaschutz und in der Landnutzung erreicht werden können.

3.2.4 Herausforderungen und Forschungsbedarf

Trotz der vielversprechenden Perspektiven von Agroforstsystemen im Klimaschutz sind auch Herausforderungen zu bewältigen. Forschungsbedarf besteht insbesondere in der Optimierung von Anbauverfahren für maximale CO₂-Effizienz. Die Entwicklung von Monitoring-Tools und Bilanzierungsmethoden ist entscheidend, um die Klimaschutzwirkung zuverlässig zu quantifizieren.

3.3 Politische Rahmenbedingungen und Fördermaßnahmen

Die Agroforstwirtschaft in Deutschland befindet sich in einem entscheidenden Entwicklungsstadium. Die deutsche Politik hat Agroforst als multifunktionales Instrument erkannt. Der Bundestagsbeschluss im Januar 2021 zur Förderung von Agroforst, wurde mit großer Einigkeit getroffen. Grüne, Linke und AFD stimmten für den Antrag der Regierungskoalition mit dem Ziel die Agroforstwirtschaft zu fördern um „die Produktivität, Klimaresilienz und Biodiversität“ zu steigern. Auch die klare Definition von Agroforstsystemen ist ein Schritt in die richtige Richtung.

Trotzdem bleibt die Umsetzung hinter den Zielen zurück. Die klare Definition von Agroforstsystemen und die Schaffung von Fördermöglichkeiten sind

positive Schritte, jedoch werden die angestrebten 200.000 ha Agroforst-Gehölzfläche bis 2027 voraussichtlich bei weitem verfehlt.

3.3.1 Aktuelle Rahmenbedingungen im Agrar-Förderrecht

Gemäß den Regelungen in der GAPDZV können in Deutschland Agroforstsysteme auf Ackerland, Dauerkulturen und Grünland angelegt werden. Die Anmeldung erfordert maximal 40 % Gehölzfläche, mindestens zwei Gehölzstreifen und die Einhaltung einer Baumarten-Negativliste (Tab. 1).

Tab. 1: Anlage 1 (zu GAPDZV § 4 Absatz 2) Arten von Gehölzpflanzen, deren Anbau bei Agroforstsystemen ausgeschlossen ist

Botanische Bezeichnung	Deutsche Bezeichnung
<i>Acer negundo</i>	Eschen-Ahorn
<i>Buddleja davidii</i>	Schmetterlingsstrauch
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Rot-Esche
<i>Prunus serotina</i>	Späte Traubenkirsche
<i>Rhus typhina</i>	Essigbaum
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Robinie
<i>Rosa rugosa</i>	Kartoffel-Rose
<i>Symphoricarpos albus</i>	Gewöhnliche Schneebeere
<i>Quercus rubra</i>	Roteiche
<i>Paulownia tomentosa</i>	Blauglockenbaum

In der praktischen Umsetzung stellt das Erfordernis eines von einer Behörde geprüften Nutzungskonzepts eine unnötige bürokratische Hürde dar. Die Förderung sieht ab 2024 einen Zuschuss von 200 € pro Hektar Gehölzfläche vor, jedoch sind einige Kriterien, wie der geforderte Mindestabstand der Gehölzstreifen von 20m zum Flächenrand, praxisfern und schließen, rein rechnerisch, Flächen mit einer Breite von weniger als 66 m von der Förderung aus.

Die angekündigte Investitionsförderung für Agroforst-Gehölzpflanzungen lässt in Brandenburg und den meisten anderen Bundesländern auf sich warten. Lediglich Bayern, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen haben Förderungen eingeführt, die jedoch mit erheblichem bürokratischem Aufwand verbunden sind.

3.3.2 Prognose der politischen Rahmenbedingungen für Agroforst in Deutschland

Unter den aktuellen Rahmenbedingungen erscheint das Ziel der Bundesregierung bis 2027 in der laufenden Agrar-Förderperiode 200.000

Hektar Agroforst-Gehölzfläche zu etablieren, utopisch. Im Jahr 2023 wurden lediglich 51 Hektar gemeldet, statt der geplanten 25.000 Hektar. Die bestehenden Regelungen und die unklare Ausrichtung der Fördermaßnahmen erschweren die Umsetzung und könnten das Potenzial der Agroforstwirtschaft in Deutschland behindern.

3.4 Anbau von Agroforstsystemen mit Pappeln

3.4.1 Auswahl und Etablierung von Pappelzuchtungen

Die Anlage von Agroforstsystemen zur Holzrohstoffherzeugung in Deutschland konzentriert sich bisher auf ausgewählte Pappelzuchtungen. Pappeln zeichnen sich als Pionierbaumart durch schnelles Wachstum, Genügsamkeit und einfache Etablierung aus. In den Jahren 2018 bis 2022, trotz trockener Bedingungen, haben sich Pappeln auf Grenzertragsstandorten ohne Bewässerung gut entwickelt. Verschiedene Zuchtungen des INBO-Instituts aus Belgien haben ältere Sorten in Deutschland weitgehend ersetzt, da sie bessere Ergebnisse erzielen.

3.4.2 Anbauverfahren für Agroforstsysteme mit Pappeln

3.4.2.1 Verfahren mit Stecklingen und Feldhäckslernernte

Bei diesem Verfahren werden Pappelstecklinge in hoher Pflanzdichte mit etwa 8.000 bis 10.000 Bäumen pro Hektar gepflanzt. Die Ernte erfolgt alle 3 bis 4 Jahre mithilfe eines Feldhäckslers. Die dichte Pflanzung ermöglicht frühe Holzträge und eine kostengünstige Erntekette. Die Qualität des Holzes ist ausreichend für die energetische Nutzung. Zu beachten sind größere Projektflächen, um die Ernte wirtschaftlich zu gestalten und die Befahrbarkeit der Flächen bei der Ernte in den Wintermonaten.

3.4.2.2 Pflanzung von Pappelruten mit längerer Ernterotation

Bei diesem Verfahren werden Pappelruten auf 60 cm Tiefe mit einer Pflanzdichte von 2.000 bis 3.000 Bäumen pro Hektar gepflanzt. Die Ernterotation beträgt durchschnittlich etwa 8 Jahre, und das Holz wird als schwaches Stammholz genutzt. Dieses Verfahren ist besonders geeignet, wenn das Hauptaugenmerk auf dem positiven Mikroklima liegt und die Gehölzfläche eher klein ist. Auch schmale Gehölzstreifen können aufgrund des längeren Baumwachstums einen erheblichen Effekt haben und die Qualität der geernteten Holz mengen ist besser als bei den kürzeren Ernterotationen. In Süd-Osteuropa wird dieses Verfahren insbesondere für die Produktion von Möbel- und OSB-Platten genutzt.

3.4.3 Pflanzzeitpunkt und Pflege

Die Pappeln werden zu Beginn der Vegetationsperiode zwischen Ende März und Mitte Mai gepflanzt. Eine erfolgreiche Etablierung mit Pappelstecklingen erfordert, dass der Boden mindestens 30 cm tief gleichmäßig gelockert wird und mögliche Pflugsohlen vorher aufgebrochen werden. Bei der Nutzung von Pflanzruten und 60 cm tiefer Pflanzung ist aufgrund des lockernenden Pflanzverfahrens nur eine oberflächliche Bodenbearbeitung erforderlich.

Eine professionelle Pflege in den ersten beiden Wuchsjahren ist entscheidend für ein gutes Wachstum. Besondere Aufmerksamkeit ist bis Ende Juli des Pflanzjahres erforderlich, um den Bäumen eine möglichst vollkommen konkurrenzfreie Entwicklung zu ermöglichen. Ab dem dritten Jahr ist normalerweise keine Pflege mehr notwendig. Bei gutem Management können jährlich etwa zwei Meter Längenzuwachs und ein durchschnittlicher jährlicher Holzsertrag zwischen sieben und 15 Tonnen Trockenmasse erreicht werden. Dies hängt von Standort, Niederschlagsmenge und Pappelsorte ab. In der Regel wird mit fünf bis sechs Ernten über einen Zeitraum von 20 Jahren gerechnet.

3.4.4 Vielfalt in Agroforstsystemen

Die Pflanzung verschiedener Pappelsorten in einem Agroforstsystem erhöht die Ertragssicherheit und verleiht dem Landschaftsbild eine gewisse Vielfalt. Die Auswahl von Pappelsorten sollte an die spezifischen Standortbedingungen und klimatischen Gegebenheiten angepasst werden. Es ist zu beachten, dass eine breitere genetische Diversität auch die Anpassungsfähigkeit der Bäume an sich ändernde Umweltbedingungen verbessert.

3.5 Wirtschaftlichkeit und Absatzmärkte

Die Wirtschaftlichkeit von Agroforstsystemen, insbesondere mit Pappelholz, wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Der Hauptabsatzmarkt für das erzeugte Holz liegt derzeit in der energetischen Nutzung und der Holzwerkstoffindustrie. Holzhackschnitzel aus Agroforstsystemen dienen als erneuerbarer Brennstoff und sind insbesondere als Energieträger für die Wärmeerzeugung in Heizwerken gefragt. Die Holzwerkstoffindustrie zeigt ebenfalls zunehmendes Interesse, da Agroforst-Holz als zusätzliche nachhaltige Ressource betrachtet wird.

3.5.1 Langfristige Kooperationen und Planungssicherheit

Ein vielversprechendes Modell zur Sicherung der Rohstoffversorgung ist die langfristige Kooperation, wie sie beispielsweise von einer Berliner Fernwärmegesellschaft praktiziert wird. Durch eine spezialisierte Tochtergesellschaft werden Landwirte in Anbaukooperationen eingebunden. Hierbei erhalten sie nicht nur Vorauszahlungen für die Überlassung der Ernterechte, sondern es werden auch die Anpflanzungskosten übernommen. Dies ermöglicht den Landwirten, Agroforstsysteme mit geringen wirtschaftlichen Risiken zu erproben und vom Fachwissen erfahrener Experten zu profitieren.

3.5.2 Zukünftige Absatzmärkte und stoffliche Nutzung

In der Zukunft könnten sich weitere Absatzmärkte im Bereich der stofflichen Nutzung von Agroforst-Holz eröffnen. Insbesondere als Baustoff könnte es eine entscheidende Rolle spielen. Agroforst-Holz kann als sofort verfügbare CO₂-Senke dienen und durch den Verdrängungseffekt zusätzliche Emissionen aus traditionellen Baustoffen wie Beton und Stahl vermeiden. Angesichts steigenden Umweltbewusstseins und Nachhaltigkeitsbestrebungen in der Bauindustrie wird die Bedeutung von Agroforst-Holz als Baustoff voraussichtlich zunehmen.

3.5.3 Begrenzte Verfügbarkeit von Holz und steigende Nachfrage

Die begrenzte Verfügbarkeit von Holz aus konventionellen Waldressourcen und die steigende Nachfrage nach Holz als nachhaltigen Rohstoff, machen Agroforst-Holz attraktiv. Der traditionelle Wald kann den Bedarf nicht decken, und Agroforstsysteme können eine zusätzliche, nachhaltige Holzquelle bereitstellen. Dies ist besonders relevant, da Holz als nachwachsender Rohstoff als umweltfreundlich gilt und in Zeiten des Klimawandels verstärkt als Alternative zu nicht erneuerbaren Materialien betrachtet wird.

3.5.4 Preisschwankungen und Planungssicherheit

Die Preise für Energieholz sind zwar auf einem moderaten Niveau, unterliegen jedoch wie alle Rohstoffe auf dem freien Markt erheblichen Schwankungen. Langfristige Kooperationen bieten den Landwirten Planungssicherheit und helfen, den Preisvolatilitäten des Holzmarktes zu begegnen. Eine nachhaltige Bewirtschaftung von Agroforstsystemen in Verbindung mit langfristigen Verträgen kann somit für beide Seiten vorteilhaft sein. Insgesamt zeigt sich, dass Agroforst-Holz nicht nur als Brennstoff, sondern auch als nachhaltiger Baustoff eine bedeutende Rolle spielen kann. Die Integration von Agroforstsystemen in die Holzversorgung bietet nicht nur ökologische Vorteile, sondern eröffnet auch wirtschaftliche Chancen für Land-

wirte. Es bedarf jedoch erheblicher weiterer Unterstützung durch Politik und Zivilgesellschaft, um die Potenziale vollständig zu erschließen. Besonders interessant können Agroforstsysteme zukünftig für die Bereitstellung von CO₂-Kompensationsleistungen sein, da sie eine relativ genau quantifizierbare Klimaschutzwirkung ermöglichen.

3.6 Zusammenfassung

Die Agroforstwirtschaft in Deutschland befindet sich in einem entscheidenden Entwicklungsstadium. Obwohl der Deutsche Bundestag 2021 die Förderung der Agroforstwirtschaft beschlossen hat, bleibt die Umsetzung hinter den Zielen zurück. Der formelle rechtliche Rahmen ist zwar vorhanden, jedoch behindert die Bürokratie die effiziente Umsetzung. Das von der Bundesregierung angestrebte Ziel von 200.000 Hektar Agroforst-Gehölzfläche bis 2027 ist utopisch, wenn nicht kurzfristig wesentlich attraktivere Bedingungen für landwirtschaftliche Betriebe geschaffen werden. Bis 2023 wurden nur 51 Hektar Agroforst Gehölzfläche gemeldet.

Landwirte, die Agroforstsysteme auf Ackerland ohne ein vorab genehmigtes Nutzungskonzept anlegen möchten, können vorerst die einzelnen Gehölzstreifen als eigenen Schlag im Agrarantrag anmelden und als „Niederwald mit Kurzumtrieb“ codieren (Nutzungscode 841). Neue Chancen ergeben sich hinsichtlich der Grünlandnutzung als Agroforstsystem, wobei der Dauergrünlandstatus erhalten bleibt.

Die Pionierbaumart Pappel dominiert den Anbau von Agroforstsystemen in Deutschland. Die beiden empfohlenen Anbauverfahren bieten Optionen für unterschiedliche Zielsetzungen, sei es früher Holztertrag oder besonders positive Effekte auf das Mikroklima und eine höhere Holzqualität. Die Kombination aus Gehölzen und landwirtschaftlichen Nutzpflanzen schafft vielfältige ökologische Nischen, was die Resilienz des gesamten Systems gegenüber Krankheiten, Schädlingen und extremen Wetterbedingungen stärkt.

Die Wirtschaftlichkeit von Agroforstsystemen zeigt sich durch Absatzmärkte in der energetischen Nutzung und Holzwerkstoffindustrie. Langfristige Kooperationen, z.B. mit der Gesellschaft des Fernwärmenetzes Berlin, können Landwirten schon kurzfristig Sicherheit bieten, während die stoffliche Nutzung von Agroforst-Holz als Baustoff in Zukunft voraussichtlich an Bedeutung gewinnt.

Quellen

GAPDZV (2022). <https://www.buzer.de/GAPDZV.htm>; letzter Aufruf: 22.12.2023

4 Harvard 21 – Nutzbarmachung forstlicher Holzernteverfahren für KUP/AFS

Nils Fischer¹, Erik Findeisen¹

¹ Fachhochschule Erfurt, Leipziger Str. 77, 99085 Erfurt, Deutschland

Abstract. In Zeiten des Klimawandels und des damit zusammenhängenden Waldumbaus steht die Forstwirtschaft vor der großen Herausforderung Holzernteverfahren zu entwickeln, die auch in Beständen mit geringen Entnahmemengen und Einzelbaumstückvolumen (Schwachholz) bei Gewährleistung von Ergonomie und hoher Boden- und Bestandespfleglichkeit einen positiven Deckungsbeitrag erwarten lassen. In diesem Zusammenhang untersucht das Projekt Harvard 21 sinnvolle Einsatzbedingungen zur hochmechanisierten Holzernte. Kern der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung bildet ein hangtauglicher 6-Rad-Harvester, modifiziert als Harvarder mit einem Rungenkorb zur kombinierten Holzernte und -rückung im Vergleich mit dem klassischen Harvester-Forwarder-System. Dabei werden Kraftstoffverbräuche, Maschinenarbeitsstunden (MAS) und Systemkosten in fünf repräsentativen Beständen unterschiedlicher Hangneigung, Gassenlängen, Rückedistanzen und Arbeitsfeldbreiten verglichen. Resultat der Untersuchungen ist eine durchschnittliche Einsparung von 21 % Kraftstoff, 18 % Zeit und 5 % Stückkostenreduktion bei der Harvardertechnologie gegenüber dem klassischen System. Bei geringerem Masseanfall steigt das Einsparpotenzial aufgrund weniger Befahrungen weiter an. Ausgestattet mit einem Fäll- bzw. Fällsammelaggregat, wahlweise ergänzt durch das entwickelte OBioM-Messsystem für Schwachholzvolumen, ist ein Einsatz vor allem in der selektiven Bewirtschaftung von Kurzumtriebsplantagen (KUP) und Agroforstsystemen (AFS) möglich.

Keywords: Holzernte, Schwachholz, Harvarder, OBioM Forsttechnik, Forstwirtschaft, Tagung, schnellwachsende Baumarten

4.1 Einleitung

Der Klimawandel beeinflusst Ökosysteme weltweit. Vor allem in Deutschland führten in den letzten Jahren langanhaltende Sommerdürren und geringe Niederschlagsmengen zu teils großen Ernteverlusten in der Landwirtschaft und massiven Kalamitäten in der Forstwirtschaft. Diese Entwicklungen lassen die bisherigen Arten der Bewirtschaftung auf den Prüfstand stellen und sind gleichzeitig Herausforderung für die kommende Generation, mit fortschreitender Technologieentwicklung angepasste Lösungen für sich verändernde Ökosysteme neu zu entwickeln. (BMEL 2023) Ein Beispiel für diese Technologien sind angepasste Holzerntesysteme in der Forstwirtschaft. Auf den entstanden und entstehenden Kalamitätsflächen sind in den kommenden Jahrzehnten Maßnahmen der Pflege erforderlich, die einerseits das Entstehen klimaresilienter Wälder, andererseits für die Generierung später möglichst hochwertig verwendbarer Holzsortimente fördern sollen. Damit ist die Erzeugung langlebiger Holzprodukte zur Substitution fossiler und energieaufwändiger Materialien zu verstehen. Aufgrund der geringen Dimensionen und des geringen Masseanfalls im Schwachholzbereich, während dieser Pflegephasen können positive Deckungsbeiträge nur schwer erzielt werden. Hinzu kommt, dass bei der Nutzung verbleibender Bestände geringere Masseanfänge pro Hektar und Maßnahme aufgrund der Entwicklung von strukturreichen Beständen zu erwarten sind.

Eine Gruppe von „KMU“ aus Thüringen, bestehend aus Forstsachverständigen, Waldbesitzern und Forstdienstleistern untersucht in Kooperation mit der Technischen Universität Ilmenau und der Thüringen Forst AöR spezielle Holzernteverfahren der hochmechanisierten Holzernte im Rahmen des Projektes „Verfahrensentwicklung für den Harvester zur Rohholzbereitstellung auf parzellierten Flächen“ (Harvard 21) zur Ermittlung technologischer Einsatzbereiche und parameterabhängiger Leistungsdaten. Sich hieraus ergebende Handlungsempfehlungen für Waldbesitzer bezüglich der Holzeinschlagsmaßnahmen können in eine entwickelte App integriert werden.

4.2 Methodik

Grundlage der Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen bildet ein 6-Rad-Harvester der Firma Konrad Forsttechnik mit Schubfahrwerk, Klemmbank, synchronisierter Traktionsseilwinde und prozessierfähigem Harvesterkopf Woody 61 modifiziert mit einem eigens durch die Vorgaben des Maschinenbesitzers konstruierten, wechselbaren Rungenkorb mit einer Ladekapazität von 6,8 m³.

Die Kombination aus Harvester und Rungenkorb bietet die Möglichkeit der kombinierten Holzernte und -rückung (Akronym Harvard), wofür im klassischen Harvester-Forwarder-System eine zweite Maschine notwendig ist.

Der optimale Einsatzbereich der zu vergleichenden Systeme liegt standardmäßig bei Arbeitsfeldbreiten von 20 m, einem durchschnittlichen Brusthöhendurchmessers (BHD) der Entnahmebäume von 25 - 50 cm und einer Hangneigung bis 50 % bei einer Hanglänge von 200 m. Typische Sortimentslängen sind 2 bis 5 m. Die durchgeführten Verfahrensanalysen beinhalten die Erfassung der technologischen und bestandestechnischen Parameter im Vorfeld der Holzerntemaßnahme mit der Erkenntnis, dass sich zwölf verschiedene Arbeitsverfahren für das Harvardersystem ableiten lassen. Auf deren Grundlage erfolgt die Auswahl von fünf verschiedenen Arbeitsverfahren mit jeweils zugeordneten Versuchsflächen im Thüringer Wald mit einer Gesamtentnahmemenge von ca. 2.500 fm. Maßgebend bei der Auswahl der Gebiete sind Arbeitsfeldbreite, mittlere Hangneigung, maximale Gassenlänge und die mittlere Rückedistanz. Im Zuge der Holzerntemaßnahme durchgeführte Arbeitszeit- und Prozessstudien werden mittels Datenerfassungsblättern durch Maschinenführer bereitgestellt, aus Aufzeichnungsdaten der Maschinen entnommen und im Nachgang ausgewertet und aufbereitet. Zusätzlich wurden direkte Arbeitszeitstudien in ausgewählten Beständen durchgeführt. Die Auswertung bildet dann die Grundlage für ein Tool zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit der Harvardertechnologie.

4.3 Ergebnisse

Der Technologievergleich macht deutlich, dass sich beim Harvardersystem eine Zeiteinsparung von rund 18 % gegenüber dem klassischen Zweimaschinensystem Harvester-Forwarder ergibt (Abb. 1). Werden nur die Arbeitsschritte betrachtet, die vom Harvard bzw. im Zweimaschinensystem ausgeführt werden, ergibt sich für das Harvardersystem durchschnittlich eine Zeiteinsparung von 27 % gegenüber dem Harvester-Forwarder-System.

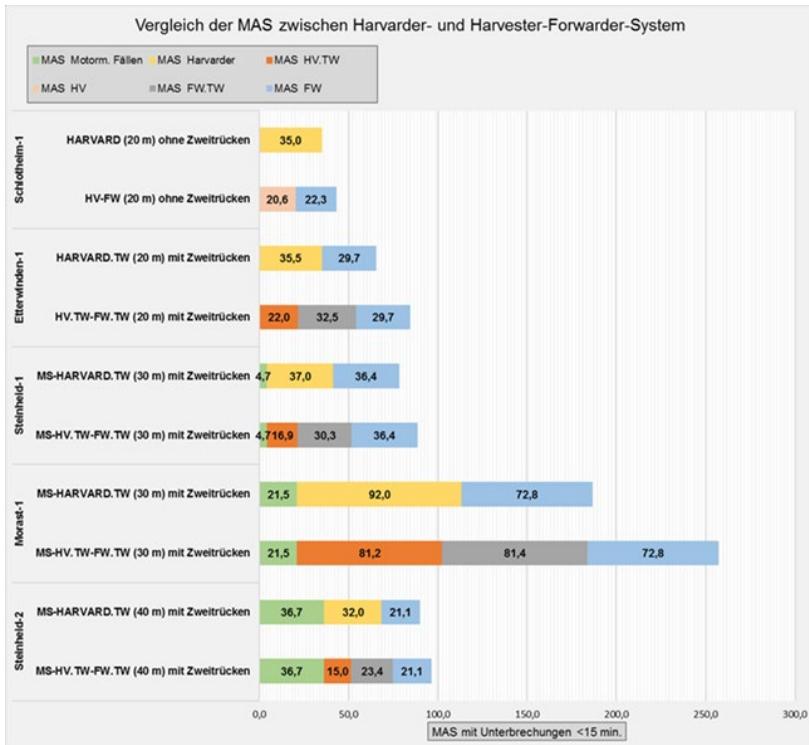


Abb. 1: Vergleich der MAS zwischen Harvard- und Harvester-Forwarder-System

Der Kraftstoffverbrauch, berechnet anhand der MAS, teilt sich in Abb. 2 je Hiebsmaßnahme und dem jeweiligen Arbeitssystem auf. Es wird ersichtlich, dass der Kraftstoffverbrauch im Durchschnitt im Harvadersystem um rund 21 % geringer ist als im Zweimaschinensystem. Dementsprechend ist davon auszugehen, dass sich der CO₂-Ausstoß ebenfalls um 21 % verringert.

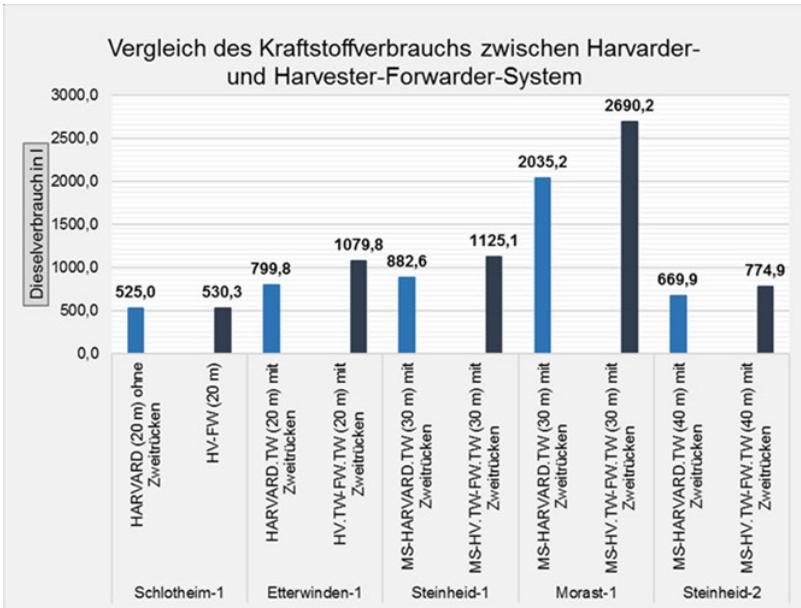


Abb. 2: Vergleich des Kraftstoffverbrauchs zwischen Harvard- und Harvester-Forwarder-System

Für die Kosten je Hiebsmaßnahme sind zunächst die Maschinenkosten der Technologien in € MAS⁻¹ zu kalkulieren und deren durchschnittliche Leistungen in Festmetern pro MAS zu ermitteln. Hieraus ergeben sich die Kosten der einzelnen Technologien in € fm⁻¹, die entsprechend der Maßnahme addiert werden. Aus Abb. 3 geht hervor, dass vier der fünf durchgeführten Hiebsmaßnahmen im Harvardersystem geringere Stückkosten aufweisen als im entsprechenden Harvester-Forwarder-System. Im Mittel sind die Holzerntekosten um 1,86 € fm⁻¹ günstiger als im Zweimaschinensystem. Prozentual entspricht das einer Einsparung von rund 5 %.

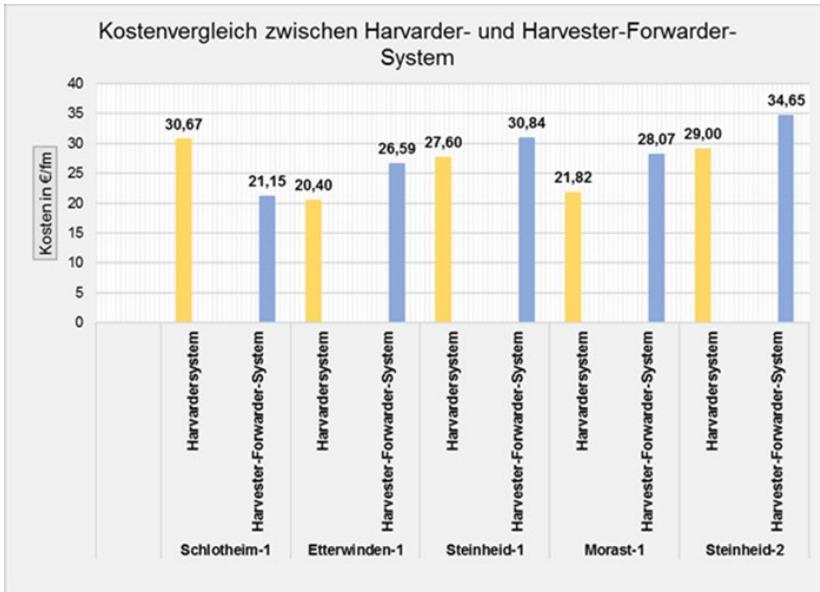


Abb. 3: Kostenvergleich zwischen Harvarder und Harvester-Forwarder-System

Auf Basis der erhobenen Daten ist es mittels eines entwickelten Produktivitätsmodells möglich, Einsatzgrenzbereiche des Harvarders zu ermitteln. Eingangsgrößen hierfür sind die Entnahmemenge in Festmeter pro Hektar, der durchschnittliche Gassenabstand und die durchschnittliche Gassenlänge. So können Waldbesitzer die Sinnhaftigkeit des Technologieeinsatzes vorkalkulieren.

4.4 Übertragbarkeit für Optimierung von KUP/AFS

Die Technologie des Harvarders kann auch eine Rolle bei der Bewirtschaftung von KUP/AFS spielen. Für die Schwachholzbewirtschaftung von KUP muss zunächst eine Umrüstung des Woody 61-Aggregats auf ein Fäll- oder Fällsammelaggregat stattfinden. Dieses ermöglicht das Greifen und Schneiden mehrerer Stämme, je nach Funktionsweise des Aggregats auch aufeinanderfolgend, sodass eine große Masse pro Arbeitsgang akquiriert werden kann. In AFS können bei der selektiven Bewirtschaftung von Gehölzstreifen je nach BHD verschiedene Aggregate zum Einsatz kommen.

Wie auch in der Forstwirtschaft können hier vor allem durch den Wegfall von Rückefahrzeugen kostentechnisch Einsparpotenziale entstehen. Der Einsatz des Harvardersystems ist vor allem bei geringem Masseanfall und bei schwierigen Geländebedingungen sinnvoll. Eine Verfahrensanalyse auf verschiedenen ausgeprägten KUP- und AFS-Flächen sollte auch hier Grundlage für die Nutzung des Harvardersystems sein.

Durch die Integration weiterer Technologien können Holz- und Biomasserntesysteme optimiert werden. Die Fachhochschule Erfurt entwickelt mit dem OBioM-Messsystem ein Verfahren, das Volumenbestimmungen direkt am Aggregat möglich macht. Insbesondere bei der stofflichen Verwendung von Schwachholz, welche aufgrund der Umstände in Bezug auf Klimawandel und Waldumbau an Bedeutung gewinnen wird, kann eine Messung der entnommenen Biomasse auf der Fläche Effizienz und Transparenz in die Volumenbestimmung und nachgelagert die Ermittlung des Biomasseerlöses bringen. Abb. 4 zeigt das OBioM-Messsystem, welches durch verschiedene Optik- und Spektralsensoren das Volumen der Biomasse bestimmen kann.

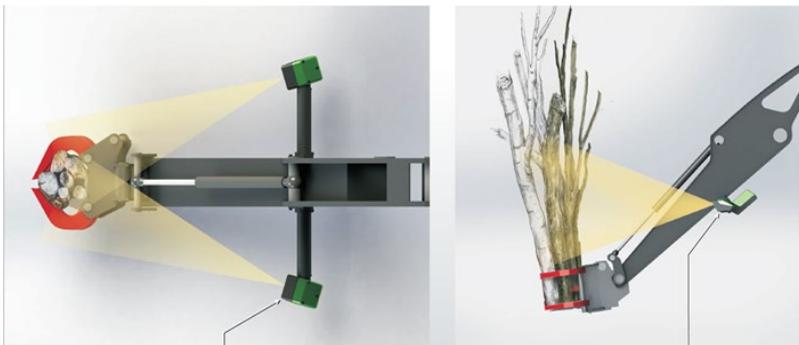


Abb. 4: OBioM-Messsystem für Schwachholz

Im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung, speziell im Zusammenhang mit Automatisierung, Autonomie und Robotik in der Land- und Forstwirtschaft werden neue Technologien sowohl für die klassische Forstwirtschaft als auch die Bewirtschaftung von KUP und AFS entwickelt. Gerade in der Bewirtschaftung von Schwachholzbeständen und in der selektiven Entnahme von Bäumen ergeben sich potenzielle Schnittstellen zwischen beiden Branchen, die beispielsweise durch gemeinsame Forschungsprojekte bewältigt werden können. 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.

Quellen

BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT. (2023). Massive Schäden – Einsatz für die Wälder, BMEL

FINDEISEN, E. (2022). Abschlussbericht der operationellen Gruppe Harvard 21, Forsttechnik-Beratung

LUMMITSCH, S. (2022). Abschlussbericht OBioM, Fachhochschule Erfurt

WESTTECH MASCHINENBAU. (2023). Woodcracker CL, Westtech

5 **Zuwachsuntersuchungen einer Kurzumtriebsplantage aus Pappel und Robinie im ostthüringischen Saale-Holzland-Kreis**

Felix Brückner¹ & Dirk Landgraf¹

¹ Fachhochschule Erfurt, Leipziger Str. 77, 99085 Erfurt, Deutschland

Abstract. Diese Arbeit befasst sich mit einer 1,5 ha großen, in Maxi-Rotation bewirtschafteten, privaten Kurzumtriebsplantage (KUP) aus Pappel und Robinie. Untersucht werden, nach Arten und Sorten bzw. Herkünften getrennt, die Zuwachsgrößen Durchmesser und Höhe, sowie die Biomasseleistung. Die hierzu erhobenen und betrachteten Daten und Berechnungsergebnisse beschreiben den Entwicklungsstand der KUP nach Ablauf der achten Vegetationsperiode der ersten Rotation. Die gewonnenen Ergebnisse werden miteinander und mit Daten anderer Kurzumtriebsplantagen aus der Fachliteratur verglichen. Dabei werden Unterschiede und Gemeinsamkeiten mit anderen KUP diskutiert und mögliche Einflussfaktoren auf das Wachstum betrachtet.

Die Zuwächse der Robinie bestätigen eine deutlich höhere Toleranz gegenüber Hitze und Trockenheit durch ein überlegenes Ertragsniveau gegenüber der Pappel auf nicht optimal wasserversorgten Standorten. Dort ist die Robinie eine adäquate Alternative zur Pappel. Mit der vom für Thüringen prognostizierten Erhöhung der Jahresdurchschnittstemperatur und Verschiebung der Niederschlagsmaxima aus dem Sommer- ins Winterhalbjahr kann bei einer Vielzahl von Standorten eine Verschiebung der Ausgangslage, weg von der Pappel und hin zur Robinie angenommen werden. Umso unverständlicher ist die politische Entscheidung, diese Baumart aus der Förderung bei der Etablierung von KUP und AFS herauszunehmen.

Keywords: Kurzumtriebsplantage, Pappel, Robinie, Zuwachsuntersuchung, erste Rotation, Maxi-Rotation, Wertholzerzeugung, stoffliche Verwertung, Biomasseermittlung

5.1 Einleitung und Zielstellung

Die Beweggründe für die Etablierung einer KUP sind vielfältig. Die Wahl der verwendeten Baumarten dagegen nicht. Zumeist kommen in Deutschland Pappeln und Weiden zum Einsatz. Der Anbau von Robinien erscheint dagegen oft unwirtschaftlich, die Datenlage ist dünn und der Gesetzgeber hat mit Beginn des Jahres 2022 die Fördermöglichkeit von Neuanlagen von AFS und KUP mit Robinie eingestellt (GAPDZV 2022). Deshalb fällt die Baumartenwahl, von Sonderstandorten wie Bergbaufolgelandschaften etc. abgesehen, sehr häufig zu Ungunsten der Robinie aus. Zu Unrecht? Der Frage ob hier, auch hinsichtlich des Klimawandels, Potenzial verkannt wird, wurde in einer Bachelorarbeit an der FH Erfurt nachgegangen. Darin wurde im Rahmen einer Erstaufnahme eine private, KUP aus Pappel und Robinie im östlichen Thüringen untersucht.

Ziel der Untersuchung war die rechnerische Ermittlung der akkumulierten, oberirdischen Biomasse ($\hat{=}$ Dendromasse) der aufstockenden Klone bzw. Herkünfte. Ein abschließender Vergleich der Zuwachsparemeter und Biomasse-Erträge sollte potenzielle Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Wuchsdynamik herausstellen.

5.2 Material und Methoden

5.2.1 Die Fläche

Die untersuchte Plantage liegt im ostthüringischen Saale-Holzland-Kreis in der Gemeinde Tissa auf 290 m ü. NN. Sie wurde im April 2014 auf einer Fläche von 1,5 ha etabliert. Davon entfallen 0,84 ha auf die Pappel-Klone Max 1, Matrix 49 und Trichobel in drei Parzellen à 0,28 ha und 0,66 ha auf die Robinie in 2 Parzellen à 0,33 ha. Das genutzte Vermehrungsgut für die Pappeln bestand aus Standard-Steckhölzern mit einer Länge von 20 cm. Für die Begründung der Robinien-Parzellen wurden zwei Herkünfte ausgewählt. Die ungarische Sorte ist unter dem Namen „Nagybudmeri“ bekannt, die deutsche Sorte ist die DKV-Sonderherkunft „Märkische Schweiz“. Das verwendete Vermehrungsgut bestand aus einjährigen, wurzelnackten Sämlingen.

Als Nutzungsstrategie wurde eine stoffliche Nutzung (Wertholz) festgelegt. Dem folgend, wurde eine Umtriebszeit von 20 Jahren gewählt, die einer Maxi-Rotation (Umtriebs-Intervalle zwischen 12 – 20 Jahren) entspricht (LANDGRAF ET AL. 2018). Der Pflanzverband ergibt sich aus den Abständen innerhalb der Pflanzreihen, der bei den Robinien 0,8 m und bei den Pappeln 0,7 m beträgt und dem Abstand zwischen den Reihen, der bei 3,0 m liegt.

Daraus ergibt sich eine Bestockungsdichte von 4.200 Stck. ha⁻¹ für die Robinien und 5.000 Stck. ha⁻¹ für die Pappeln.



Abb. 1: Versuchsfläche in Tissa mit der Robinie im Vordergrund und der Pappel im hinteren Bereich (Foto: BRÜCKNER 2023)

Die klimatischen Daten lieferte die Agrar-Wetterstation „Bollberg“, die ca. 5 km entfernt liegt. Das langjährige Niederschlagsmittel (1961-1990) liegt bei 580 mm pro Jahr. Im Betrachtungs-zeitraum zwischen 2014 und 2021 weichen die Niederschlagswerte deutlich ab. So stehen drei Dürrejahre mit jährlich etwa 450 mm drei Jahre mit überdurchschnittlichen Niederschlägen zwischen 670 – 770 mm gegenüber. Die Jahresdurchschnittstemperatur weicht ebenfalls deutlich vom langjährigen Mittel (7,8 °C) ab und schwankte zwischen 8,7 °C und 10,1 °C, wobei diese in sechs von acht Standjahren bei 10 °C lag.

Der geologische Untergrund der Fläche besteht aus mittlerem Buntsandstein. Die Bodenart ist als lehmiger Sand gekennzeichnet. Als Bodentyp wurde eine Braunerde bis Braunerde-Podsol ausgeschieden.

Mit einer Bodenzahl von 30 – 35 Punkten ist der Standort als landwirtschaftlicher Grenzertragsstandort einzustufen, der darüber hinaus auch eine Inhomogenität bezüglich der Wasserversorgung aufweist. Mit einer nFK von 50 – 130 mm liegt sie unterhalb des geforderten Minimums von 150 mm in

KUP (PETZOLD ET AL. 2010). Ein Anschluss ans Grundwasser ist nicht vorhanden.

5.2.2 Bestimmung der Biomasse

Die Bestimmung der Biomasse erfolgte baumartenspezifisch. Für die Pappel-Klone kam das von HARTMANN (2010) entwickelte, auf der Regressions-Methode basierende Modell zum Einsatz. Damit lässt sich die oberirdische, absolut trockene Biomasse in Tonnen je Hektar bestimmen ($t_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1}$). Als Eingangsgröße wird zum einen die Trieb- bzw. Stammzahl pro Hektar benötigt. Diese kann durch den Pflanzverband und die durchschnittliche Triebzahl pro Pflanzplatz bestimmt werden. Zum anderen werden Durchmesser und Höhe des Grundflächemittelstamms (d_g, h_g) benötigt. Diese werden nach Messung einer repräsentativen Anzahl von Brusthöhendurchmessern (BHD) und Höhen errechnet. Während der d_g direkt in die Gleichung einfließt, wird der h_g benötigt, um die beiden Regressionskoeffizienten a_0 und a_1 zu determinieren (CARL ET AL. 2018).

Zur Ermittlung der Biomasse der Robinien kam der von CARL ET AL. (2017) entwickelte Biomassekalkulator zum Einsatz. Dieser wurde in der AFZ 12/2018 (CARL ET AL. 2018) vorgestellt und ist unter der Web-Adresse <https://www.fh-erfurt.de/pub/BiomassekalkulatorRobinie> zu finden. Neben den mit der Pappel vergleichbaren Eingangswerten wird dabei auch die Art der vorherigen Flächennutzung (Landwirtschaft oder Bergbau) sowie die Wuchsart (Kernwuchs oder Stockausschlag) erfragt.

5.3 Ergebnisse

Die Verteilung der Dimensionsgrößen BHD und Höhe ist in den Abb. 2 und Abb. 3 in Form von Box-Plot-Diagrammen dargestellt. Bei Betrachtung beider Grafiken wird deutlich, dass die Pappel-Klone sowohl bezüglich der Durchmesser- als auch der Höhenentwicklung den Robinien deutlich überlegen sind. Der mittlere BHD variiert bei den Pappeln zwischen 8,3 und 9,0 cm, während dieser Wert bei den Robinien 6,4 bzw. 6,6 cm beträgt. Noch deutlicher sind die Unterschiede im Höhenwachstum. Hier liegen ganze 5 m zwischen der deutschen Robinie (9,3 m) und dem Pappel-Klon Trichobel (14,3 m).

In beiden Grafiken ist eine höhere Streuung der Werte erkennbar, welches auf ein sehr heterogeneres Wachstum der Robinien zurückzuführen ist.

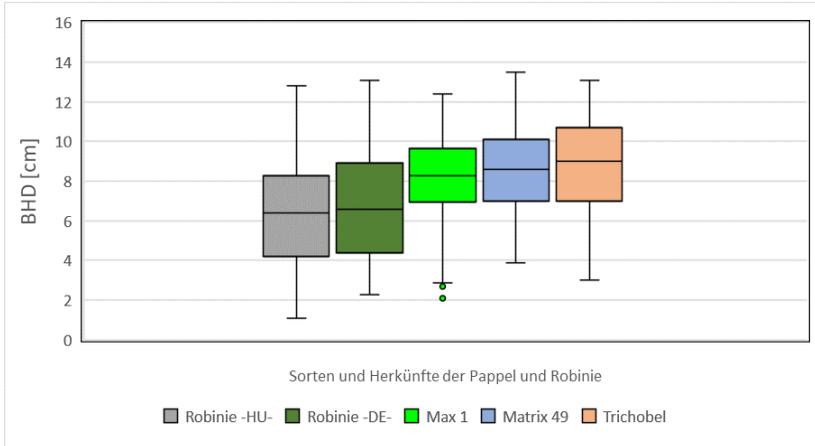


Abb. 2: BHD Verteilung Pappel und Robinie im Januar 2022

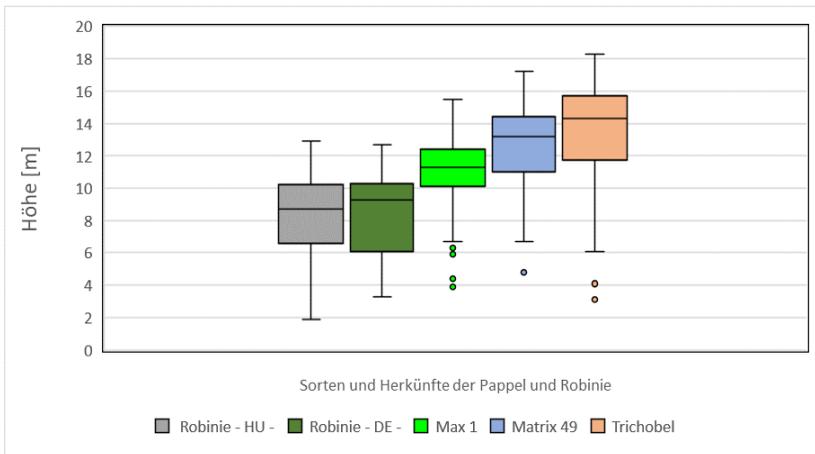


Abb. 3: Höhenverteilung Pappel und Robinie im Januar 2022

Während Max 1 mit einer Biomasse von $61,9 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1}$ die geringste Leistung erbringt, erzielt Matrix 49 bereits $64,6 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1}$. Die höchste Biomasse-Leistung der untersuchten Pappelsorten generiert der Klon Trichobel mit $66,4 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1}$. Daraus ergeben sich durchschnittliche jährliche Gesamtzuwächse (dGZ) zwischen $7,7 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ und $8,3 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (Abb. 4).

In den Robinien-Parzellen liegt der Biomasse-Vorrat der ungarischen Herkunft „Nagybudmeri“ bei $63,8 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1}$. Die deutsche Herkunft erzielt dagegen mit $70,4 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1}$ eine deutlich höhere Biomasse-Leistung und erreicht

damit auch die höchsten Biomasseerträge der KUP. Die durchschnittlichen jährlichen Gesamtzuwächse der beiden Robinien liegen bei $8,0 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ bzw. $8,8 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (Abb. 4).

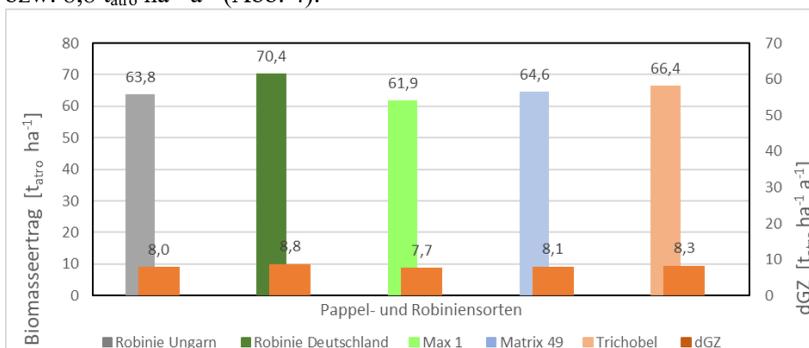


Abb. 4: Biomasse-Erträge und durchschnittlicher Gesamtzuwachs (dGZ) der Pappel-Klone und Robinien-Herkünfte

5.4 Diskussion

Zur Bewertung und zum Vergleich der Leistungsfähigkeit von KUP wird der dGZ verwendet. Dabei gilt ein dGZ von $8 - 10 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ als Schwellenwert für wirtschaftliche Rentabilität angesehen (HARTMANN 2010). Dieser wird in Tissa, mit Ausnahme der Pappelsorte Max 1, von allen weiteren Sorten und Herkünften erreicht. Bei einem Vergleich mit Untersuchungsergebnissen anderer KUP in Deutschland fiel vor allem eines auf: Während die Pappeln in Tissa mit etwa $8 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ zwar wirtschaftlich rentabel angebaut werden, liegt dieses Leistungsniveau dennoch nur im unteren Mittelfeld, da aus der Literatur bis zu $20 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ bekannt sind (CARL ET AL. 2018). Die Robinie dagegen, scheint sich mit $8 - 9 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ am oberen Ende ihres Leistungspotenzials zu bewegen, bzw. im Optimum zu sein. Zwar weisen neuere Untersuchungen für KUP aus Robinien Erträge von bis zu $14 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ aus (RÖHLE ET AL. 2010). Diese Spitzenwerte werden jedoch ausschließlich von Plantagen erreicht, die sich bereits in Folgerotationen befinden und aufgrund des Stock-ausschlags eine deutlich höhere Bestockungsdichte und einen, der energetischen Nutzung angepassten Pflanzabstand von bis zu $10.000 \text{ Stck. ha}^{-1}$ aufweisen (RÖHLE ET AL. 2013).

Bemerkenswert an den Ergebnissen sind vor allem die Biomasse-Erträge der Robinien. Obwohl sich diese im trockeneren Teil des Standorts befinden und ihre Dimensionsgrößen (BHD/Höhe) deutlich unterhalb derer der Pappel-Klone liegen, erbringen sie dennoch gleiche bzw. höhere Ertragsleistungen

als die drei untersuchten Pappelsorten. Dieser Umstand ist der höheren Holzdichte der Robinie geschuldet. Diese liegt zwischen 540 und 870 kg m⁻³ und damit deutlich über derjenigen der Pappel mit 370 bis 520 kg m⁻³ (CARL ET AL. 2017).

Des Weiteren kann davon ausgegangen werden, dass das Potenzial der Robinie am Standort noch nicht ausgeschöpft wird. So ist für Folge-Rotationen durch die deutliche Erhöhung der Triebzahl bzw. Bestockungsdichte durch Stockausschläge auch ein deutlich höherer Gesamtzuwachs anzunehmen (CARL ET AL. 2019).

5.5 Fazit

Mit der vom TLUBN / TLLLR (2010) für Thüringen prognostizierten Erhöhung der Jahresdurchschnittstemperatur und Verschiebung der Niederschlagsmaxima aus dem Sommer- ins Winterhalbjahr kann bei einer Vielzahl von Standorten eine Verschiebung der Ausgangslage, weg von der Pappel und hin zur Robinie angenommen werden. Dies liegt hauptsächlich in ihren physiologischen Eigenschaften begründet: So weist die Robinie eine deutlich höhere Toleranz gegenüber Hitze und Trockenheit auf und braucht, im Gegensatz zu allen anderen in Agroforstsystemen (AFS) und KUP empfohlenen Baumarten, lediglich 500 mm Niederschlag statt der allgemein geforderten 600 mm (2010). Die Untersuchungsergebnisse der KUP in Tissa bestätigen das ebenbürtige bis überlegene Ertragsniveau der Robinie gegenüber der Pappel auf nicht optimal wasserversorgten Standorten. Dort ist die Robinie eine adäquate Alternative zur Pappel. Umso unverständlicher ist die politische Entscheidung, diese Baumart aus der Förderung bei der Etablierung von KUP und AFS herauszunehmen.

Quellen

CARL, C., BIBER, P., LANDGRAF, D., BURAS, A. & PRETZSCH, H. (2017). Allometric Models to Predict Aboveground Woody Biomass of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in Short Rotation Coppice in Previous Mining and Agricultural Areas in Germany. Zugriff am 16.07.2022. Verfügbar unter: <https://www.mdpi.com/1999-4907/8/9/328/htm>

CARL, C., DINTER, S., LANDGRAF, D., BIBER, P., BURAS, A., PRETZSCH, H. (2018). Biomassekalkulator für Robinie in Kurzumtriebsplantagen. AFZ-DerWald, 12/2018, S.14-15

CARL, C., LEHMANN, J.R.K, LANDGRAF, D., PRETZSCH, H. (2019). *Robinia pseudoacacia* L. in Short Rotation Coppice: Seed and Stump Shoot Reproduction as well as UAS-based Spreading Analysis. *Forests* 10 (3), 235; doi:10.3390/f10030235

GAPDZV (2022), <https://www.buzer.de/GAPDZV.htm>; letzter Aufruf: 22.12.2023

HARTMANN, K.-U. (2010). Entwicklung eines Ertragsschätzers für Kurzumtriebsbestände aus Pappel. Dissertation. Technische Universität Dresden, Dresden.

LANDGRAF, D., BÄRWOLFF, M. & BURGER, F. (2018). Produktivität, Management und Nutzung von Agrarholz. In M. VESTE & C. BÖHM (Hrsg.), *Agrarholz - Schnellwachsende Bäume in der Landwirtschaft. Biologie - Ökologie - Management* (S. 447–510). Berlin: Springer Spektrum.

PETZOLD, R., FEGER, K.-H., RÖHLE, H. (2010) Standortliche Voraussetzungen für Kurzumtriebsplantagen In: BEMMANN A, KNUST C. (Hrsg.) AGROWOOD. Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven (S. 44-53). Berlin: Weißensee-Verlag

RÖHLE, H., ALI, W., HARTMANN, K.-U., STEINKE, C. (2010) Wachstum und Biomasseproduktion schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb. In: BEMMANN A, KNUST C (Hrsg.) AGROWOOD. Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven (S 103–116). Berlin: Weißensee-Verl.

RÖHLE, H., SKIBBE, K. & HORN, H. (2013). Wachstum und Ertragsaussichten von Kurzumtriebsplantagen. In A. BEMMANN (HRSG.) & D. BUTLER MANNING, *Energieholzplantagen in der Landwirtschaft. Eine Anleitung zur Bewirtschaftung von schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb für den Praktiker* (S. 35–42). Clenze: Agrimedia.

SCHILDBACH, M., GRÜNEWALD, H., WOLF, H. & SCHNEIDER, B.-U. (2009). Begründung von Kurzumtriebsplantagen: Baumartenwahl und Anlageverfahren. In T. REEG (HRSG.), A. BEMMANN, W. KONOLD, D. MURACH & H. SPIECKER, *Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen* (S. 57–71). Hoboken: Wiley.

SCHILDBACH, M., HOFMANN, M. & WOLF, H. (2010). Anlage und Etablierung von Kurzumtriebsplantagen. In A. BEMMANN & C. KNUST (Hrsg.), AGROWOOD. Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven (S. 64–71). Berlin: Weißensee-Verl.

TLUBN (Hrsg.) (2022). Saale-Holzland-Kreis - Klima/Luft. Zugriff am 19.02.2023. Verfügbar unter: https://umweltinfo.thueringen.de/umweltregional/thueringen/09_klimabereiche.html

WAGENFÜHR, R., WAGENFÜHR A. (2022). Holzatlas (7., überarb. und ergänzte Aufl.). (S.685; S.753) München: Hanser.

6 **Zuwachsergebnisse von Pappel in der Midi-Rotation einer Kurzumtriebsplantage**

Josephine Maria Klapprott^{1,2} & Dirk Landgraf²

¹ Staatsbetrieb Sachsenforst, Bonnewitzer Str., OT Graupa; ² Fachhochschule Erfurt, Leipziger Str. 77, 99085 Erfurt, Deutschland

Abstract. Im Mittelpunkt des Papers stehen die Zuwachsergebnisse von Pappelklonen der Sorte Max 1 und 3 auf einer Kurzumtriebsplantage in Schwarzbach (Thüringen). Im Rahmen einer Masterarbeit werden die Pappeln, welche sich im zweiten Aufwuchs der Midi-Rotation befinden, stichpunktartig anhand der Parameter Brusthöhen-durchmesser, Höhe, Ausfallrate, Triebzahl und durchschnittlicher Gesamtzuwachs untersucht und ausgewertet. Mithilfe von GNSS-Technologie konnten die betrachteten Pflanzplätze vermessen werden. Die Ergebnisse zeigen, dass es bei längerfristigen Umtriebszeiten zu einer Selektion und somit Reduktion der Triebzahl pro Pflanzplatz kommt. Daraus können neue Herangehensweisen für die Bewirtschaftung von KUP in längerfristigen Umtriebszeiten abgeleitet werden. So könnte die Beseitigung von überzähligen Trieben in den ersten Jahren sinnvoll sein. Dadurch könnte die Pappel die Wurzelkraft auf die frühzeitig vom Bewirtschafter selektierten Triebe beschränken und dadurch evtl. höhere Zuwachsergebnisse erbringen. Dies muss noch durch künftige, begleitende Forschung verifiziert werden.

Keywords: Schnellwachsende Baumarten, Kurzumtriebsplantage, Pappel, Populus, Pappelklone, Biomasse, Mittlerer Umtrieb, Midi-Rotation, Zuwachs, Reduktion Triebzahl, Selektion

6.1 Einleitung

In einem Winter wie in diesem Jahr wird die aktuelle politische Situation hinsichtlich der Energieversorgung deutlich spürbar. Deutschland wird unter anderem durch Länder wie Russland mit fossilen Energieträgern versorgt (BPA 2022). Die politischen Gegebenheiten des Krieges zwischen Russland und der Ukraine schränken diese Abhängigkeit ein.

Der Ausbau der erneuerbaren Energien schafft nicht nur eine gewisse Unabhängigkeit von Ländern, wie zum Beispiel Russland, sondern bietet auch die einzig alternativlose und nachhaltige Energieversorgung. Auch weisen die erneuerbaren Energien eine bessere Treibhausbilanz als die fossilen Energieträger auf (UBA 2022).

Im Rahmen einer Masterarbeit (2022-23) an der FH Erfurt wurden Pappelklone der Sorte Max (*P. nigra* x *P. maximowiczii*) im zweiten Aufwuchs einer Midi-Rotation untersucht. Auf die folgende Forschungsfrage soll anhand der erhobenen Daten und deren Auswertung eine Antwort gegeben werden:

- Wie verhält sich die „gesunde“ Pappel (Pappelklone der Sorte Max 1 und 3) hinsichtlich biomasserelevanter Parameter wie Anzahl, Vitalität, Höhe und Brusthöhendurchmesser der Stockausschläge im zweiten Aufwuchs der Midi-Rotation?

6.2 Untersuchungsobjekt

6.2.1 Untersuchungsgebiet und -fläche

Das Untersuchungsgebiet liegt in der Bundesrepublik Deutschland im Bundesland Thüringen. In der untenstehenden Abbildung ist die Lage dargestellt (Abb. 1).

Wie in der Abbildung ersichtlich, befindet sich das Untersuchungsgebiet im Landkreis Greiz, oberhalb der Gemeinde Schwarzbach. Angrenzend befinden sich die Landkreise Saale-Orla und Saale-Holzland. In nördlicher Richtung befindet sich die Nachbargemeinde Tautendorf und in nordöstlicher Richtung Lederhose. Im Süden liegt Triptis und im Westen der Ort Renthendorf mit dem Ortsteil Oberrenthendorf. Die nächstgrößeren Städte sind in nordwestlicher Richtung mit einer Entfernung von ca. 37 Kilometern Jena und in ca. 25 Kilometern nordöstlicher Richtung Gera. Die Kurzumtriebsplantage ist auf dem Hirtenberg (392,6 Meter über Normalnull) gelegen (TLUBN 2022). Der Eigentümer, der über 30 Hektar großen Plantage, ist die Agrargenossenschaft Niederpöllnitz eG.

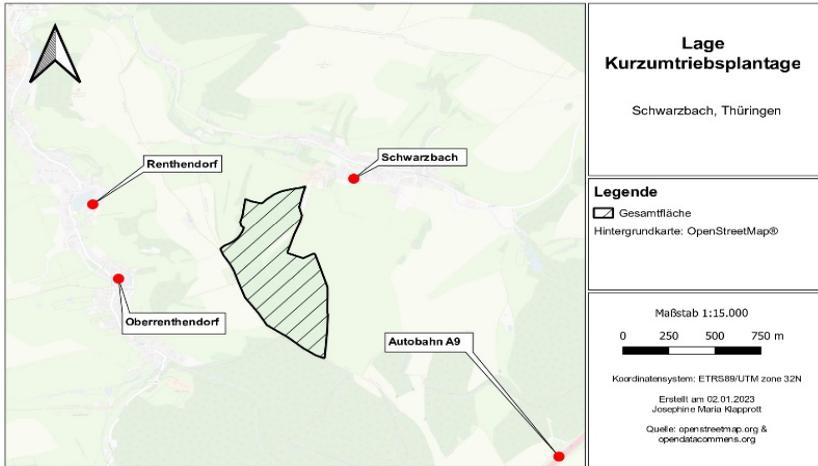


Abb. 1: Verortung der Kurzumtriebsplantage im Untersuchungsgebiet (nicht maßstabsgetreu)

Die Untersuchungsfläche ist der Teil gesamten Kurzumtriebsplantage. Diese ist in der folgenden Abbildung vollumfänglich wiedergegeben (Abb. 2).

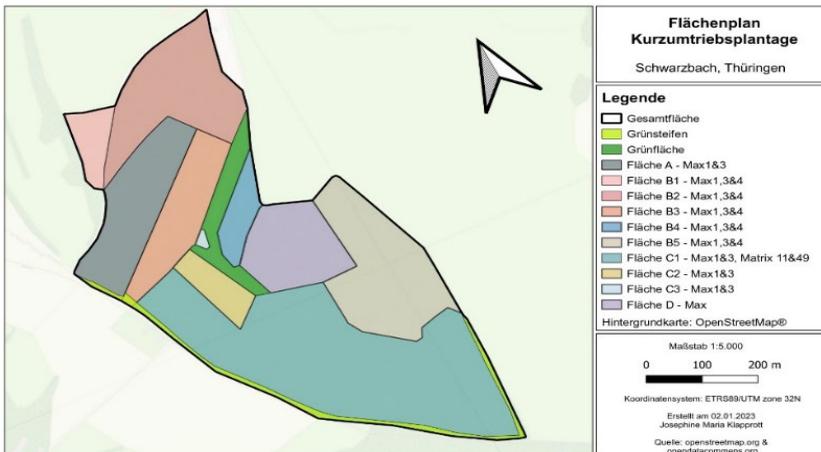


Abb. 2: Flächenplan der Kurzumtriebsplantage in Schwarzbach (nicht maßstabsgetreu)

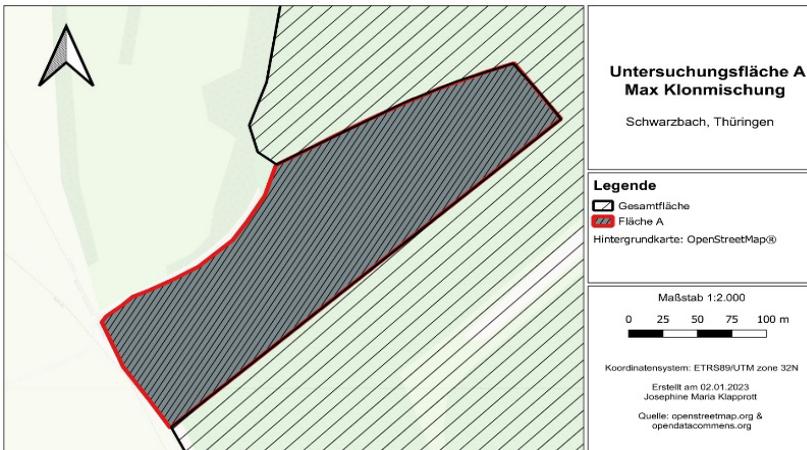


Abb. 1. Untersuchungsfläche: Teilfläche A der Kurzumtriebs-plantage in Schwarzbach (nicht maßstabsgetreu)

Im Jahr 2008 wurde die Fläche A, 2010 die Fläche B, 2015 die Fläche C1, 2014 die Fläche C2 und 2013 die Fläche D angelegt. Zur Fläche C3 gibt es keine Informationen (NIEDERPÖLLNITZ WALD21 GMBH 2015; AGRAR-GENOSSENSCHAFT NIEDERPÖLLNITZ EG o.A.). Die Untersuchungsfläche ist die Teilfläche A der Kurzumtriebsplantage (Abb. 3). Die Teilfläche ist ca. 3,5 Hektar groß und mit Max-Klonmischungen bestockt. Im Jahr 2008 wurde die Fläche erstmalig in Einzelreihen mit einem Pflanzabstand von 3,1 x 0,9 Meter begründet. Auf den 3,5 Hektar sind ca. 10.000 Stecklinge gepflanzt (SCHMIDT 2022). Die erste Ernte erfolgte im Januar 2017. Die Pappeln wurden motor-manuell geerntet und mit dem Forwarder in Mieten am Rand der Kurzumtriebsplantage gelagert (LENZ ET AL. 2018).

Die Fläche weist eine leichte Hangneigung auf, weshalb diese im Folgenden in Ober-, Mittel- und Unterhang eingeteilt wird. Die Hangneigung liegt zwischen 3 und 10 Grad. Zum Zeitpunkt der Aufnahme im März 2022 besteht der Aufwuchs aus sechsjährigen Trieben auf fünfzehnjähriger Wurzel: 6/15.

6.2.2 Klima und Witterung

In der Tabelle sind die Jahresdurchschnittstemperaturen und die Niederschlagssummen, getrennt nach den jährlichen Niederschlägen und denen in der Vegetationsperiode von 2017 bis 2021, abgebildet (s. Tab. 1). Die Daten stammen von der Wetterstation Gera-Leumnitz (DWD 2022).

Tab. 1: Jahresdurchschnittstemperatur [°C] und Niederschlagssumme [mm] (jährlich und in der Vegetationsperiode) von 2017 bis 2021 (zweite Rotation) der Wetterstation Gera-Leumnitz (eigene Darstellung) (DWD 2022)

	Jahresmittel-	Niederschlagssumme [mm]	
	temperatur [°C]	Jährlich	Vegetationsperiode
2017	9,53	601,80	419,30
2018	10,41	394,00	229,10
2019	10,31	599,10	444,10
2020	10,43	524,20	372,40
2021	8,89	795,30	568,30

Die Jahresmitteltemperatur im Jahr 2020 ist mit 10,43 Grad Celsius am höchsten. Die Temperatur im Jahr 2021 liegt 1,54 Grad Celsius unter der Jahresmitteltemperatur des Vorjahres. Die jährliche Niederschlagssumme ist im Jahr 2018 am niedrigsten und im Jahr 2021 am höchsten. In den Jahren 2018, 2019 und 2020 werden die für die Pappel benötigten 600 Millimeter Niederschlag im Jahr nicht erreicht. Im Jahr 2019 und 2020 ist der Niederschlag in der Vegetationsperiode, im Gegensatz zum Jahr 2018, über den benötigten 300 Millimetern. Das Jahr 2021 ist im Vergleich wieder deutlich kühler und weist, bis auf den Monat September, humide Verhältnisse auf.

In der ersten Rotation (2008-2016) werden die benötigten 300 Millimeter Niederschlag in der Vegetationsperiode, im Gegensatz zu den benötigten 600 Millimetern im Jahr, immer erreicht. Die Jahresmitteltemperaturen liegen zwischen 7,44 und 10,12 Grad Celsius.

Der Bodentyp auf der Untersuchungsfläche wurde mit Braunerde und Pseudogley angesprochen (PLÖTHNER 2016).

6.2.3 Datenerfassung und -auswertung

Im Vorfeld der Feldaufnahmen wurde ein entsprechendes Untersuchungsdesign entworfen. Dieses beinhaltet aufgrund der Flächengröße eine Teilerhebung bzw. ein Stichprobenverfahren (zweistufige Klumpenstichprobe). Die Fläche wurde zunächst in die Cluster Oberhang, Mittelhang und Unter-

hang eingeteilt. Die Größe der Stichprobe richtet sich nach der Homogenität des Standortes (HARTMANN 2010). Die Homogenität wurde aufgrund der Ausfallrate als „niedrig“ angesprochen. Bei inhomogenen Verhältnissen sollte der Stichprobenumfang zwischen 240 und 370 Individuen liegen (HARTMANN 2010). Aufgrund der Einteilung der Fläche in drei Cluster wurden dreimal 100 Stichproben für eine statistische Absicherung aufgenommen.

Die erste Datenaufnahme umfasste die Ermittlung der Ausfallrate und die Bestimmung der Triebzahl pro Pflanzplatz. Pro Pflanzplatz wurde ermittelt, ob das jeweilige Baumindividuum fehlt, abgestorben oder vorhanden ist. Die Baumindividuen, die am Pflanzplatz zwar vorhanden sind, aber keinen lebenden Aufwuchs vorweisen, wurden als abgestorben bezeichnet. Die Abstände der Pflanzplätze konnten mithilfe des Pflanzverbandes ermittelt werden. Die Baumindividuen mit lebendem Aufwuchs am Pflanzplatz wurden hinsichtlich der Triebzahl untersucht.

Im Anschluss an die Aufnahme der Ausfallrate und der Triebzahl wurden die Kenngrößen Brusthöhendurchmesser, Höhe und Wurzelhalsdurchmesser bestimmt. Die Werte Brusthöhendurchmesser und Höhe wurden für alle Baumindividuen innerhalb der 100 aufeinanderfolgenden Pflanzplätze je Cluster, welche lebenden Aufwuchs besitzen, gemessen. Gemessen wurden lebende Triebe über einer Höhe von 1,30 Meter. Der Wurzelhalsdurchmesser wurde für die 100 aufeinanderfolgenden Pflanzplätze am Oberhang bestimmt. Der Wurzelhalsdurchmesser dient lediglich als Referenzwert für die Erntemaßnahmen und sollte eine Tendenz abbilden, weshalb auf weitere Messungen verzichtet wurde.

Für die Erstellung des Kartenmaterials und die Positionsbestimmung der Pflanzplätze wurde auf das Globale Navigationssatellitensystem (GNSS) zurückgegriffen. Für die GNSS-Messungen kam das Leica Viva mit CS10 Feld-Controller und GS08 plus Antenne zum Einsatz. Um SAPOS-Korrekturdaten von Referenzstationen für eine höhere Ortungsgenauigkeit zu erhalten, wurde das Gerät mit einer internetfähigen SIM-Karte versehen. Die Messungen erfolgten im Oktober 2022 im Einmann-Verfahren. Im ersten Schritt wurde die gesamte Kurzumtriebsplantage durch einzelne Punktmessungen vermessen. Hierbei wurden auch die einzelnen Teilflächen aufgenommen. Die Vermessung richtete sich nach dem vor Ort ersichtlichen Grenzverlauf. Im zweiten Schritt wurden alle 300 untersuchten Pflanzplätze mit der GNSS-Technologie eingemessen.

Die 300 markierten und vermessenen Pflanzplätze sind in der folgenden Abbildung dargestellt (Abb. 4).

Neben der Lokalisierung der Pflanzplätze mittels GNSS wurden diese am ersten und am letzten Pflanzplatz mittels Forstmarkierfarbe kenntlich gemacht. Zusätzlich wurden die Stubben aus mehreren Richtungen fotografiert, um diese zweifelsfrei im nächsten Jahr für wissenschaftliche Zwecke wiederzufinden.

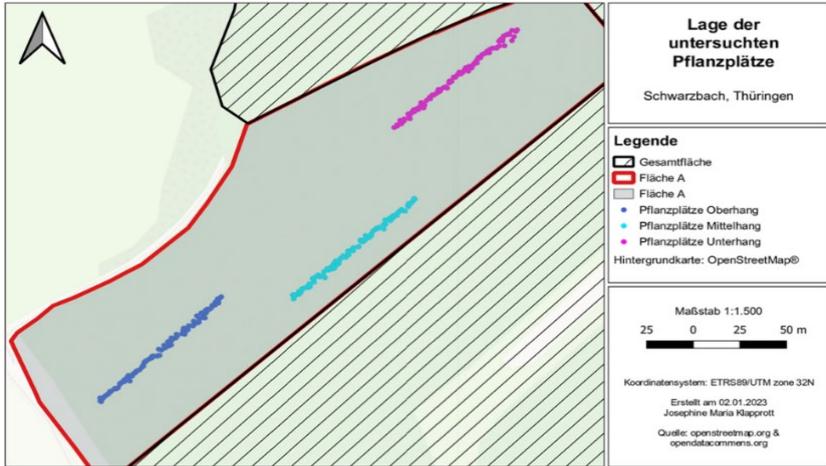


Abb. 2: Lage der untersuchten Pflanzplätze auf der Untersuchungsfläche der Kurzumtriebsplantage in Schwarzbach (nicht maßstabstreu)

Im Anschluss an die Datenaufnahmen erfolgte die Datenauswertung mit entsprechenden Berechnungen und Darstellungen. Die statistische Absicherung wurde über statistische Tests mittels Microsoft Excel (Version 2210 Build 16.0.15726.20070) und IBM SPSS Statistics (29.0.0.0 (241)) durchgeführt.

6.3 Ergebnisse

6.3.1 Überlebensrate und Triebzahl

In der nachkommenden Abbildung ist Überlebens- und Ausfallrate getrennt nach den Clustern abgebildet (Abb. 5). Der Oberhang hat eine Überlebensrate von 76 und eine Ausfallrate von 24 Prozent. Die Cluster Mittelhang und Unterhang hingegen weisen deutlich geringere Überlebensraten mit 56 Prozent beim Mittelhang und 52 Prozent beim Unterhang auf. Die Ausfallraten sind mit 44 Prozent und 48 Prozent dementsprechend deutlich höher als beim

Oberhang. Die Untersuchungsfläche hat eine Gesamtüberlebensrate von rund 61 Prozent und eine Ausfallrate von 39 Prozent.

Die durchschnittliche Triebzahl pro Pflanzplatz wird in der folgenden Abbildung für die Untersuchungsfläche dargestellt (Abb. 6). Die Pflanzplätze am

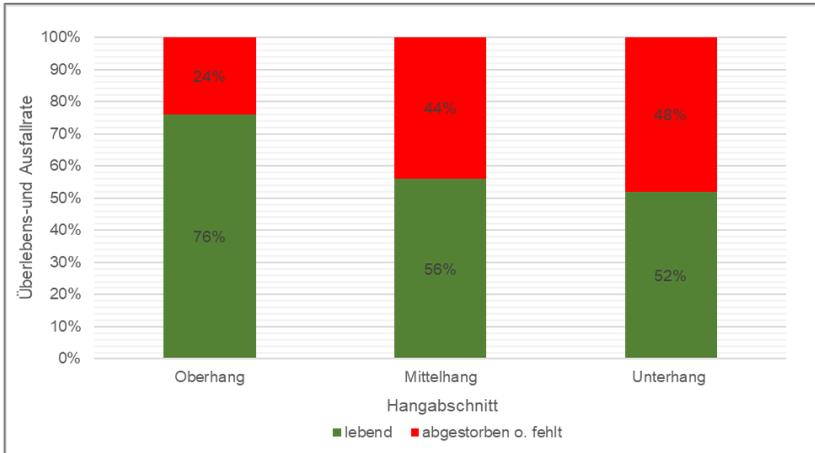


Abb. 5: Prozentuale Überlebens- und Ausfallrate im Jahr 2022 vor der Vegetationsperiode

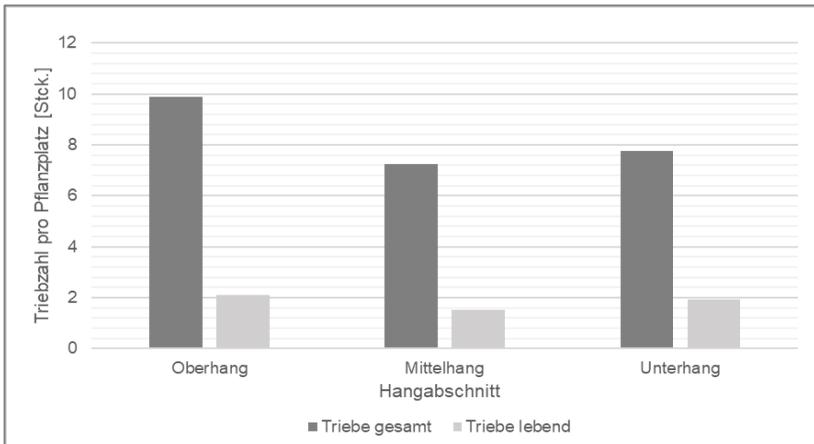


Abb. 6: Durchschnittliche Triebzahl pro Pflanzplatz gesamt und im Jahr 2022 vor der Vegetationsperiode

Oberhang haben im Durchschnitt 9,88 Triebe, von denen 2,09 für die Biomasseberechnungen relevant sind.

Der Mittelhang weist in der Summe mit 7,23 und davon lebenden 1,54 Pflanzplätzen die geringsten Triebzahlen auf. Am Unterhang sind im Durchschnitt 7,75 Triebe pro Pflanzplatz wovon 1,94 ausschlaggebend für die Berechnung der Biomasse sind. Die Untersuchungsfläche hat im Durchschnitt pro Pflanzplatz insgesamt 8,58 und 1,92 lebende Triebe. Das Maximum der Triebzahl liegt bei 19 Trieben pro Pflanzplatz, wovon maximal sieben Triebe leben.

Aus der Arbeit von PLÖTHNER aus dem Jahr 2016 gehen keine Daten zu Überlebens- und Ausfallraten und Triebzahlen hervor, weshalb ein Vergleich zwischen dem ersten und dem zweiten Aufwuchs an dieser Stelle nicht stattfinden kann.

6.3.2 Brusthöhendurchmesser, Höhe und Wurzelhalsdurchmesser

In der folgenden Darstellung sind die Brusthöhendurchmesser getrennt für die Cluster Oberhang, Mittelhang und Unterhang in einem Box-Plot-Diagramm abgebildet (Abb. 7).

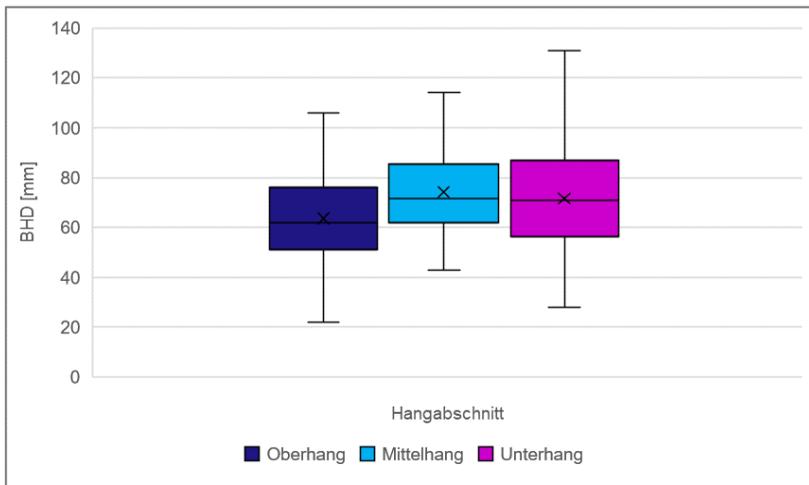


Abb. 7: Vergleich der Brusthöhendurchmesser getrennt nach den Cluster Oberhang, Mittelhang und Unterhang für die Untersuchungsfläche

Der Oberhang hat einen mittleren Brusthöhendurchmesser von 63,53 Millimetern. Die Werte liegen zwischen einem BHD von 22 und 106 Millimetern. Die Wertespannweite beträgt dementsprechend 84 Millimeter. Am Mittelhang umfasst der mittlere Brusthöhendurchmesser 74,15 Millimeter und die Wertespannweite liegt bei 71 Millimeter (Maximum 114 mm und Minimum 43 mm). Der Unterhang weist einen mittleren BHD von 71,64 auf. Die Werte liegen zwischen 28 und 131 Millimeter. Die Wertespannweite beträgt 103 Millimeter. Der Interquartilsabstand liegt zwischen 29,55 Millimetern am Mittelhang, 39 Millimetern am Oberhang und 42 Millimetern am Unterhang.

Das Untersuchungsgebiet hat einen mittleren Brusthöhendurchmesser von 68,54 Millimetern. Das Minimum liegt bei 22 und das Maximum bei 131 Millimetern. Die Spannweite für die Gesamtfläche beträgt 109 Millimeter.

In der folgenden Abbildung sind die Höhen für den Oberhang, Mittelhang und Unterhang vergleichend in einem Box-Plot-Diagramm dargestellt (Abb. 8).

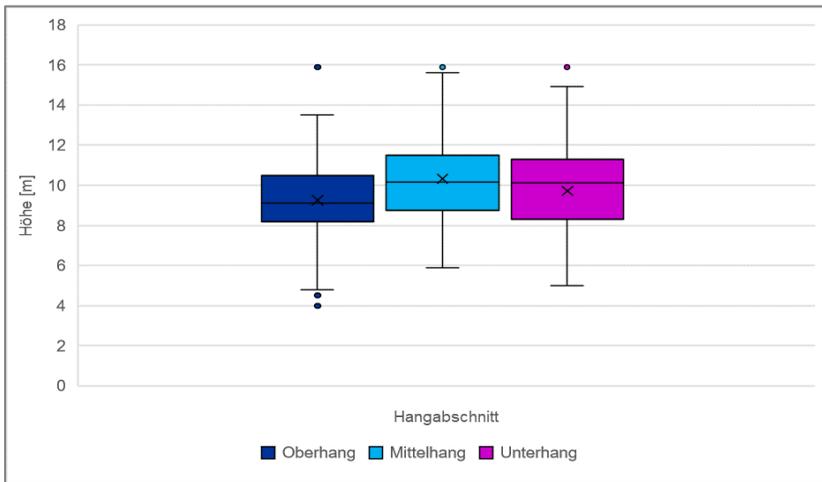


Abb. 8: Vergleich der Höhen getrennt nach den Clustern Oberhang, Mittelhang und Unterhang für die Untersuchungsfläche

Der Mittelwert der Höhe am Oberhang beträgt 9,24 Meter. Die Höhe ist mit mehreren Ausreißern versehen. Die Höhen liegen zwischen 4 und 15,9 Metern. Die Spannweite beträgt demnach 11,9 Meter. Der Mittelhang und der Unterhang haben nur jeweils einen Ausreißer zu verzeichnen. Im Mittelhang bewegen sich die Höhen zwischen 5,9 und 15,9 Metern. Der Mittelwert der Höhe beträgt 10,33 Meter. Der Mittelwert des Unterhanges liegt mit 9,72 Me-

tern zwischen dem Mittel- und dem Oberhang. Die Spannweite umfasst hier 11,1 Meter (Minimum 5 Meter und Maximum 16,1 Meter). Der Interquartilsabstand liegt zwischen 2,3 Meter (Oberhang), 2,75 Meter (Mittelhang) und 5,1 Meter (Unterhang).

6.3.3 Biomasse

Die Biomasse wurde anhand des Ertragsschätzers nach HARTMANN (2010) ermittelt. Dieser Schätzer wurde als passend erachtet, da die Bestandsgrößen Stammzahl und Alter mit den von HARTMANN empfohlenen Angaben übereinstimmten. Auch kann der Ertragsschätzer klonübergreifend eingesetzt werden.

Für die Untersuchungsfläche ergibt sich ein flächenbezogener Atrobio-massevorrat von 38,37 Tonnen je Hektar. Der durchschnittliche Gesamtzuwachs (dGZ) liegt bei 6,39 Tonnen je Hektar und Jahr. In der Arbeit von 2016 wurden für die Berechnung der Biomasse durch PLÖTHNER (2016) der Ertragsschätzer und der Biomasserechner der Technischen Universität Dresden verwendet.

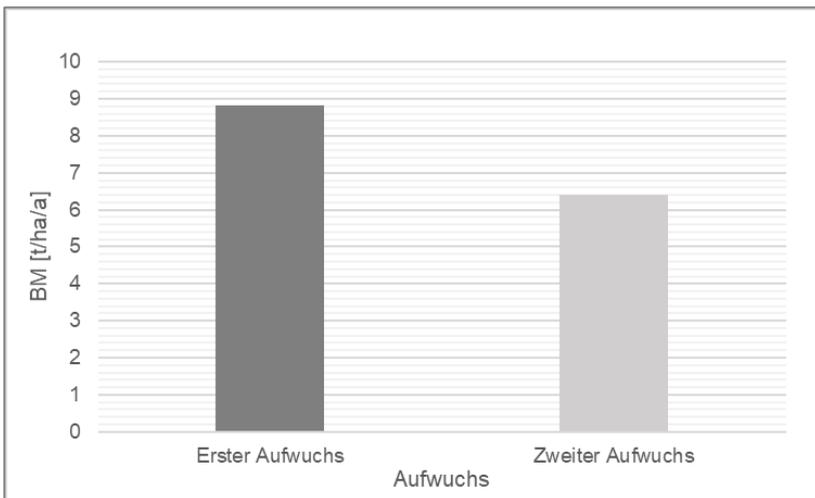


Abb. 9: Durchschnittlicher Gesamtzuwachs - Vergleich zwischen dem ersten und zweiten Aufwuchs

Die Ergebnisse des Ertragsschätzers seien dabei realistischer gewesen (PLÖTHNER 2016). Aufgrund dieser Annahme werden für die weiteren Vergleiche die Werte des Ertragsschätzers herangezogen.

Zum Zeitpunkt der Arbeit befand sich die Kurzumtriebsplantage im ersten Aufwuchs der Midi-Rotation. Im Jahr 2016 konnte durch PLÖTHNER (2016) für die Untersuchungsfläche ein Atrobiomassevorrat von 68,18 Tonnen je Hektar festgestellt werden. In der Abbildung ist vergleichend der durchschnittliche Gesamtzuwachs aus dem ersten und aus dem zweiten Aufwuchs dargestellt (Abb. 9).

6.4 Diskussion

6.4.1 Überlebensrate, Triebzahl, BHD und Höhe

Die Überlebensrate am Oberhang ist im Gegensatz zum Unterhang deutlich höher. Dies könnte mit den unterschiedlichen Bodenverhältnissen erklärt werden. Am Oberhang ist der Bodentyp eine Braunerde und am Unterhang ein Pseudogley. Auch ist der Unterhang aufgrund der Neigung durch eine bessere Nährstoff- und Wasserversorgung gekennzeichnet. Infolgedessen werden die Wuchsbedingungen für die Begleitvegetation optimaler gewesen sein. Dieser Umstand könnte unter anderem für einen höheren Ausfall am Unterhang in den ersten Jahren verantwortlich sein.

Zum jetzigen Zeitpunkt ist aber nicht mehr ersichtlich, wann zum Beispiel die fehlenden Pflanzstöcke abgestorben sind. Es ist aber anzunehmen, dass ein Teil dieser Pflanzstöcke bereits im Anlagejahr abgestorben ist.

Auch ist eine Verhältnismäßigkeit zwischen den Clustern ersichtlich. Der Oberhang weist zum Beispiel den geringsten BHD und die geringste Höhe auf. Im Gegensatz dazu konnten dort die meisten Triebe pro Pflanzplatz aufgenommen werden. Dieser Umstand lässt sich dadurch erklären, dass mehr Triebe gleichzeitig weniger Wuchsraum für den Einzeltrieb bedeuten. Diese hohe Konkurrenz ist wuchshemmend für den Einzeltrieb.

6.4.2 Biomasse

Die Ermittlung der Biomasse erfolgte lediglich anhand eines Ertragschätzers. Die Bestimmung der tatsächlichen Biomasse und damit der Vergleich mit der geschätzten Biomasse kann lediglich über die Anwendung von Trocknungsversuchen im Rahmen von Vollernte-, Teilernte- oder Regressionsmethode erfolgen.

Laut HARTMANN (2010) sollen nämlich relative Abweichungen zwischen Schätz- und Realwert von maximal ± 40 Prozent möglich sein. Nach THOMAS (2022) sind für die Sorten Max jedoch geringere Abweichungen möglich.

Weiterhin gibt es keine Parameter für die Schätzformel, die die Gegebenheiten von Kurzumtriebsplantagen in längerfristigen Umtrieben abbilden.

6.5 Schlussfolgerungen für die Wissenschaft und Praxis

Die Ergebnisse zeigen, dass es bei längerfristigen Umtriebszeiten zu einer Selektion und zu einer Reduktion der Triebzahl pro Pflanzplatz kommt.

Daraus können neue Herangehensweisen für die Bewirtschaftung von KUP in längerfristigen Umtriebszeiten abgeleitet werden. So könnte die Beseitigung von überzähligen Trieben in den ersten Jahren sinnvoll sein.

Infolgedessen könnte die Pappel die Wurzelkraft auf die frühzeitig vom Bewirtschafter selektierten Triebe beschränken und demzufolge evtl. höhere Zuwachsergebnisse erbringen. Dies muss noch durch künftige, begleitende Forschung verifiziert werden. Auch um Fragen zu beantworten, wie viele Triebe beseitigt werden müssen oder ob die Investition der Pflege sich rentiert.

6.6 Ausblick

Die zentralen Herausforderungen der anhaltenden und kommenden Klima-veränderungen, wie sie auch für das Bundesland Thüringen spürbar sind, werden für die Bewirtschaftung von Kurzumtriebsplantagen von enormer Bedeutung sein. Nach derzeitigem Wissensstand ist mit einem langfristigen Temperaturanstieg in den Sommermonaten mit langfristig bis zu vier Grad Celsius zu rechnen (TMUEN 2022). Bei der Anlage von neuen Kurzumtriebsplantagen ist die Baumartenwahl mit Pappel zu überdenken. Entsprechend der rechtlichen Gegebenheiten sind zum Beispiel Baumarten wie die Robinie (*Robinia pseudoacacia*) mit in die Überlegungen einzubeziehen. Die Robinie ist auch auf grundwasserfernen, recht warmen und mit wenig Niederschlag versorgten Standorten wüchsig (LANDGRAF & SETZER 2012).

Die Herausforderung von Kurzumtriebsplantagen liegt unter anderem noch darin, dass die ökologischen Vorteile nicht ausreichend monetarisiert werden können. Im Gegensatz zu einjährigen landwirtschaftlichen Kulturen kann die biologische Vielfalt auf Kurzumtriebsplantagen um einiges höher sein. Auch wirken sich KUPs in einer ackerbaulich geprägten Umgebung positiv auf das Landschaftsbild aus (HILDEBRANDT & AMMERMAN 2012).

In der Bewirtschaftung von Kurzumtriebsplantagen liegt auch eine gewisse Wertschöpfung für die Region. Die Rohstoffproduktion, die Verarbeitung

und der Verbrauch finden bestenfalls innerhalb der Region statt. Es können starke Verflechtungen binnen der Region existieren (HAHNE 2008). An dieser Stelle muss man auch benennen, dass die Diversifizierung als Ergänzung der landwirtschaftlichen Erwerbsfähigkeit berücksichtigt werden sollte (DREXLER 2022). Die Diversifizierung auf der Kurzumtriebsplantage kann zum Beispiel hinsichtlich Baumartenwahl, Sortenwahl, Umtriebszeit, Verwertung und Absatz umgesetzt werden.

Um die genannten Schwierigkeiten zu überwinden und die Hypothesen zu belegen oder zu widerlegen, bedarf es weiterer Forschung. Themen sind unter anderem die Ernte- und Biomasseschätzverfahren für längerfristige Umtriebe oder die Sinnhaftigkeit von Pflegeeingriffen.

Quellen

AGRARGENOSSENSCHAFT NIEDERPÖLLNITZ EG (O. A.). KUP1.

DEUTSCHER WETTERDIENST (2022A). Climate Data Center. Zugriff am 10.12.2022. Verfügbar unter https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/.

DREXLER, M. (2022). Was bedeutet "Diversifizierung" in der Landwirtschaft?. Zugriff am 12.12.2022. Verfügbar unter <https://www.lfl.bayern.de/iba/haushalt/262879/index.php#:~:text=Diversifizierung%2C%20oder%20auch%20Einkommens%20kombination%20genannt,Erwerbst%C3%A4tigkeit%20um%20zus%C3%A4tzliche%2C%20betriebsgebunden%20Unternehmert%C3%A4tigkeiten.>

HAHNE, U. (2008). Die Bedeutung regionaler Wertschöpfungsketten für nachhaltige Regionalentwicklung. Skript zur Veranstaltung: MLUV Brandenburg: Erfahrungen und Herausforderungen beim Aufbau regionaler Wertschöpfungsketten. Zugriff am 08.12.2022. Verfügbar unter https://www.zukunftsforum-laendliche-entwicklung.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Dokumente/Downloads2008/5Hahne.pdf. S. 7-8.

HARTMANN, K.-U. (2010). Entwicklung eines Ertagsschätzers für Kurzumtriebsbestände aus Pappel. Dissertation. Dresden: Technische Universität Dresden. S. 88 ff.

HILDEBRANDT, C. & AMMERMAN, K. (2012). Energieholzanbau auf landwirtschaftlichen Flächen. Auswirkungen von Kurzumtriebsplantagen auf Naturhaushalt, Landschaftsbild und biologische Vielfalt. Leipzig. S. 5-6.

LANDGRAF, D. & SETZER, F. (2012). Kurzumtriebsplantagen. Holz vom Acker - So geht's. Frankfurt am Main: DLG-Verl. S. 7 ff.

LENZ, H., PECENKA, R. & IDLER, C. (2018). Kurzbericht zum Projekt Bestimmung von Wassergehalten und Trockenmasseverlusten während der Ganzbaumlagerung von Pappeln aus einer Kurzumtriebsplantage in Schwarzbach (Thüringen) im Jahr 2017. Potsdam. S. 2 ff.

NIEDERPÖLLNITZ WALD21 GMBH (2015). Flächenplan Pflanzung.

PLÖTHNER, C. (2016): Biomasseberechnung von Pappeln in der Midi-Rotation im mittelfristigen Umtrieb in Ostthüringen. Bachelorthesis. Erfurt: Fachhochschule Erfurt. S. 13ff.

PRESSE- UND INFORMATIONSAMT DER BUNDESREGIERUNG (2022): Klimafreundliche und krisensichere Energieversorgung. Zugriff am 13.12.2022. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/energie-versorgung-sicherheit-2040098>.

SCHMIDT, F. (2022): Masterthesis. E-Mail Konversation.

THOMAS, S. (2022). Zuwächse von 37 verschiedener Pappelsorten im Mini-Rotations-Kurzumtrieb nach neun Jahren Standzeit auf einem typischen Boden in Nord-Ost-Deutschland. Masterthesis. Erfurt: Fachhochschule Erfurt. S. 44 ff.

THÜRINGER LANDESAMT FÜR UMWELT, BERGBAU UND NATURSCHUTZ (2022). Kartendienst des TLUBN. Zugriff am 23.10.2022. Verfügbar unter: <https://antares.thueringen.de/cadenza/?jsessionid=ADFA2944CD9B317CE88A58219AFEB791>.

THÜRINGER MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE UND NATURSCHUTZ (2022). Der Klimawandel und seine Folgen für Thüringen. Zugriff am 08.12.2022. Verfügbar unter <https://umwelt.thueringen.de/themen/klima/klimawandelklimafolgen>

UMWELTBUNDESAMT (2022). Bioenergie. Zugriff am 13.12.2022. Verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbareenergien/bioenergie#bioenergie-ein-weites-und-komplexes-feld>

CARL, C., BIBER, P., LANDGRAF, D., BURAS, A. & PRETZSCH, H. (2017). Allometric Models to Predict Aboveground Woody Biomass of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in Short Rotation Coppice in Previous Mining and Agricultural Areas in Germany. Zugriff am 16.07.2022. Verfügbar unter: <https://www.mdpi.com/1999-4907/8/9/328/htm>

CARL, C., DINTER, S., LANDGRAF, D., BIBER, P., BURAS, A., PRETZSCH, H. (2018). Biomassekalkulator für Robinie in Kurzumtriebsplantagen. AFZ-DerWald, 12/2018, S.14-15

7 Die Sortenverteilung der Baumart Pappel auf etablierten Kurzumtriebsplantagen und Agroforstsystemen

Lea Schmeil¹ & Dirk Landgraf¹

¹ Fachhochschule Erfurt, Leipziger Str. 77, 99085 Erfurt,
Deutschland

Abstract. Laut FNR sind 6.600 ha Kurzumtriebsplantagen (KUP) im Jahr 2019 vorhanden. Jenseits dieser vorliegenden Information existieren keine umfassenden Daten bezüglich der Baumart und deren Varianten noch liegen Erkenntnisse zur Rotationszeit und den standortspezifischen Parametern vor.

Im Rahmen einer Bachelorarbeit an der FH Erfurt wurde die Sortenverteilung der Baumart Pappel auf etablierten Kurzumtriebsplantagen (KUP), Pappelmutterquartieren und Agroforstsystemen in Deutschland mittels Befragung in Wissenschaft, Wirtschaft und Behörden untersucht.

Bei der Untersuchung wurden 3.913 ha an mit Pappeln bestockten KUPs im Zeitraum zwischen 2004 - 2019 erfasst. 35 Pappelsorten sind auf Flächen zwischen 0,02 - 30 ha mit im Schnitt 1,8 Pappelsorten bestockt. In der Auswertung der Stichprobe liegt der Flächen-schwerpunkt in Brandenburg. Neu angelegte Flächen sind vor allem zwischen 2010 - 2015 angebaut worden. Die Studie zeigt, dass es einen deutlichen Einbruch bei der Neuanpflanzung von Pappeln ab 2016 gibt, vermutlich begründet durch die Novellierung des Erneuerbaren-Energie-Gesetzes. Zudem wurden die KUPs sowohl in Einzel- als auch Doppelreihe gepflanzt und weisen sehr heterogene Pflanzabstände und -zahlen auf. Die erfassten Rotationszyklen liegen vorwiegend bei der Midirotation, während die Sorten Max, Muhle Larsen und Androscoggin eine Minirotation bevorzugen.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine hohe Heterogenität von Anbaukonzepten vorliegt und es unklar ist, welche Pappelsorte den höchsten Ertrag in diesem Rahmen liefert.

Keywords: Schnellwachsende Baumarten, Pappel, Sortenverteilung

7.1 Einleitung

Im Rahmen meiner Bachelorarbeit im Jahr 2019 wurde die Sortenverteilung der Baumart Pappel auf etablierten Kurzumtriebsplantagen (KUP) und Agroforstsystemen (AFS) in Deutschland eruiert. Hierfür wurde mittels quantitativer Befragung Unternehmen, Behörden und die Wissenschaft zu den angebauten Pappeln befragt. Es wurden die Parameter Pappelsorte, Standortparameter, Etablierungsjahr, geplanter Rotationszyklus und Pflanzverbandsabstand erfasst.

7.1.1 Ausgangslage

Zunächst habe ich Literaturrecherche betrieben, um die Flächenverteilung in Deutschland zu erfassen und herauszufinden, wie viel Hektar Kurzumtriebsplantagen vorhanden sind. Die Gesamtfläche in Deutschland beträgt insgesamt 35,7 Mio. ha, wobei hiervon rund 16,7 Mio. ha landwirtschaftliche Fläche sind (FNR, 2019). Die Agrarfläche teilt sich in Futtermittel (60 %), Energiepflanzen (14 %), Industriepflanzen (2 %) und andere Agrarflächen auf. Baumarten, die auf Kurzumtriebsplantagen genutzt werden, werden zu Energiepflanzen hinzugezählt. Im Jahr 2018 und 2019 wird angegeben, dass jeweils 11.200 ha Pflanzen für Festbrennstoffe vorhanden sind. Unterteilt wird dies in Miscanthus mit 4.600 ha und KUPs mit 6.600 ha. Legt man diese Quelle der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR) zugrunde, ist davon auszugehen, dass in den Jahren 2017 - 2019 konstant 6.600 ha KUPs in Deutschland existieren. Die FNR gibt jedoch nicht an, um welche Baumarten bzw. um welche jeweiligen Sorten es sich handelt. Auch andere Quellen geben hier keinen Aufschluss über die Baum- und Sortenverteilung auf den jeweiligen Flächen. Aus diesem nicht vorhandenen Wissen leitet sich die Forschungsfrage für die Bachelorarbeit ab, um dies als Grundlage für weitere Forschung zu nutzen.

Eine Bachelorarbeit, als erste, wissenschaftliche Arbeit, muss im Rahmen klar definiert sein. Um diesen Rahmen einzuhalten, ist in den Vorüberlegungen die Hypothese gebildet worden, dass die Flächenbesitzer:innen, die ertragreichste Baumart anbauen. Nach (LANDGRAF & SETZER 2012) ist die Baumart Pappel die ertragreichste unter den schnellwachsenden Baumarten. Somit liegt der Fokus in dieser Bachelorarbeit auf der Baumart *Populus spec.* auf den Kurzumtriebsplantagen und Agroforstsystemen in Deutschland und bildet den Untersuchungsgegenstand.

7.2 Material und Methoden

Um den Anteil der Pappelsorten aus der Grundgesamtheit der 6.600 ha zu erfassen, wurden unterschiedliche Personengruppen mittels standardisierter Email und ebenfalls standardisierter, angehängter Excel-Tabelle befragt. Zur späteren Auswertung wurden zwölf Parameter analysiert, wie es in der Tab. 1 zu sehen ist. Abgefragt wurden Standortparameter, Pappelsorte, Flächenangaben und Pflanzverbandsinformationen.

Tab. 1: Abgefragte Parameter von den Proband:innen zur Auswertung der Pappelsortenverteilung, leicht verändert aus (SCHMEIL 2019)

	Parameter
1	Name des Unternehmens (anonymisiert)
2	Bundesland
3	Landkreis
4	Stadt/ Ort/ Gemeinde
5	Flächenbezeichnung/ Flächennummer
6	Pappelsorte
7	Flächengröße in ha
8	Anbaujahr
9	Rotationszeit in Jahren
10	Pflanzenverband
11	Pflanzenverbandsabstand in Metern (m)
12	Sonstiges/ Besonderheiten (Kommentarfeld)

Die Abb. 1 zeigt die Methodik der quantitativen Befragung. Visualisiert sind zwei Arbeitsphasen. Die erste Arbeitsphase, von Anfang Dezember 2017 bis Januar 2018, zeigt, dass nur eine Email versendet wurde, um Daten zu generieren. Durch den wenigen Rücklauf wurde die Methode in einer zweiten Arbeitsphase modifiziert. Die zweite Arbeitsphase, von Februar 2018 bis einschließlich Mai 2019 wurde angepasst, indem zunächst ein Anruf erfolgte und dann wieder die standardisierte Email mit Excel-Tabelle versendet wurde. Zudem wurde diesmal ein Erinnerungsrückruf vereinbart.

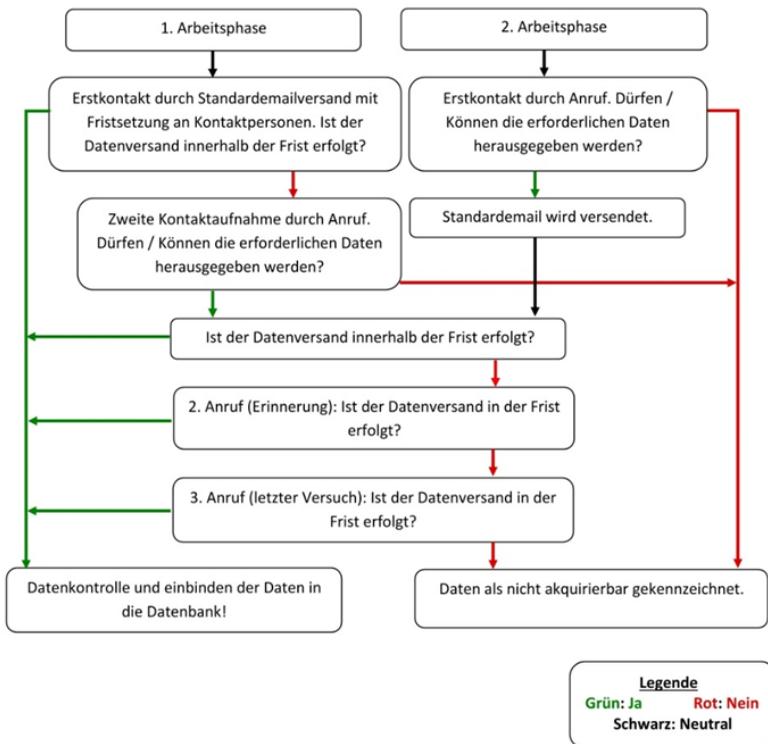


Abb. 1: Schematischer Workflow der Datenakquise, Grafik aus (SCHMEIL 2019)

Um die Sortenverteilung der Baumart Pappel zu untersuchen liegt der Fokus auf der Suche nach auskunftsbereiten Flächenbesitzer:innen von KUP und AFS. Hierzu wurde zunächst auf das Netzwerk von Prof. Dr. Landgraf zurückgegriffen, um erste Kontaktdaten zu erhalten. Im Verlauf der Untersuchung, wurden drei Befragungsgruppen gebildet, wie es die Tab. 2 zeigt.

Tab. 2: Einteilung der Befragungsgruppen aus (SCHMEIL 2019)

	Gruppenname	Zugehörige der Gruppe
1	Unternehmen	Dienstleistende; Eigentümer*innen
2	Wissenschaft	Universitäten, wissenschaftliche Einzelpersonen
3	Behörden	Bundes-/Landesbehörden aus der Land- und Forstwirtschaft

Die erste Gruppe sind Unternehmen. Hierzu gehören Dienstleistende und Flächeneigentümer:innen, die befragt wurden, um die gewünschten Forschungsdaten zu erhalten. Die zweite Gruppe ist die Wissenschaft, die möglicherweise schon mit der ersten Gruppe zusammengearbeitet hat. Ähnlich verhält es sich auch bei der Gruppe der Behörden. Potenzielle Flächenbesitzer:innen sollten hierbei ausfindig gemacht werden, um mehr Forschungsdaten zu erhalten oder andere zielführende Hinweise zur Datenakquisition zu bekommen.

7.3 Ergebnisse

Kommen wir nun zu den Ergebnissen. Wird die Zahl von 6.600 ha KUP im Jahr 2019 zugrunde gelegt, wurden 3.913 ha durch diese Arbeit erfasst, was 59 % der Gesamtfläche aller KUP in Deutschland entspricht. In den 3.913 ha KUP sind 19 ha AFS und 45 ha Pappelmutterquartiere enthalten.

7.3.1 Datenauswertung

Die Abbildung 2 zeigt die gesamte Datengrundlage. In dieser Abbildung ist flächenbezogen zu sehen, wie viele Daten zu den einzelnen Parametern vorhanden sind. Anonymisiert sind zu 100 % die Daten den jeweiligen Unternehmen bzw. Flächenbesitzer:innen zuzuordnen, genauso wie die Flächengröße. Das Schlusslicht bildet die Abfrage zur Flächenbezeichnung, die bei 12 % innerhalb der Stichprobe liegt. Für die Auswertung wird nun auf die jeweiligen absoluten Zahlen zurückgegriffen pro Parameter, so dass sich jeweils für den einzelnen Parameter eine andere Grundgesamtheit ergibt. Bei jedem Parameter sind mindestens neun Datensätze eingegangen.

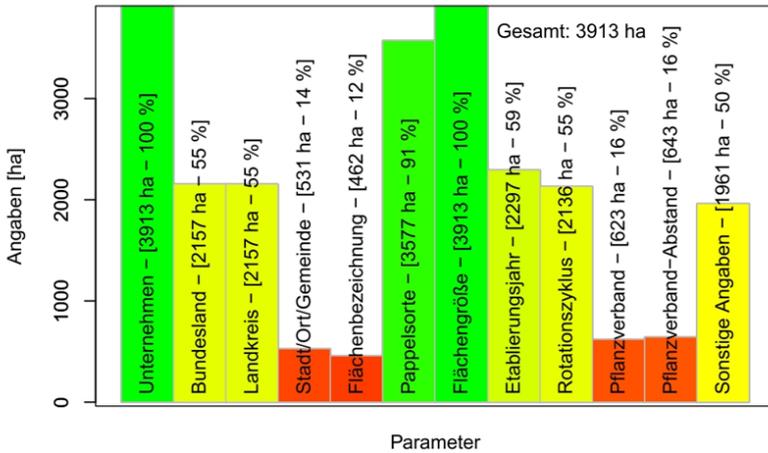


Abb. 2: Flächenbezogene Auswertung der Datengrundlage aus (SCHMEIL 2019)

7.3.2 Verteilung der KUP nach Bundesländern

Wird als erstes der Parameter „Bundesland“ ausgewertet, so ist von den 3.913 ha der Stichprobe, „keine Angabe“ bei 1.757 ha (44,9 %) getätigt worden. Insgesamt wurden Datensätze aus neun Bundesländern gesammelt. Der Spitzenreiter ist hierbei Brandenburg mit 1.729 ha (44,1 %). Die übrigen Datensätze kommen in der Reihenfolge absteigend aus Sachsen-Anhalt (2,9 %), Niedersachsen (2,4 %), Hessen (1,8 %), Mecklenburg-Vorpommern (1,6 %), Sachsen (1,1 %), Nordrhein-Westfalen (0,9 %), Thüringen (0,6 %) und Schleswig-Holstein (0,04 %). Für die anderen Bundesländer konnten keine Datensätze erhoben werden. Es ist jedoch durch Gespräche mit der Gruppe der Wissenschaft und Flächenbesitzer:innen davon auszugehen, dass auch in Bayern und Baden-Württemberg Flächen in unbekannter Größe zu finden sind.

7.3.3 Auswertung des Etablierungsjahres

In Abb. 3 ist für insgesamt 2.297 ha das Etablierungsjahr vorliegend. Die Abbildung zeigt, dass in jedem Jahr zwischen 0 - 507 ha KUP etabliert worden sind, die zwischen 2004 - 2019 angelegt wurden. Spannend bei dieser Stichprobe ist, dass von 2004 - 2007 maximal 23 ha KUP etabliert wurden. In 2008 kam es zu einem sprunghaften Anstieg um das 7-fache im Vergleich zum vorherigen Jahr, von 23 ha auf 165 ha. Konstant bleibt der Anbau bis

wieder ein Sprung im Jahr 2009 zu 2010 von 150 % folgt. Mit Schwankungen zwischen den Jahren 2010 - 2014 bleibt das Jahr 2015 der Spitzenreiter mit 13 % - Punkten, um dann im Jahr 2016 einen 9-fachen Abfall vorzuweisen. Die Schwankungen können in mehreren Faktoren begründet werden. Ab 2005 gab es zahlreiche Forschungsprojekte, die Informationen für die Flächenbesitzer:innen bereitgestellt haben. In 2010 wurde gesetzlich festgelegt, dass KUPs nicht mehr als Wald, sondern als landwirtschaftliche Fläche gelten (WIRKNER 2010). Möglich ist auch ein gesteigertes Interesse an KUPs nach dem Atomkraftunfall in Fukushima und damit einhergehenden Interesse an nachwachsenden Energiequellen. Im Jahr 2014 wurde das Erneuerbare-Energie-Gesetz novelliert, in dem eine eingeschränkte Förderung für KUPs festgelegt wurde (LANDGRAF 2017).

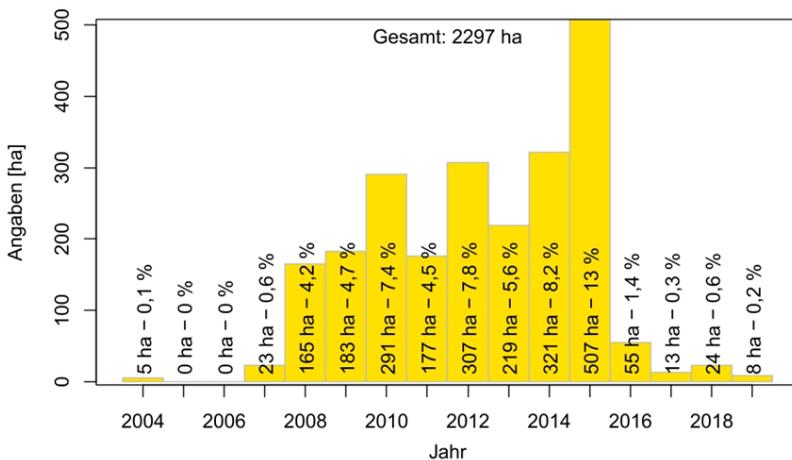


Abb. 3: Die erfassten Etablierungsjahre [ha] der Kurzumtriebsplantagen aus (SCHMEIL 2019)

7.3.4 Auswertung der Sortenverteilung

Die Ergebnisse der Bachelorarbeit geben nicht nur einen Aufschluss über das Etablierungsjahr, sondern auch über die Sortenverteilung, wie die Tab. 3 zeigt. Angaben zur Pappelsorte wurden insgesamt für 3.675 ha getätigt. Die unbereinigte Tabelle zeigt 41 Sorten, die von 2004 - 2019 etabliert wurden. Es wird jedoch deutlich, dass beispielsweise die Sorte Max 1-4 zum Teil einzeln aufgeführt ist oder Max-Mix angegeben wird. Üblicherweise wird diese Sorte als Max 1-4 angegeben, wie auch bei der Sorte Matrix und

Fastwood. Werden diese Sorten zusammengefasst, werden insgesamt 35 Sorten derzeit angebaut.

Tab. 3: Flächenanteil nach Hybridsorte, aus (SCHMEIL 2019)

Sorte		Fläche		Sorte		Fläche	
		[ha]	[%]			[ha]	[%]
1	Max 3	830,783	23,230	22	Fastwood 2	4,571	0,128
2	Max 4	761,979	21,306	23	Hybride Nigra	4,100	0,115
3	Max 1	757,319	21,176	24	I 214	3,081	0,086
4	Hybrid 275	379,107	10,600	25	Skado	3,017	0,084
5	Matrix 49	191,092	5,343	26	Fastwood 1	2,541	0,071
6	Matrix 11	135,785	3,797	27	Dender	2,370	0,066
7	Matrix 24	115,572	3,232	28	Marke	1,980	0,055
8	Muhle Larsen	85,816	2,400	29	Trichobel	1,950	0,055
9	Androscoggin	81,113	2,268	30	Vesten	1,425	0,040
10	Max-Mix	46,058	1,288	31	AF 6	1,139	0,032
11	AF 2	34,545	0,966	32	Kornik	1,069	0,030
12	Max 2	25,806	0,722	33	Oudenberg	0,742	0,021
13	Fritzi Pauley	22,049	0,617	34	AF 8	0,670	0,019
14	Monviso	18,440	0,516	35	Jacometti 78 B	0,565	0,016
15	Matrix	12,529	0,350	36	Fastwood	0,524	0,015
16	Aspen	10,000	0,280	37	Robusta	0,273	0,008
17	Koltay	9,080	0,254	38	Weser 4	0,273	0,008
18	AF 17	7,940	0,222	39	AF 18	0,177	0,005
19	Pannonia	7,709	0,216	40	Remus	0,171	0,005
20	Kopecky	7,699	0,215	41	Bellebeek	0,130	0,004
21	Bakan	5,177	0,145				
Gesamt						3576,366	100,000

Die Abb. 4 zeigt die Sortenanteile an der Stichprobe des gleichnamigen Parameters. Hierbei sind alle Sorten unter 50 ha zu „Sonstige“ zusammengefasst und stellt in einem Tortendiagramm die Tabelle 3 grafisch dar. Die Stichprobe umfasst 3.576 ha. Es wird deutlich, dass Max-Mix mit rund 68 % die am meisten angebaute Pappelsorte derzeit ist. Interessant an dieser Grafik ist, dass nur vier weitere Sorten mit über 50 ha angebaut werden. Möglicherweise liegt dies darin begründet, dass die anderen 30 Sorten zu wenig bekannt im Ertrag sind und sie deshalb zu risikobehaftet für den kommerziellen Anbau sind. Zudem sind die Sorten AF, Kornik, Oudenberg, Weser 4 und Monviso nicht im Pappelregister des Bundesministeriums für Ländliche Entwicklung zugelassen (Stand 12.2022).

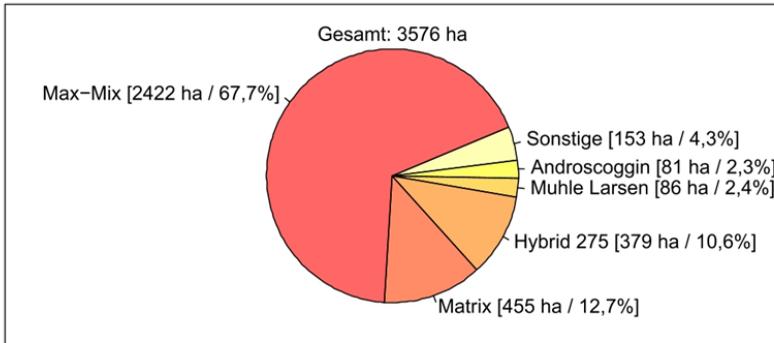


Abb. 4: Die grafische Sortenverteilung aller Pappelsorten, wobei alle Sorten, die unter 50 ha liegen in Sonstige zusammengefasst sind. aus (SCHMEIL 2019)

Die Sorte Max umfasst insgesamt 2.422 ha. Die Datenlage gibt Aufschluss darüber, ob die Sorte Max 1, 2, 3, 4 jeweils einzeln angebaut wurde oder mehrere dieser Sorten als Max-Mix gemeinsam etabliert wurden. Der Spitzenreiter ist Max 3 mit 831 ha, gefolgt von Max 4 mit 762 ha, Max 1 mit 752 ha und dem Schlusslicht Max 2 mit 26 ha. Max-Mix wurde auf 46 ha innerhalb der Stichprobe etabliert.

Die Abbildung 5 zeigt die mittlere Sortenzahlen bei unterschiedlichen Flächengrößen. Insgesamt wurden hierfür 896 ha ausgewertet. Durchschnittlich werden 1,79 Sorten angebaut und die häufigste Kombination besteht aus Max 1-4. Auf den Flächen werden 1-7 unterschiedliche Sorten angebaut. Je kleiner die Fläche ist, desto geringer ist die Sortenanzahl der Fläche, die bei durchschnittlich 1,3 Sorten pro ha liegt.

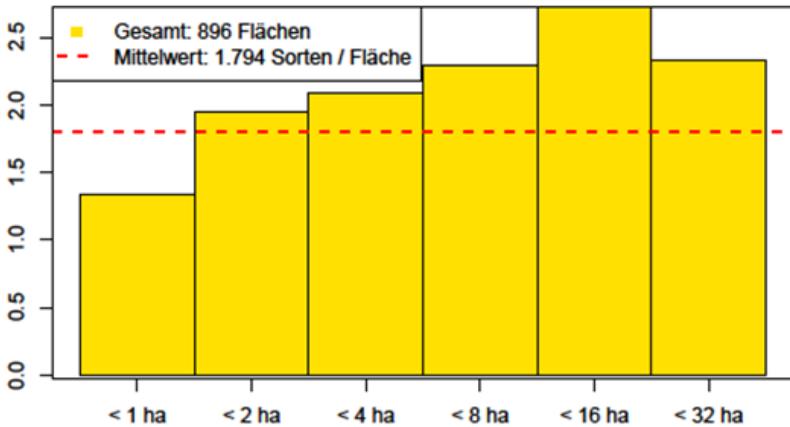


Abb. 5: Mittlere Sortenzahlen bei unterschiedlichen Flächengrößen. Die x-Achse gibt hierbei jeweils die Obergrenze des zugehörigen Intervalls an aus (SCHMEIL 2019)

7.3.5 Auswertung des Etablierungsjahres

Die Abb. 6 zeigt die grafische Auswertung des geplanten, flächenbezogenen Rotationszykluses. Die Stichprobe umfasst 2.136 ha. Mit rund 1.253 ha (57 %) wird in diesem Datensatz am häufigsten die Midirotation gewählt. Der Anteil der Minirotation liegt bei rund 830 ha (38 %) wobei hingegen der Anteil der Maxirotation bei unter 1 % liegt. Der sehr kurze Umtrieb umfasst ausschließlich die Flächen mit Pappelmutterquartieren (2 %). Wird die Kommentarspalte ebenfalls miteinbezogen wird deutlich, dass bei einem Agroforstsystem auch mehrere Pflanzen in unterschiedlichem Rotationszyklen geerntet werden, so dass diese Daten nicht klar einem kurzen oder mittlerem Rotationszyklus zugeordnet werden können und ihre eigene Kategorie in diesem Säulendiagramm bilden, wie es die Abbildung 6 zeigt. Die Kommentare zeigen auch, dass bei 1,15 ha ursprünglich eine Minirotation (3-5 Jahre) geplant und nicht eingehalten, sondern erhöht wurde auf einen mittleren Rotationszyklus von 7-8 Jahren. Da nach dem geplanten Rotationszyklus gefragt wurde, gingen diese Angaben in die Berechnung des kurzen Umtriebes mit ein. Bei weiteren 5,1 ha, ist die ursprünglich geplante Rotationszeit von 4 auf 8 Jahre erhöht worden.

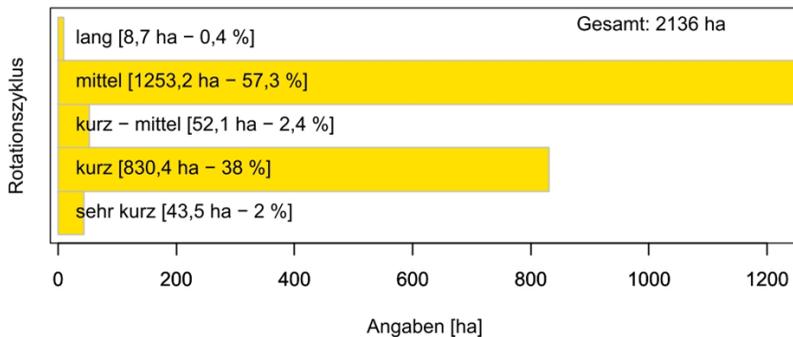


Abb. 6: Grafische Auswertung des geplanten, flächenbezogenen Rotationszykluses, sehr kurz: < 3 Jahre, kurz: 3 - 5 Jahre, mittel: 6 - 10 Jahre und lang > 10 Jahre, aus (SCHMEIL 2019)

7.3.6 Auswertung der Pflanzverbandabstände

Die Tabelle 4 zeigt die heterogenen Pflanzverbandsabstände. Ausgewertet wurde dies für rund 643 ha, was insgesamt 16 % der erfassten Daten entspricht. Angelegt wurden insgesamt 27 verschiedene Pflanzverbände. Die Reihenabstände variieren zwischen 0,8 - 3 m und die Pflanzenabstände zwischen 0,25 - 1 m. Der häufigste Pflanzverbands-Abstand ist 2,4 m in der Reihe und 0,4 m zwischen den Pflanzen. Es liegt nahe das letzteres der Normabstand ist, bei einer maschinellen Pflanzung. Sehr enge Pflanzverbandsabstände und die Berücksichtigung der Kommentarspalte lassen darauf hinweisen, dass es sich um durchgewachsene Pappelmutterquartiere handelt.

Tab. 4: Fläche pro Pflanzverband aus (SCHMEIL 2019)

	Pflanzverband		Fläche			Pflanzverband		Fläche	
	[m]	[m]	[ha]	[%]		[m]	[m]	[ha]	[%]
1	2,4 x 0,4		304,73	47,39	15	2,5 x 0,4		3,00	0,47
2	2/ 0,45 x 0,5		129,62	20,16	16	2,5 x 0,6		3,00	0,47
3	2 x 0,5		36,15	5,62	17	3 x 0,8		2,80	0,44
4	3 x 1,5		25,28	3,93	18	2,4 x 1,33		2,30	0,36
5	2 x 1		24,24	3,77	19	0,4		1,82	0,28
6	2,1 x 0,4		15,06	2,34	20	2,5 x 1		1,80	0,28
7	2,1 x 0,95		14,26	2,22	21	1 x 0,5		1,62	0,25
8	1,5/ 0,25 x 0,75		13,36	2,08	22	1,9 x 0,4		1,60	0,25
9	0,8		13,35	2,08	23	1 x 1		1,52	0,24
10	1,8		12,10	1,88	24	2,5 x 0,8		1,10	0,17
11	2 x 0,25		10,41	1,62	25	2 x 0,6		1,00	0,16
12	2 x 0,4		8,12	1,26	26	2,5 x 0,5		1,00	0,16
13	1,5 x 0,5		7,70	1,20	27	2 x 0,75		0,96	0,15
14	1,2/ 0,4 x 0,75		5,08	0,79					
Gesamt								642,98	100

Für rund 467 ha wurde die Pflanzenanzahl pro ha ausgewertet über alle Rotationszyklen hinweg, da diese sehr heterogen sind. Es ist logisch, dass mit steigendem Rotationszyklus, beispielsweise in der Maxirotation, die Pflanzen pro Hektar geringer sind als bei einem durchgewachsenen Pappelmutterquartier. Die Regressionskurve zeigt, dass die Pflanzenzahlen pro Hektar mit 20.000 Pflanzen pro ha beginnt und mit längerem Rotationszyklus auf 2.222 sinkt.

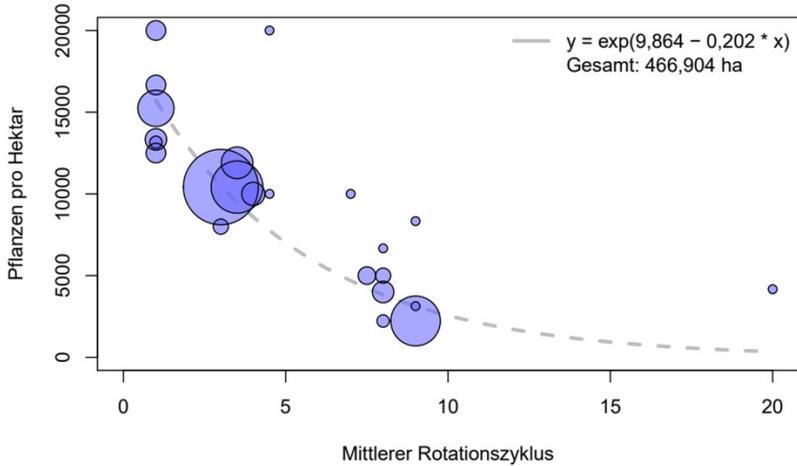


Abb. 7: Pflanzenzahlen pro Hektar über der mittleren angegebenen Spannweite des Rotationszyklus. Die Fläche der Punkte verhält sich proportional zur Anzahl der jeweiligen Wertepaare (n_i) in der Stichprobe ($1 \leq n_i \leq 32$) aus (SCHMEIL 2019)

7.3.7 Auswertung der Flächengröße

Bei der Datenbasis für dieses Säulendiagramm, der Abb. 8, liegen für 2.303 ha eine genaue Flächengröße vor. Zu sehen ist die exponentielle Klasseinteilung der Flächengröße nach Anzahl der Flächen. Die Flächengrößen verteilen sich auf insgesamt 896 Flächen. Blau visualisiert die Flächengesamtzahl und gelb die Summe der Gesamtgröße aller Flächen, die in ihren jeweiligen Bereichen liegen. Mit dieser Grafik wird deutlich, dass knapp 350 Flächen unter einem ha groß sind und bilden die größte Menge der Flächen. Die kleinste Fläche ist 0,024 ha groß und nur acht Flächen sind zwischen 16 - 32 ha. Die durchschnittliche Flächengröße beträgt im Mittel rund 2,66 ha. Dies zeigt, dass KUP in der Regel nicht dem Haupterwerb in der Landwirtschaft dienen.

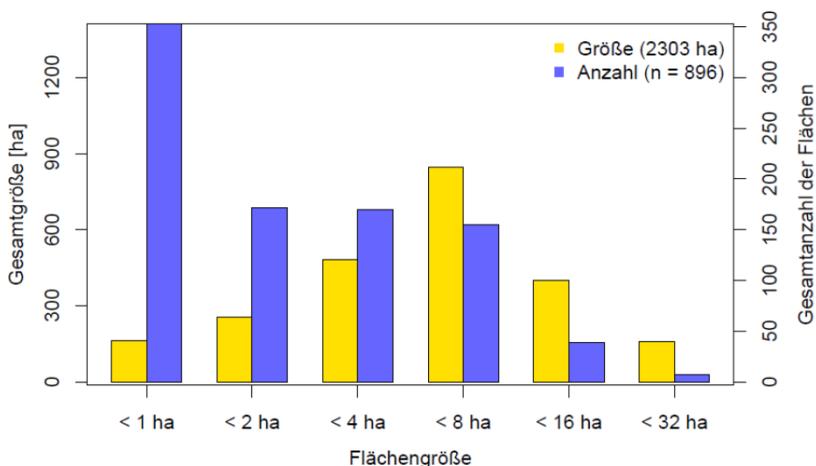


Abb. 8: Die exponentielle Klasseneinteilung der Flächengröße nach Anzahl der Flächen aus (SCHMEIL 2019)

7.4 Fazit

Fassen wir nun ein Resümee. Die Stichprobe umfasst insgesamt 3.913 ha KUP und AFS. Wird davon ausgegangen, dass 6.600 ha (FNR 2019) KUPs im Jahr 2019 vorhanden sind, so wurden 59 % aller KUPs in Deutschland erfasst. Die Daten der Stichprobe stammen zudem flächendeckend aus Brandenburg und anderen Bundesländern und es gibt keine explizite Auswertung von den Bundesländern Bayern, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz. Wird die Sortenverteilung betrachtet, so wurden insgesamt 35 Sorten angebaut. 95 % der Flächen bestehen aus den neun Sorten: Max, Matrix, Hybride 275, Muhle Larssen und Androscoggin. Die Sorten AF, Kornik, Oudenberg, Weser 4 und Monviso sind nicht im Pappelregister des Bundesministeriums für Ländliche Entwicklung zugelassen (Stand 12.2022). Die Sorte Max (Max 1, 3 und 4) nimmt mit 67,7 % der erfassten Flächen den größten Flächenanteil ein. Die erfassten Flächen wurden zwischen 2004 - 2019 etabliert und der Schwerpunkt liegt in den Jahren 2010 - 2015. Begründet liegt der starke Rückgang auf die Veränderung der politischen Rahmenbedingungen. Die erfassten KUP wurden hauptsächlich in den Rotationsvarianten Mini- und Midi-Rotation angebaut und Pappeln werden überwiegend auf Flächen mit einer Größe von unter 8 ha etabliert. Daraus folgt, dass der Anbau von KUPs nicht dem Haupterwerb dient.

Ein wichtiges Fazit ist, dass die Daten viel Forschungspotenzial enthalten. Naturschutzaspekte auf Ackerlandflächen, Effizienz im Pappelanbau für die energetische und stoffliche Verwertung, Sortendiversität, die Auswirkungen auf die Schadanfälligkeit und gesteigerte Leistungen einzelner Sorten sind nur ein paar mögliche Forschungsaspekte.

Daher möchte ich mich verabschieden mit den Worten: Lasst uns in die Welt der KUP-Forschung tiefer eintauchen, um praxistaugliche Ergebnisse zu liefern. Danke!

Quellen

FNR. (2019). Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe: Anbau und Verwendung nachwachsender Rohstoffe in Deutschland. von <https://www.fnr.de/ftp/pdf/berichte/22004416.pdf>, abgerufen am 25.07.2019

LANDGRAF, D. (2017). 1. Erfurter Tagung, Schnellwachsende Baumarten-Etablierung, Management und Verwertung. (Fachhochschule Erfurt, Hrsg.) 1. Erfurter Tagung

LANDGRAF, D., & SETZER, F. (2012). Kurzumtriebsplantagen: Holz vom Acker - So geht's. (DLG-Verlag, Hrsg.) Frankfurt am Main.

SCHMEIL, L. (2019). Die Sortenverteilung der Pappel auf etablierten Kurzumtriebsplantagen und Agroforstsystemen in Deutschland. Erfurt.

WIRKNER, R. (2010). Energieholzproduktion im Kurzumtrieb-Chancen und Probleme bei ihrer Umsetzung. Eine Analyse unter Einbeziehung von Experteninterviews. (Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Hrsg.) Cottbus, Diss.

8 Umweltwirkungen des Anbaus von schnellwachsenden Baumarten in Agroforstsystemen

Christian Böhm ^{1, 2}

¹ Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg,
Konrad-Wachsmann-Allee 6, 03046 Cottbus, Deutschland

² Deutscher Fachverband für Agroforstwirtschaft (DeFAF) e.V., Karl-Liebknecht-Str. 102, 03046 Cottbus, Deutschland

Abstract. Der Anbau schnellwachsender Baumarten im Rahmen von Agroforstsystemen ist mit zahlreichen Umweltwirkungen, die in der Mehrheit positiv zu werten sind, verbunden. Besonders effizient ist der auf die Gehölzstreifen zurückzuführende Schutz vor Bodenerosion durch Wind und Wasser. Neben der Vermeidung von Schäden auf der Fläche können Agroforstsysteme auch dazu beitragen, Schäden und mit deren Beseitigung verbundene Kosten erheblich zu reduzieren. Weiterhin stellt der Anbau von Gehölzstreifen an Gewässerrändern eine gute Möglichkeit dar, den Stoffeintrag in Oberflächengewässer zu verringern. Bezüglich der Effekte auf die Biodiversität gibt es je nach Standort und betrachteter Arten unterschiedliche Wertungen. In der Mehrzahl der Fälle ist jedoch von einer vorteilhaften Wirkung auszugehen, insbesondere, wenn naturschutzrelevante Maßnahmen wie z.B. gehölzbegleitende Blühstreifen umgesetzt werden. Die Bereitstellung von Ökosystemleistungen durch Agroforstsysteme hat für die Gesellschaft einen hohen ökologischen und ökonomischen Wert, der sich in der Agrarförderung jedoch aktuell nur unzureichend widerspiegelt. Dies zeigt beispielsweise die Honorierung der Klimaschutzleistung von Agroforstsystemen im Vergleich zu anderen geförderten Maßnahmen.

Keywords: Agroforstwirtschaft, Biodiversität, Bodenschutz, Gewässerschutz, Ökosystemleistung, Umweltwirkungen

8.1 Einleitung

Der Anbau von Bäumen auf landwirtschaftlich genutzten Standorten hat Einfluss auf abiotische und biotische Umweltfaktoren. Werden die Bäume in Form von Gehölzstreifen gepflanzt, so erstreckt sich deren Einfluss auch auf die dazwischen befindlichen Ackerfrucht- oder Grünlandbereiche. Diese Form des gemeinschaftlichen Anbaus von Gehölzen und landwirtschaftlichen Kulturen wird als Agroforstwirtschaft bezeichnet. Hierbei stellt die streifenförmig wechselnde Anordnung von Gehölz- und Ackerfruchtflächen eine in Mitteleuropa gängige Form der modernen agroforstlichen Nutzung dar, die allgemein auch als Alley-Cropping oder Feldgassen-Agroforst bekannt ist.

Durch die Gehölze werden die Schutzgüter Klima, Boden, Wasser, Biologische Vielfalt und Landschaft beeinflusst. Verglichen mit einer strukturarmen Agrarlandschaft ist diese Wirkung sehr häufig als positiv zu werten. Im Folgenden werden Effekte auf ausgewählte Schutzgüter vorgestellt und bewertet. Hierbei wird der Fokus auf Gehölzstrukturen mit schnellwachsenden Baumarten gelegt, die oft im Kurzumtrieb bewirtschaftet werden und dann vergleichsweise dicht bewachsene Gehölzflächen ausbilden.

8.2 Einfluss auf den Bodenabtrag durch Wind und Wasser

Bodenerosion stellt nach wie vor eine der Hauptursachen für die Degradation der Böden dar. Hinzu kommt, dass auch die Schäden außerhalb der landwirtschaftlichen Flächen teilweise beträchtlich sein können und mit hohen Kosten für Kommunen und Privatpersonen verbunden sind. Maßnahmen, die zur Reduzierung von Bodenabtrag führen, tragen daher nicht nur zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit bei, sondern sind auch wirtschaftlich von großer Relevanz. Die Agroforstwirtschaft stellt diesbezüglich eine äußerst vielversprechende Bewirtschaftungsmethode dar. Im Folgenden wird dies anhand von konkreten Beispielen verdeutlicht.

8.2.1 Reduzierung der Windgeschwindigkeit

Durch die Anlage von Gehölzstreifen wird die Windgeschwindigkeit erheblich reduziert. Besonders effizient sind Agroforstsysteme, deren Gehölzstreifen quer zur Hauptwindrichtung verlaufen. In Mitteleuropa ist eine Nord-Süd-Ausrichtung der Streifen daher empfehlenswert. Da im Kurzumtrieb bewirtschaftete Gehölzstreifen sehr dicht werden, sind sie als Windschutz sehr gut geeignet. Dies gilt selbst für niedrige Gehölzstreifen mit Höhen von 3 bis 5 m, sofern die Abstände zwischen den Streifen geringer als 100 m betragen.

Je enger die Gehölzstreifen zusammenstehen, desto effektiver ist die Windschutzwirkung.

Auf einer im Kurzumtrieb bewirtschafteten Fläche in Südbrandenburg wurde festgestellt, dass höhere Windgeschwindigkeiten relativ stärker reduziert werden (Abb. 1). Dieser Effekt, der auch während der Wintermonate zu beobachten war, ist für die Erosionsvermeidung von großem Vorteil, da erosionsrelevante Windereignisse besonders stark gemindert werden. In dem genannten Beispiel konnten Windgeschwindigkeiten von $> 4 \text{ m s}^{-1}$ bei einem Gehölzstreifenabstand von knapp 50 m im Jahresverlauf im Vergleich zur Freifläche um über 60 % reduziert werden (Abb. 1).

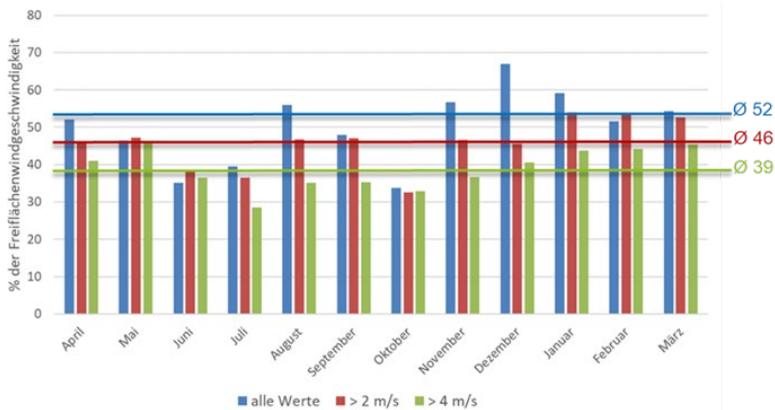


Abb. 1: Mittlere Reduktion der Windgeschwindigkeit auf einem 48 m breiten Ackerfruchtstreifen in Bezug zur Freifläche (Referenz) in Abhängigkeit des Monats (BÖHM ET AL. 2020a)

8.2.2 Reduzierung des Oberflächenabflusses

Auch die Erosion durch Wasser kann mittels Agroforstwirtschaft effektiv gemindert werden. Bei quer zur Hangneigung angelegten Gehölzstreifen wird der Oberflächenabfluss aufgrund der verkürzten Hanglänge deutlich reduziert. Auch hier gilt, dass die Wirkung mit abnehmendem Abstand der Gehölzstreifen zunimmt.

Eine Modellierung von KONTREMBÄ ET AL. (2016) zeigte, dass sich bei Anlage von Gehölzstreifen im Höhenlinienabstand von 15 m (in diesem Beispiel entsprach dies einer Entfernung von 100 m) der Flächenanteil besonders erosionswirksamer Abflussbahnen von 14,3 auf 1,6 % verringerte, bei einem Höhenlinienabstand von 5 m sogar auf 0,5 %. Bei Annahme von 5 m breiten

Gehölzstreifen, die im Abstand von 100 m angeordnet sind, wären für einen solch effektiven Erosionsschutz folglich lediglich ein Gehölzstreifen je Hektar bzw. 5 ha Gehölzstreifen je 100 ha landwirtschaftliche Nutzfläche erforderlich.

8.2.3 Kosten für Onsite- und Offsite-Schäden durch Bodenerosion

Die auf Bodenerosion zurückzuführenden Kosten können beträchtlich sein. Hierbei wird allgemein zwischen Onsite- und Offsite-Schäden differenziert. Während Erstere vor allem mit Ertragseinbußen und langfristig mit einer Verringerung der Bodenfruchtbarkeit verbunden sind, betreffen Letztere insbesondere auch Flächen und Personen außerhalb der Landwirtschaft, so z.B., wenn Straßen und Häuser von Sedimenten zu säubern und Trinkwasseranlagen zu reinigen sind oder auch der Straßenverkehr gefährdet wird.

In einer Studie von PATAULT ET AL. (2021) wurden beispielhaft für das nordfranzösische Department Seine Maritime (knapp 6.300 km²) die durch Wassererosion bedingten Kosten von Offsite-Schäden zusammengetragen. Demnach beliefen sich diese innerhalb von 25 Jahren auf 155 bis 190 Mio. €. Enthalten sind hier u.a. Kosten für Baggerarbeiten bei Überschwemmungen von Straßen, Reinigungskosten in Wasseraufbereitungsanlagen und über Versicherungen regulierte Schäden. Bei Addition der Kosten für die Installation und Wartung verschiedener Erosionsschutzmaßnahmen ergaben sich für diesen Zeitraum Gesamtkosten in Höhe von 494 bis 604 Mio. €, wobei die Anlage und Pflege von Hecken gerade einmal 1,7 % der Investitions- und Wartungskosten ausmachte. Hinzu kommt der Produktionsverlust durch Onsite-Schäden, die PANAGOS ET AL. (2018) EU-weit mit Bezug auf besonders erosionsanfällige Flächen (= 12 Mio. ha) auf jährlich 1,25 Milliarden Euro schätzten. Stellt man diesen Werten mittlere Etablierungskosten von Agroforstgehölzstreifen aus schnellwachsenden Baumarten in Höhe von 5.000 € ha⁻¹ Gehölzfläche gegenüber, so wird schnell ersichtlich, dass die Investition in Agroforstsysteme als Schutzmaßnahme gegen Erosion eine für die Gesellschaft wirtschaftlich sehr attraktive Maßnahme darstellen kann.

8.3 Einfluss auf den Stoffeintrag in Oberflächengewässer

Entlang von Gräben, Fließen oder anderen Oberflächengewässern können Gehölzstreifen mit schnellwachsenden Baumarten effektiv zur Minderung des Stoffaustrages aus landwirtschaftlich genutzten Flächen beitragen. Die Gehölzstreifen wirken dabei als Pufferzone, in der keine Düngung stattfindet und in der die tiefreichenden Wurzeln der Bäume einer Verlagerung von Nährstoffen in das oberflächennahe Grundwasser entgegenwirken.

Auf einem Ackerschlag in Südbrandenburg konnten die Effekte anhand von regelmäßig entnommenen Proben des oberflächennahen Grundwassers verdeutlicht werden. Der ebene Ackerschlag grenzt an einem dauerhaft wasserführenden Fließ, an dessen Randbereich teilweise ein gewässerbegleitender Gehölzstreifen angelegt wurde. Verglichen wurden über einen Zeitraum von ca. zwei Jahren die Nitrat-Stickstoff-Konzentrationen im oberflächennahen Grundwasser der Ackermitte und des an den Fließ angrenzenden Ackerrandes mit und ohne Baumbewuchs (Abb. 2). Die Ergebnisse zeigen, dass die Nitrat-Stickstoff-Konzentration im Bereich der konventionell bewirtschafteten Ackermitte mit durchschnittlich 19 mg/l deutlich höher als am Ackerrand war, wo unter Pappel mit im Mittel 1 mg/l nochmal eine deutlich geringere Konzentration als am ackerbaulich genutzten Ackerrand ohne Bäume (13 mg/l) gemessen wurde (Abb. 2). Diese Studie zeigt, dass Gewässerrandstreifen mit Gehölzen nicht nur am Hangfußbereich durch eine Verringerung des Oberflächenabflusses zu geringeren Stoffausträgen aus der bewirtschafteten Fläche führen können, sondern sich auch positiv auf die Qualität des oberflächennahen Grundwassers auswirken, dass in der Regel in Verbindung mit dem angrenzenden Fließgewässer steht. Letzteres ist daher vor allem auch bezüglich des Stoffeintrages auf ebenen Flächen von großer Relevanz.

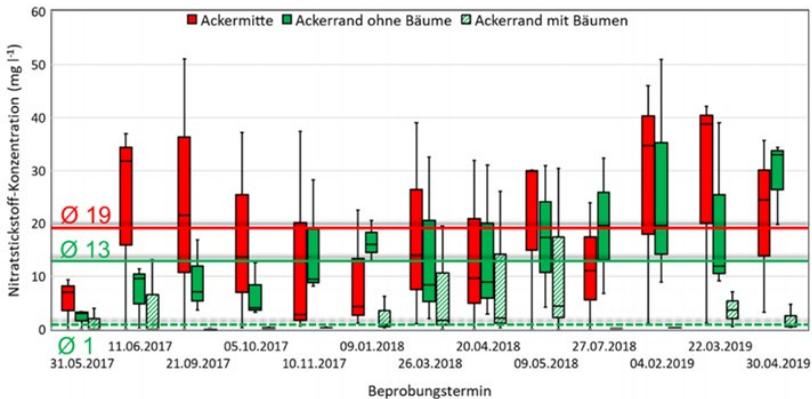


Abb. 2: Mittlere Konzentration an Nitrat-Stickstoff im oberflächennahen Grundwasser an unterschiedlichen Positionen eines Ackerschlages mit Gewässerrandstreifen (BÖHM ET AL. 2020b)

8.4 Einfluss auf ausgewählte Parameter des Mikroklimas

Durch die Gehölzstreifen erhöht sich die Strukturvielfalt auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Die Gehölzstrukturen bewirken auch kleinräumige Unterschiede des Mikroklimas. So entstehen neben voll besonnten Bereichen auch stärker beschattete Zonen. Darüber hinaus bewirken die Bäume durch die Reduzierung der Windgeschwindigkeit und ihre kühlende Wirkung eine Verringerung der potentiellen Verdunstung im Bereich der Ackerkulturfäche. Dies führt wiederum dazu, dass mehr Wasser auf den Flächen zurückgehalten wird und damit den Nutzpflanzen verfügbar bleibt.

Untersuchungen des bodennahen Mikroklimas in einem brandenburgischen Agroforstsystem zeigten, dass im Mai des betrachteten Jahres die Lufttemperatur im Ackerfruchtbereich des Agroforstsystems im Mittel niedriger und die relative Luftfeuchte höher war als auf der benachbarten Referenzackerfläche ohne Gehölze. Diese Tendenz zeigte sich auch im Hochsommer, wobei sich die schattigen Zonen im Bereich der Gehölzstreifen noch stärker abhoben (Abb. 3). Somit verdeutlichen die Daten beispielhaft den innerhalb des Agroforstsystems vorhandenen Kühlungseffekt, der als ein Faktor für eine erhöhte Klimaresilienz des agroforstlich genutzten Standortes betrachtet werden kann.

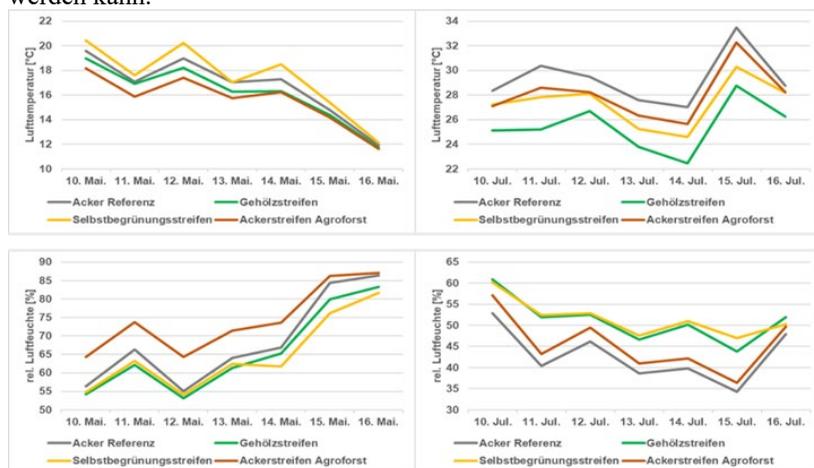


Abb. 3: Bodennahe Lufttemperatur (oben) und relative Luftfeuchte (unten) in Abhängigkeit der Lage im Agroforstsystem sowie auf einer benachbarten Referenzfläche während zwei verschiedener Zeiträume (Mitte Mai und Mitte Juli 2023) am Standort Neu Sacro, Brandenburg (n = 3); die Daten wurden im Forschungsprojekt SEBAS erhoben, das durch das BMUV sowie dem NaturSchutzFonds Brandenburg im Rahmen des Bundesprogramms Biologische Vielfalt gefördert wird.

8.5 Einfluss auf die Biodiversität

Die unterschiedlichen Mikroklimazonen haben auch Auswirkungen auf die Biologische Vielfalt. So sind sie Kennzeichen einer für Agroforstsysteme charakteristischen hohen Habitatvielfalt, die sich in einer potentiell höheren Artenvielfalt widerspiegelt.

8.5.1 Überblick

Der Einfluss von agroforstlich genutzten Gehölzstrukturen auf die biologische Vielfalt kann mit Blick auf die verschiedenen Artengruppen sehr unterschiedlich sein. KLETTY ET AL. (2023) analysierten insgesamt 45 Studien zu silvoarablen Agroforstsystemen in den gemäßigten Breiten bezüglich deren Einfluss auf die Biologische Vielfalt und hiermit verbundener Ökosystemleistungen. Ihre Auswertung zeigt, dass der Einfluss auf die Bodenorganismen fast immer positiv gewertet wurde. Auch bezüglich des Vorhandenseins von Prädatoren im Kontext einer natürlichen Schädlingsbekämpfung zeichneten sich überwiegend Vorteilswirkungen ab. Ausschließlich positive Befunde gab es mit Blick auf die Erhaltung der Artenvielfalt sowie bezüglich der Förderung von Bestäubern. Hinsichtlich des Vorhandenseins von Schädlingen und Unkräutern waren die Ergebnisse der Studien ausgewogen. So wurden positive und negative Wirkungen gleichermaßen beschrieben.

Insgesamt leisten Agroforstsysteme einen wichtigen Beitrag für die Biodiversität in der Agrarlandschaft. So stellen die extensiv bewirtschafteten Gehölzstreifen inklusive ihrer Säume wertvolle Nahrungs-, Rückzugs- und Entwicklungsräume für viele Tier- und Pflanzenarten dar. Ein großer Vorteil ist hierbei u.a. auch die Dauerhaftigkeit der Strukturen. Bei entsprechender Anordnung in der Landschaft können agroforstlich genutzte Gehölzstrukturen auch zum Aufbau eines effektiven Biotopverbundsystems beitragen.

8.5.2 Möglichkeiten der naturschutzfachlichen Aufwertung

Agroforstsysteme sind Produktionssysteme. Somit werden auch die Gehölze bewirtschaftet und unterliegen einer Nutzung. Dies unterscheidet Agroforstgehölze von Hecken und Feldgehölzen, die als Landschaftselemente definiert sind und weder genutzt noch beseitigt werden dürfen. Im Kurzumtrieb bewirtschaftete Agroforstgehölzflächen weisen viele Merkmale auf, die auch für geschlossene Strauch-Baumheckenstrukturen typisch sind. So findet in beiden Gehölzstrukturen keine Bodenbearbeitung statt. Zudem tragen sie wesentlich zur Strukturvielfalt in Agrarlandschaften bei und es entstehen durch die streifenförmigen Strukturen zahlreiche Ökotope, die allgemein von ho-

hem ökologischem Wert sind. In naturnahen Hecken herrscht häufig eine höhere Gehölzartenvielfalt mit einem hohen Anteil heimischer Arten vor. Auch die innere Struktur einer Hecke ist oft diverser als jene eines Agroforstgehölzstreifens aus schnellwachsenden Baumarten. In dieser Hinsicht wird naturnahen Hecken ein höherer ökologischer Wert zugesprochen.

Um Agroforstgehölzstreifen naturschutzfachlich aufzuwerten, können z.B. gehölzbegleitende Blüh- oder Brachestreifen angelegt oder am Rand Blühstrauchreihen gepflanzt werden. Ersteres ist agrarrechtlich allerdings aktuell nicht umsetzbar. Eine Steigerung des Wertes von Agroforstgehölzstreifen für den Artenschutz ist auch durch die Integration von möglichst vielen Gehölzarten und einem hohen Anteil heimischer Arten möglich. Weiterhin ist die Schaffung einer hohen Strukturvielfalt innerhalb der Gehölzstrukturen vorteilhaft. So können beispielsweise bewusst Bestandeslücken geschaffen oder einzelne Randbäume mit langer Standdauer gepflanzt werden. Eine ökologische Aufwertung kann auch durch den Verzicht von Pestiziden im Etablierungsjahr und eine gestaffelte Baumernte innerhalb eines Agroforstsystems oder sogar innerhalb eines Agroforstgehölzstreifens erreicht werden. Nicht zuletzt tragen auch bewusst eingebrachte oder belassene Elemente wie Steinhäufen oder Totholz sowie das Anbringen von Nisthilfen und Greifvogelstangen zur Artenvielfalt bei. Bei allen diesen Maßnahmen ist allerdings zu bedenken, dass deren Umsetzung für den Bewirtschafter mit erheblichen Mehrkosten verbunden sein kann, weshalb hieran gestellte Anforderungen mit einer monetären Honorierung dieses für die biologische Vielfalt bestehenden Mehrwertes verbunden sein sollte.

8.6 Identifizierung geeigneter Flächen für Agroforstsysteme

Um die ökologischen Vorteilswirkungen von Agroforstsystemen in einer Agrarlandschaft zu maximieren, ist es sinnvoll, für die Anlage solcher Systeme Ackerschläge zu priorisieren, bei denen die positiven Effekte besonders hoch oder negative Effekte ausgeschlossen werden. Hierfür ist es notwendig, die Wirkung der agroforstlichen Nutzung in Abhängigkeit von Standortfaktoren und verschiedenen Schutzgütern zu differenzieren. Auf diese Weise können auch mögliche Zielkonflikte, z.B. zwischen dem Schutz vor Bodenabtrag einerseits und der möglichen Zurückdrängung bestimmter an große Agrarflächen gebundener Vogelarten andererseits, vermieden werden.

Wie eine solch differenzierte Betrachtung der Flächenauswahl erfolgen kann, zeigt das Entscheidungswerkzeug META-AfS, welches exemplarisch für eine Kommune in Südbrandenburg entwickelt wurde (Böhm et al. 2020c). Dieses Werkzeug erlaubt sowohl für einzelne Flurstücke als auch für Ackererschläge multikriterielle Abfragen. So können die Flächen auf der Basis ihrer Standorteigenschaften hinsichtlich der Wirkung eines Agroforstsystems auf die Schutzgüter „Bodenschutz“, „Gewässerschutz“, „Grundwasserschutz“, „Habitatschutz“ und „Aufwertung des Landschaftsbildes“ bewertet werden. Hierbei werden den Flächen bezüglich der einzelnen Kriterien, anhand derer die Eignung für das jeweilige Schutzgut abgeleitet wird, die Kategorien „sehr geeignet“, „geeignet“ oder „ungeeignet“ zugeordnet. In Landwirtschaftsbetrieben oder in Kommunen können so Flächen für die Anlage von Agroforstsystemen ausgewählt werden, bei denen bestimmte Schutzgüter, auf die besonderer Wert gelegt wird, sehr stark profitieren bzw. möglichst nicht beeinträchtigt werden. Beeinträchtigungen können in bestimmten Fällen bezüglich der Habitateignung für Offenlandbrüter oder auch mit Blick auf bestimmte Kriterien des Landschaftsbildes auftreten.

8.7 Wertschätzung agroforstlicher Umweltwirkungen am Beispiel der Klimaschutzleistung

Agroforstsysteme stellen vielfältige Ökosystemleistungen bereit, die nicht nur einen ökologischen, sondern auch einen ökonomischen Wert haben. Nach einer Studie der Boston Consulting Group (KURTH ET AL. 2019) betragen in Deutschland die ökologischen externen Kosten der Landwirtschaft ca. 90 Mrd. €/Jahr. Die externen Kosten sind somit mehr als viermal so hoch wie die gesamte Bruttowertschöpfung des landwirtschaftlichen Sektors. Ein Großteil dieser Kosten, nämlich 50 Mrd. €/Jahr, werden dabei auf den Verlust von Ökosystemleistungen zurückgeführt. Diese Kosten werden durch die Gesellschaft getragen und in der Kostenrechnung der Landwirtschaftsbetriebe nicht berücksichtigt.

Folglich können Agroforstsysteme, indem sie z.B. effektiv zur Vermeidung von Erosionsschäden beitragen, direkt zu einer Senkung der externen Kosten in der Landwirtschaft führen und so die Gesellschaft finanziell entlasten. Damit die Agroforstwirtschaft in der landwirtschaftlichen Praxis verstärkt umgesetzt wird und agroforstliche Ökosystemleistungen in großem Umfang zum Tragen kommen, wäre es zielführend, die Etablierung solcher Systeme durch die Gesellschaft, also z.B. im Rahmen der Agrarförderung, finanziell zu unterstützen. Gerade die anfänglich anfallenden Investitionskosten stellen für viele Landwirte ein großes Umsetzungshemmnis dar, das hierdurch

deutlich abgeschwächt werden könnte. Das durch die Gesellschaft so investierte Geld wäre in der Regel nur ein geringer Teil der vielerorts anfallenden externen Kosten (vgl. auch Kapitel 2.3).

Das große Potential der Agroforstsysteme ist zwar allgemein bekannt, in der gegenwärtigen Agrarförderpolitik jedoch nur gering wertgeschätzt. So wird aktuell (November 2023) nur in zwei Bundesländern eine Investitionsförderung für Agroforstsysteme angeboten. Auch für die Bewirtschaftung bzw. Beibehaltung der agroforstlichen Nutzung (Fördermaßnahme Öko-Regelung Nr. 3) fällt der Förderbetrag mit jährlich 60 € ha⁻¹ Gehölzfläche deutlich niedriger als bei anderen Maßnahmen aus, obwohl diese weder das hohe Maß an Multifunktionalität noch die Langzeitwirkung der agroforstlichen Nutzung aufweisen. Auch die für 2024 geplante Anhebung auf jährlich 200 € ha⁻¹ Gehölzfläche spiegelt keine allzu große Wertschätzung wider, weshalb absehbar ist, dass die Gesellschaft auch künftig auf eine umfangreiche Bereitstellung der agroforstlichen Ökosystemleistungen verzichtet.

Am Beispiel der Klimaschutzleistung wird dies exemplarisch in Tab. 1 verdeutlicht. Anlehnend an die Berechnungen von WIEGMANN ET AL. (2023) sind hier die Treibhausgas-Minderungspotentiale von zwei klimawirksamen GLÖZ-Standards sowie von den in der 1. Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) angebotenen freiwilligen Fördermaßnahmen, den sogenannten Öko-Regelungen, aufgeführt. Für die Öko-Regelung 3 (Beibehaltung agroforstlicher Nutzung) wurden nur 20 % der eigentlichen Klimaschutzleistung unterstellt, da die restlichen 80 % der anvisierten Investitionsförderung (2. Säule) zugerechnet wurden, die bislang allerdings nur in zwei Bundesländern umgesetzt wurde. Trotz dem lediglich 20 % angerechnet wurden, weißt die Öko-Regelung 3 mit jährlich 2,04 tCO₂e ha⁻¹ innerhalb der angebotenen Öko-Regelungen das mit Abstand größte Klimaschutzpotential auf. Bei Betrachtung von 100 % der Leistung (jährlich 10,4 tCO₂e ha⁻¹) übersteigt dieses sogar jenes des GLÖZ-Standards 2 (Schutz von Mooren und Feuchtgebieten, Verzicht von Umwandlung in Ackerland). Dies spiegelt sich auch in einer entsprechend hohen Fördereffizienz wider, das heißt, wie viel Tonnen CO₂e können je Fördereuro gebunden bzw. vermieden werden (Tab. 1). Die große Klimaschutzleistung der agroforstlichen Nutzung innerhalb der angebotenen Öko-Regelungen wird noch deutlicher, wenn die gesamte geplante Umsetzungsfläche und die hierfür angedachten Gesamtausgaben unter Beachtung der 2023 geltenden Einheitsbeträge berücksichtigt werden (GAP-SP 2023). So gesehen sind bei der Öko-Regelung 3 nur 29 € je Tonne CO₂e erforderlich (bei Berücksichtigung der Gesamtleistung von Agroforstflächen sogar nur 6 € je Tonne CO₂e), während bei den anderen Öko-Regelungen, denen eine Klimaschutzwirkung beigemessen wird, zwischen 300 und 534 € t

CO₂e⁻¹ aufgebracht werden müssen. Dies zeigt, dass Agroforstsysteme von den angebotenen Maßnahmen die höchste Fördereffizienz aufweisen. Vor dem Hintergrund des Klimaschutzes sollte es somit das gesellschaftliche Ziel sein, dass möglichst viele Landwirte Öko-Regelung 3 in Anspruch nehmen, zumal hiermit gleichzeitig auch andere Ziele der GAP, wie die Förderung der Biodiversität, adressiert werden. Bei einer Erhöhung des Einheitsbetrages auf 200 € ha⁻¹ Gehölzfläche, wie es für 2024 geplant ist, sinkt die Fördereffizienz der Öko-Regelung 3 zwar etwas, aber sie ist immer noch weitaus höher als bei den anderen Öko-Regelungen. Um die Klimaschutzleistung der agroforstlichen Bewirtschaftung besser nutzen zu können, wäre eine weitere deutliche Erhöhung des Förderbetrages sinnvoll, da so die Attraktivität dieser Fördermaßnahme in der Praxis steigt und mehr Agroforstsysteme umgesetzt werden.

Tab. 1: Treibhausgas-Minderung und Fördereffizienz von GLÖZ-Standards und Öko-Regelungen (ÖR) im Rahmen der aktuell (Stand November 2023) in Deutschland umgesetzten Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) (Eigene Darstellung auf Basis von Daten aus GAP-SP (2023) und WIEGMANN ET AL. (2023))

Maßnahme	Schutz von Mooren und Feuchtgebieten Verzicht von Umwandlung in Ackerland	Nicht-produktive Flächen auf Ackerland	Nicht-produktive Flächen (Brache, Allgrasstreifen)	Vieffältige Fruchtfolge	Beibehaltung Agroforst (nur 1. Säule)	Agroforst (Gesamt)	Extensives Dauergrünland	Kennarten Dauergrünland	Verzicht Pflanzenschutz	Natura 2000-Gebiete
Maßnahme (Kurzform)	GLÖZ 2	GLÖZ 8	ÖR 1	ÖR 2	ÖR 3 (nur 1. Säule)	Agroforst (Gesamt)	ÖR 4	ÖR 5	ÖR 6	ÖR 7
THG-Minderungs-wirkung je ha (t CO ₂ e/ha*a)	8,5	1	0,9	0,1	2,04	10,4	0,3	0	0	0
Fördersatz: 23/24 (€/ha) (Einheitsbetrag)			576*	45 / 60	60 / 200	60 / 200	115	240	130 / 150	40
Fördereffizienz: (t CO ₂ e/10 €)			0,02	0,02	0,10	0,52	0,03	0	0	0
Fördereffizienz: unter Berücksichtigung der bis 2027 geplanten Fläche und des dafür bereitgestellten Gesamtfördervolumen (€/t CO ₂ e)**			534	300	29	6	343			

* Nach Flächenanteil der Förderstufen gewichtet; ** Bezug auf 2023 geltende Einheitsbeträge

8.8 Zusammenfassende Thesen

Aus den aufgezeigten Ergebnissen dieses Beitrages werden folgende Punkte zusammenfassend herausgestellt:

- 1) Mittels Agroforstsystemen können „trotz“ Erhalt produktiver Fläche zahlreiche Ökosystemleistungen bereitgestellt werden (Multi-funktionalität).
- 2) Agroforstliche Ökosystemleistungen besitzen hinsichtlich wichtiger Schutzgüter eine hohe Wirkstärke, wobei von einer Langzeitwirkung auszugehen ist.
- 3) Agroforstgehölze tragen erheblich zur Reduzierung von Schäden durch landwirtschaftliche Nutzung bei (gilt auch in Bezug auf Klimafolgeschäden).
- 4) Agroforstsysteme stellen ein kostengünstiges Instrument für die Erreichung der GAP-Ziele dar (hohe Fördereffizienz).
- 5) Methodische Grundlagen für eine Flächenauswahl in Hinblick auf eine besonders große Effizienz der agroforstlichen Ökosystemleistungen sind vorhanden.
- 6) Die über die Honorierung der agroforstlichen Ökosystemleistungen ausgedrückte Wertschätzung durch die Gesellschaft (GAP-Förderung) ist gering. Die Kosten für die Vermeidung von Schäden werden bei der betriebswirtschaftlichen Betrachtung, aber auch bei der Festlegung von Förderbeträgen nicht berücksichtigt.

Quellen

BÖHM C., KANZLER M., DOMIN T. (2020A). Auswirkungen von Agrarholzstrukturen auf die Windgeschwindigkeit in Agrarräumen. Innovationsgruppe AUFWERTEN, Loseblattsammlung, Loseblatt # 3

BÖHM C., DOMIN T., KANZLER M. (2020b). Gewässerschutz durch Agroforstwirtschaft – Auswirkungen eines mit Agrarholz bestockten Gewässerrandes auf den Stickstoffaustrag in Oberflächengewässer. Innovationsgruppe AUFWERTEN, Loseblattsammlung, Loseblatt # 5

BÖHM, C. et al. (2020c). Multikriterielle Auswahl potentieller Agroforstflächen mit dem Entscheidungswerkzeug META-AfS (1.0) am Beispiel ausgewählter Gemeinden in Südbrandenburg – Werkzeugdokumentation und Anwendungsbeispiel. Loseblattsammlung Innovationsgruppe AUFWERTEN, Loseblatt # 54

GAP-SP (2023). GAP-Strategieplan für die Bundesrepublik Deutschland. Version 2.0, 1880 S.

KLETTY F., ROZAN, A., HABOLD, C. (2023). Biodiversity in temperate silvo-arable systems: A systematic review. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 351, 108480

KONTREMBE, C., SCHEER, D., TRAPP, M., THOMAS, K. (2016). Hochauflösende GIS-basierte Bodenabtragsmodellierungen für ausgewählte Agrarstandorte in Rheinland-Pfalz, *Bodenschutz* 2/2016, 46-56

KURTH, T. et al. (2019). Die Zukunft der deutschen Landwirtschaft nachhaltig sichern – Denkanstöße und Szenarien für ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeit. Studie der Boston Consulting Group (BCG), 59 S.

PANAGOS, P., et al. (2018). Cost of agricultural productivity loss due to soil erosion in the European Union: From direct cost evaluation approaches to those of macroeconomic models. *Land Degradation & Development* 29, 471-484

PATAULT, E. et al. (2021). Analysis of off-site economic costs induced by runoff and soil erosion: Example of two areas in the northwestern European loess belt for the last two decades (Normandy, France). *Land Use Policy* 108, 1-12

WIEGMANN, K. et al. (2023). Klimaschutz in der GAP 2023-2027 – Wirkungsbeitrag und Ausgaben, UBA-Texte 103/2022, 2. Auflage. UBA (Hrsg.), 94 S.

9 Langfristige Biomasseerträge und Potentiale der Kohlenstoffspeicherung von Kurzumtriebsplantagen

Cäcilia Fiege¹, Sonja Germer¹, Christian Dittrich¹, Hannes Lenz¹,
Ralf Pecenka¹

Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Max-
Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, Deutschland

Abstract. Um die Potentiale von Kurzumtriebsplantagen hinsichtlich der Erzeugung von Bioenergie und der Treibhausgasminderung optimal ausnutzen zu können, sind Langzeitdaten in Abhängigkeit verschiedener Bewirtschaftungsmethoden notwendig. Hierfür wurden Ernteerträge während eines 26-jährigen KUP-Anbaus mit verschiedenen Umtriebszeiten und Düngapplikationen gemessen und die Kohlenstoffgehalte in Boden und Wurzeln nach dem Umbruch der Flächen bestimmt. Verglichen wurden diese mit einer kontinuierlich mit Roggen bestellten Referenzfläche. Die besten Ertragsresultate erzielte die Pappel-KUP im 4-jährigen Umtrieb ohne Düngung, mit einem mittleren Trockenmasseertrag von $11,6 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$, wobei das Ertragsoptimum zwischen den Jahren 12 und 20 Jahren lag. Bis zum Umbruch konnte der Boden durch den Pappelanbau um $1,3 - 1,5 \text{ t C}_{\text{org}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ angereichert werden. Insgesamt wurde auf den sandigen Flächen 20 - 23 t CO₂-Äquivalente je Hektar pro Jahr ober- und unter-irdisch gebunden. Zwei Jahre nach dem Flächenumbruch sank der Gesamtkohlenstoffgehalt (Boden + Wurzeln) unter Maisanbau um ca. 50 % ab, wobei gröbere im Boden verbliebende Pappelwurzeln den Kohlenstoff langsamer freigeben als feinere. Die vorherige Pappel-KUP zeigte keine negativen Auswirkungen auf den Ertrag der Folgefrucht Mais. Im Gegenteil, es konnten teilweise deutlich höhere Erträge im Vergleich zur Referenzfläche erzielt werden.

Keywords: Biomasseertrag, Bodenkohlenstoff, Wurzelabbau, CO₂-Emissionen, Flächenumbruch

9.1 Einleitung und Fragestellung

Die Anpassung der konventionellen Landwirtschaft ist ein wesentlicher Bestandteil bei der Entwicklung nachhaltiger Lösungen zur Eindämmung des Klimawandels. Neben der Erzeugung von Bioenergie, kommt der Speicherung von Kohlenstoff im Boden in den aktuellen EU-Strategien eine Schlüsselrolle zu (STYLES & JONES 2007, DGVN 2015). Energie aus holzartiger Biomasse aus der Landwirtschaft bietet hierbei ein erhebliches Potenzial, da es eine Vielzahl von Baumarten gibt, die auch auf Grenzertragsflächen eine beträchtliche Produktivität aufweisen (VESTE ET AL. 2018). Zudem kann sich die Etablierung einer Baumfläche positiv auf das Mikroklima auswirken, wenn z. B. Bäume in Agroforstsystemen angebaut werden (FREESE 2009, BÖHM ET AL. 2014). Der Energiepflanzenanbau auf landwirtschaftlichen Flächen, die nicht für die Nahrungsmittelproduktion genutzt werden, bietet außerdem die Möglichkeit, neben der Nahrungsmittelproduktion alternative Einkommensquellen zu schaffen, um die Wertschöpfung und die Beschäftigung in ländlichen Gebieten zu stärken (PECENKA ET AL. 2019). Daneben führt die Anpflanzung aufgrund des Wurzelwachstums zur längerfristigen Speicherung von Kohlenstoff im Boden (KAHLE 2007, DIMITRIOU ET AL. 2009, BAUM ET AL. 2009, MAO ET AL. 2010), was als „Carbon farming“ bezeichnet und von der EU gefördert wird. Folglich rücken Kurzumtriebsplantagen (KUP) und Agroforstsysteme (AFS) aufgrund ihres vielfältigen Potentials immer mehr in den wissenschaftlichen Fokus. Die nachfolgend vorgestellten Ergebnisse der Langzeituntersuchung (26 Jahre) sollen die Datenbasis verbessern, die für eine bessere Bilanzierung des Treibhausgasreduktionspotenzials von schnell wachsenden Bäumen in der Landwirtschaft benötigt wird. Hierfür wurde die Produktivität von Pappel KUPs in Abhängigkeit von verschiedenen Bewirtschaftungsmethoden untersucht und ins Verhältnis zu dem im Boden gebundenen Gesamtkohlenstoff gesetzt. Während die Umweltauswirkungen der Landnutzungsänderung von kommerziellen Ackerflächen zu KUPs weithin beschrieben wurden, sind Informationen über die Rückumwandlung und insbesondere über den Einfluss der Wurzelbiomasse auf den Kohlenstoffvorrat noch rar (REEG ET AL. 2009). Da eine Rückumwandlung oder Erneuerung einer KUP-Fläche aus wirtschaftlichen Gründen aufgrund der Ertragsrückgänge infolge einer langen Nutzungsdauer oder intensiver Bewirtschaftung notwendig sein kann, ist die Frage der Auswirkungen des KUP-Anbaus auf den Boden der umgebrochenen Fläche besonders relevant. Um negative oder positive Effekte beurteilen zu können, wurden Kohlenstoffgehalte in Boden und Wurzeln sowie die Ernteerträge der Folgefrucht bis zwei Jahre nach dem Umbruch gegenübergestellt.

9.2 KUP-Versuchsaufbau und Rückumwandlung

Im Jahr 1993 wurde in Potsdam, Deutschland, ein Langzeit-Feldversuch angelegt, der aus mehreren Parzellen (je 0,25 ha) mit Pappeln und Weiden (Parzelle 1 - 4) sowie einer Referenzparzelle mit Roggen (Parzelle 5, Abb. 1) bestand. Die Standortbedingungen der Parzellen sind aufgrund der unmittelbaren Nähe zueinander sehr ähnlich. Das Areal ist durch Grundmoränenablagerungen gekennzeichnet, die sich aus Material mit hohen Anteilen an Ton und Sand zusammensetzen. Die Bäume der Parzellen 1 - 4 wurden in 75 cm Doppelreihen mit 225 cm Reihenabstand und 55 cm Baumabstand (12.000 Bäume pro ha) gepflanzt. Jede Fläche wurde in Unterparzellen aufgeteilt, um die Auswirkungen verschiedener Düngeapplikationen und Erntezyklen (2-, 4- und 16-jähriger Rotation) auf Produktivität, langfristigen Biomassertrag, Überlebensrate und Bodeneigenschaften zu untersuchen. Die Arten des annuell aufgebrauchten Düngers waren wie folgt:

- Block A: 150 kg N ha⁻¹ + Mineraldünger
- Block B: 75 kg N ha⁻¹ + Holzasche
- Block C: 75 kg N ha⁻¹ + Strohasche
- Block D: Keine Düngung

Die Ernte erfolgte manuell nach entsprechender Umtriebszeit sortenrein und separat nach Block.



Abb. 1: Langzeitversuch mit Pappeln und Weiden im Kurzumtrieb.

Im Frühjahr 2020 erfolgte nach 26 Jahren KUP Anbau die letzte Baumernte und ein Flächenumbruch aller Parzellen für die annuelle Folgefrucht. Zunächst wurden die oberirdischen Baumstümpfe und Ernterückstände mit einem Forstmulcher (AHWI M650, Prinoth GmbH, Deutschland) zerkleinert und die gesamte Fläche anschließend mit einer Bodenfräse (AHWI RF800,

Prinoth GmbH, Deutschland) bis in eine Tiefe von 35 cm gefräst (Abb. 2). Die Bodenfräse zerkleinerte die Wurzelstöcke so weit, dass ein Wiederaustritt aus den Rhizomen verhindert wurde, und arbeitete die Rückstände gleichmäßig in den Boden ein. Gleichzeitig wurde der Boden intensiv gelockert und eingeebnet, so dass die Folgekultur Mais ohne weitere Bodenbearbeitung angebaut werden konnte.



Abb. 2: Flächenumbruch der KUP mit Bodenfräse und Maisanbau im Folgejahr.

Zum Zeitpunkt des Flächenumbruchs wurde in Block D (nicht gedüngt) die Funktion des Bodens als Kohlenstoffsенke in Abhängigkeit von der Umtriebszeit eingehend untersucht. In je vier Bodenprofilen (1 m^3) pro Parzelle in ehemals 2-, 4- und 16-jährigen Umtrieb (nachfolgend als SRC2, SRC4 und SRC16 bezeichnet) wurde der Bodenkohlenstoff und die Wurzelmasse sowie dessen C-Gehalt in vier Bodentiefen (0 - 10, 10 - 30, 30 - 60, 60 - 100 cm) gemessen (Abb. 3). Mittels Siebung wurde die Wurzelmasse in feineres ($< 7 \text{ cm}$) und gröberes ($> 7 \text{ cm}$) Wurzelmaterial eingeteilt, da Unterschiede in der Zersetzung verschieden großer Wurzelfractionen zu erwarten sind (CAMIRÉ ET AL. 1991). In Litterbags wurde die Wurzelmasse je nach Fraktion anschließend in der entsprechende Bodentiefe eingebracht und nach 12 bzw. 24 Monaten deren Abbauraten ermittelt.



Abb. 3: Bodenuntersuchung und Wurzelsiebung mit anschließender Einbringung der Litterbags nach dem Flächenumbruch.

9.3 Ergebnisse

9.3.1 Ernteerträge

Die durchschnittlichen Biomasseerträge pro Jahr und der Gesamtertrag in Abhängigkeit der Bewirtschaftung sind in Tab. 1 dargestellt. Für die Pappel-KUP wurden die höchsten Erträge ohne Düngung und bei einer 4-jährigen Umtriebszeit erzielt. Langfristig ist die Weide bei einer 2-jährigen Umtriebszeit produktiver und profitiert von den geringeren Düngergaben. Zudem deuten die Erträge im Laufe der Zeit auf ein Optimum der Weiden zwischen 10 und 14 Jahren und der Pappeln zwischen 12 und 20 Jahren hin (Abb. 4).

Tab. 1: Biomasseerträge aus Kurzumtriebsplantagen (jährliche und Gesamterträge nach 26 Jahren) in 2- und 4-jährigen Umtrieb

Mittlere Trockenmasseerträge (26 Jahre) in t/ha									
	Rotation	Block A		Block B		Block C		Block D	
	Jahre	p.a.	gesamt	p.a.	gesamt	p.a.	gesamt	p.a.	gesamt
Weide + Gras	2	6,7	174,9	6,8	177,3	8,8	229,0	7,2	187,7
	4	6,2	148,2	5,3	126,1	5,3	126,4	6,2	166,1
Pappel Max 4 + Gras	2	9,1	235,9	8,7	226,3	8,9	231,0	8,4	218,2
	4	9,5	227,8	10,4	249,5	9,4	226,0	10,5	251,5
Pappel Max 4	2	9,9	257,9	9,2	238,3	9,0	232,8	9,9	256,1
	4	10,7	256,8	10,3	247,1	11,1	267,4	11,6	277,5
Pappel H275 + Gras	2*	5,3	(53,0)	6,7	(67,0)	6,9	(68,8)	6,9	(69,0)
	4**	6,6	(105,2)	7,7	(123,4)	8,6	(137,0)	9,0	(143,5)

* bis 2003: mittlere und gesamt Erträge von 8 Jahren (anschließende Rodung)

** bis 2009: mittlere und gesamt Erträge von 14 Jahren (anschließende Umstellung auf längere Rotation)

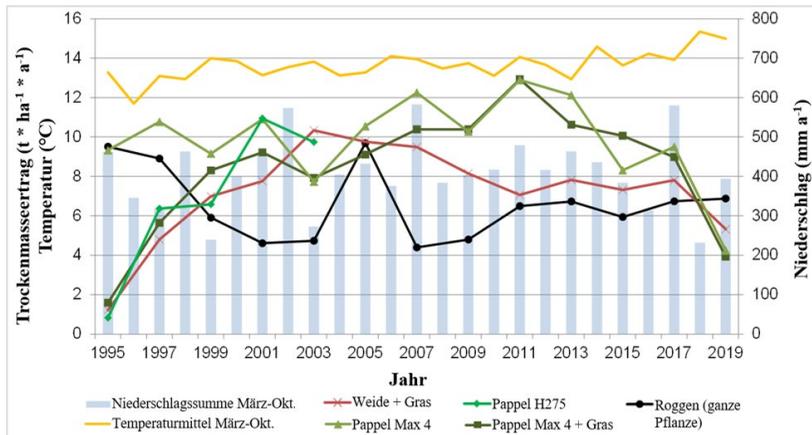


Abb. 4: Langfristige Erträge der Kurzumtriebsplantagen in 4-jähriger Umtriebszeit ohne Düngung (Block D).

9.3.2 Kohlenstoffspeicherung und CO₂-Emissionen

Um das Kohlenstoffspeicherpotentials von KUPs bewerten zu können, wurde der in Boden und Wurzeln gebundene Kohlenstoff mit dem der Referenzfläche von Parzelle 5 (Roggen) verglichen. Die Ergebnisse (Tab. 2) zeigen

einen Anstieg des Bodenkohlenstoffs von 21,3 t ha⁻¹ und 22,5 t ha⁻¹ unter KUP2 und KUP4 gegenüber der Referenzfläche. Zusammen mit dem in den Wurzeln gebundenen Kohlenstoff (12,4 - 15,5 t ha⁻¹) erfolgte somit ein Anstieg des Kohlenstoffgehaltes von 33,7 - 38,0 t ha⁻¹ durch den KUP-Anbau. Dies entspricht einer C-Sequestrierung von ca. 5 t ha⁻¹. Mit Einbeziehung der oberirdischen Biomasseerträge konnte im Zeitraum der KUP-Bewirtschaftung 20 - 23 t CO₂-Äquivalente (CO₂e) je Hektar pro Jahr gebunden werden.

Weitere Emissionen könnten durch die Nutzung der geernteten Holzhackschnitzel für die Wärmeerzeugung eingespart werden. Ausgehend von den verbleibenden CO₂-Emissionen der thermischen Nutzung von Holz (0,023 kg kWh⁻¹) und den CO₂-Emissionen der Nutzung von Erdgas (0,247 kg kWh⁻¹) belaufen sich die Einsparungen der CO₂-Emissionen auf weitere 7,3 - 8,4 t ha⁻¹ a⁻¹, wenn Holz aus KUPs verwendet wird.

Tab. 2: Kohlenstoffgehalt Boden und Wurzeln sowie Biomasseerträge und den daraus resultierende CO₂-Bindungsraten der Pappel-KUP in 2- und 4-jähriger Umtriebszeit (ohne Düngung, Block D)

	C _{org} Boden und Wurzeln [t ha ⁻¹]				
	Referenz (Parzelle 5)	2-jährige Rotation (KUP2) (Parzelle 2)		4-jährige Rotation (KUP4) (Parzelle 2)	
Boden-C _{org}	C _{Ref}	C _{KUP2}	C _{KUP2} - C _{Ref} *	C _{KUP4}	C _{KUP4} - C _{Ref} *
Tiefe (cm)					
0 - 10	9,0	17,5	8,5	18,1	9,1
10 - 30	24,2	28,6	4,4	23,5	-0,7
30 - 60	12,9	21,0	8,1	18,5	5,6
60 - 100	10,0	10,3	0,3	18,5	8,5
Boden-C _{org} Gesamt	56,1	77,4	21,3	78,6	22,5
Wurzel-C _{org} Gesamt		12,4		15,5	
C_{org} Gesamt	56,1	89,8	33,7	94,1	38,0
		Biomasseerträge TM [t ha⁻¹]			
Gesamtertrag		218,2		251,5	
Ertrag a ⁻¹		8,4		9,7	
		CO₂ Äquivalent [t ha⁻¹] **			
CO ₂ e Corg Gesamt		123,7		139,5	
CO ₂ e Corg Gesamt a ⁻¹		4,7		5,3	
CO ₂ e Ertrag a ⁻¹ ***		15,4		17,8	
Summe CO₂e a⁻¹		20,1		23,1	

* Überschuss im Vergleich zur Referenzfläche

** Umrechnungsfaktor CO₂/C = 3,67

*** C-Gehalt Pappelholz 50%

9.3.3 Auswirkungen des Flächenumbruchs auf Boden und Folgefrucht

Bis zum Zeitpunkt des Umbruchs wurde unter den KUP-Flächen $33,7 \text{ t ha}^{-1}$ (KUP2) und $38,0 \text{ t ha}^{-1}$ (KUP4) mehr Kohlenstoff (Boden + Wurzeln) im Vergleich zur Referenzfläche im Boden gebunden (Abb. 5). Nachdem nach 12 Monaten der Bodenkohlenstoffgehalt in 0 - 30 cm Tiefe der KUPs zunächst anstieg, fiel dieser 24 Monate in allen Bodenschichten unterhalb des Anfangsniveaus. Mit einem Überschuss zur Referenzfläche von $15,9 - 19,3 \text{ t ha}^{-1}$ verringerte sich der Gesamtkohlenstoff im Boden um ca. 50 % innerhalb von 2 Jahren unter Maisanbau.

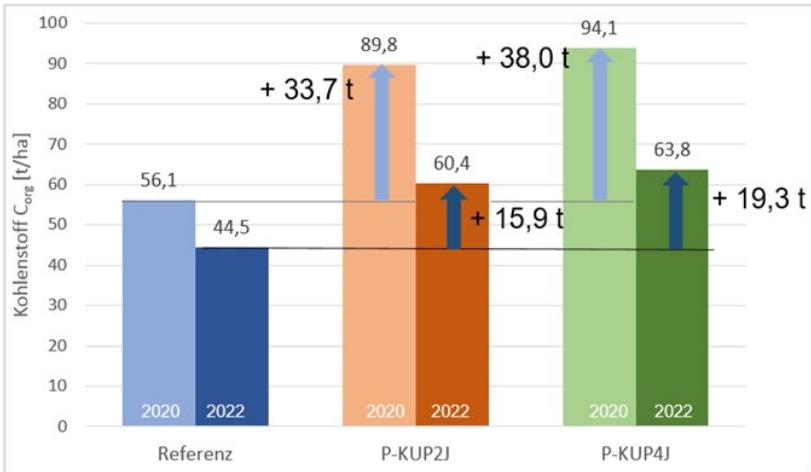


Abb. 5: Entwicklung des Gesamtkohlenstoffs (Boden + Wurzeln) 2020 – 2022 unter der Referenzfläche und den ehemaligen KUPs in 2- und 4-jähriger Rotation.

Ursache des Anstiegs des Bodenkohlenstoffs unter den ehemaligen KUP-Flächen in 0 - 30 cm Tiefe nach 12 Monaten kann die Zersetzung der im Boden verbliebenen Pappelwurzeln sein. Aufgrund des Abbaus der leicht zersetzbaren Wurzelbestandteile innerhalb der ersten 12 Monate, ist die Abbaurate in diesem Zeitraum verglichen zur zweiten Untersuchungshälfte (12 - 24 Monate nach Umbruch) deutlich erhöht (Tab. 3). Unter der Referenzfläche konnte kein Kohlenstoffanstieg nach 12 Monaten im Oberboden festgestellt werden.

Tab. 3: Kohlenstoffgehalt der feineren und gröbereren Wurzelmasse unter den KUP-Flächen im 2-, 4- und 16-jährigen Umtrieb zum Zeitpunkt des Flächenumbruchs nach 26 Jahren KUP-Anbau sowie der verbleibende Kohlenstoffgehalt (in %) 12 bzw. 24 Monate später.

Tiefe (cm)	C _{org} Wurzeln [t ha ⁻¹]			C _{org} Wurzeln [%]	
	Flächenumbruch (2020)			12 Monate *	24 Monaten *
	KUP2	KUP4	KUP16	KUP4 **	KUP4 **
Feinere Wurzelfraktion (< 7 cm)					
0-10	2,2	5,9	2,9	35	29
10-30	3,9	5,4	5,9	48	35
30-60	1,3	1,3	2,2	61	43
60-100	0,5	0,5	2,5	77	52
Gesamt _{feiner}	7,9	13,1	13,5		
Größere Wurzelfraktion (> 7 cm)					
0-10	0,8	0,7	2,8	51	36
10-30	2,3	0,8	6,4	60	37
30-60	1,1	0,8	4,6	69	52
60-100	0,3	0,1	1,0	80	60
Gesamt _{größer}	4,5	2,4	14,8		
Gesamt	12,4	15,5	28,3		

*nach Umbruch

** Abbauraten gemessen unter KUP4 und rechnerisch auf KUP2 und KUP16 übertragen

Die Abbauraten der Wurzeln verringern sich nicht nur mit der Zeit, sondern sind auch von Bodentiefe und Wurzelfraktion abhängig. So wird das Wurzelmaterial mit zunehmender Tiefe langsamer zersetzt, wobei der Prozess für gröbere Wurzeln langsamer abläuft als für feinere. Insgesamt wurden 24 Monaten nach Umbruch noch 4,7 - 6,0 t ha⁻¹ Kohlenstoff in den Wurzeln unter den ehemaligen KUP-Flächen gebunden, was ca. 40 % des Ausgangswertes entspricht. Unter KUPs mit sehr langen Rotationslängen kann aufgrund des enormen Zuwachses an Wurzelmasse und v.a. an gröbereren Wurzeln in Ober- und Unterboden (0 - 30, 30 - 100 cm) der Gehalt des Wurzelkohlenstoffs massiv gesteigert werden (Tab. 3). So war der Gehalt des Wurzelkohlenstoffs unter der Untersuchungsfläche KUP16 um 81 - 127 % höher im Vergleich zu der 4- und 2-jährigen Rotation. Da alle ehemaligen KUP-Flächen das gleiche Alter aufweisen, wird von einer Hemmung der Entwicklung eines umfangreichen Wurzelsystems aufgrund der regelmäßigen Ernte der oberirdischen Biomasse ausgegangen. Das als root-shoot-ratio bezeichnete Verhältnis von ober- und unterirdischer Biomasse führt nach Ernte des Baumes zum Absterben von Wurzeln oder zu deren Einschränkung im Wachstums durch die reduzierte Photosynthese (BIDDLE 1998, CROW 2004).

Die Ernteerträge der Folgefrucht Mais auf den ehemaligen KUP-Flächen erzielten in den ersten Jahren nach dem Umbruch ähnliche oder sogar bessere Ergebnisse als auf der Referenzfläche (Abb. 6). Im Vergleich zu den mittleren Silomaisserträgen des Landes Brandenburg wurde im Jahr 2020 und 2022 auf allen umgebrochenen Flächen höhere Erträge erreicht. Maximalerträge von 16,7 - 17,1 t ha⁻¹ (12 und 24 Monate nach Umbruch) konnten auf der KUP mit 16-jähriger Rotation erbracht werden.

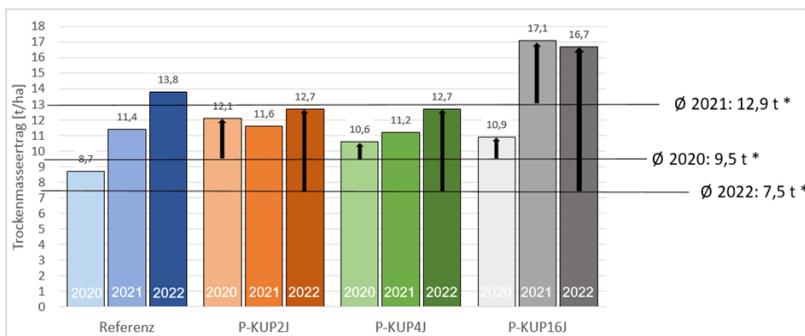


Abb. 6: Ertragsentwicklung der Folgefrucht Mais auf der Referenzfläche und den ehemaligen KUPs in 2-, 4- und 16-jähriger Rotation. * Mittlere Silomaisserträge des Landes Brandenburg (DMK)

9.4 Schlussfolgerungen

In dem durchgeführten Versuch über einen Zeitraum von 26 Jahren konnten Langzeitdaten zu Erträgen und dem Kohlenstoffspeicherpotenzial im Boden von Kurzumtriebsplantagen sowie in den Jahren nach dem Umbruch generiert werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die höchsten Erträge der Pappel-KUP von 11,6 t ha⁻¹ im 4-jährigen Umtrieb ohne Düngung erzielt wurden und insgesamt 23 CO₂-Äquivalente je Hektar pro Jahr gebunden werden kann. Durch den ober- und unterirdischen Eintrag (Blätter, Wurzeln) während des Pappel-Anbaus wird der Boden mit organischem Kohlenstoff angereichert. Da eine regelmäßige Ernte der oberirdischen Biomasse den Aufbau eines tiefen Wurzelsystems hemmt und den Anteil an größeren Wurzeln mindert, haben KUPs in sehr langen Umtriebszeiten (16 Jahre) ein höheres Potential als Kohlenstoffsenke. Dennoch muss jeder Landwirt den Grad der Kohlenstoffsenke und die Rentabilität der Kurzumtriebsplantagen berücksichtigen, da sich Erntezeiten von mehr als vier Jahren negativ auf die durchschnittlichen jährlichen Biomasseerträge auswirken können. Gegenwärtig

werden weitere Möglichkeiten zum digitalen Monitoring von gespeichertem Kohlenstoff in Kurzumtriebsplantagen entwickelt, die Management-Strategien hinsichtlich des „Carbon farmings“ und der Ernteerträge optimieren könnten. Nach einem Umbruch von KUP-Flächen sind bei richtiger Durchführung (Mulchen, Fräsen) keine negativen Auswirkungen auf die annuelle Folgefrucht zu erwarten, sodass dies eine gewisse Flexibilität der Landwirte in der langfristigen Planung ihrer Anbauflächen gewährleistet.

Quellen

BAUM, P., LEINWEBER, N., WEIH, M., DIMITRIOU, I. (2009). Effects of short rotation coppice with willows and poplar on soil ecology, *Landbauforschung – vTI Agriculture and Forestry Research* 3 2009 (59)183-196.

BIDDLE, P. (1998). *Tree root damage to buildings*, Willowmead Publishing Ltd, 676 S.

BÖHM, C., KANZLER, M., FREESE, D. (2014). Wind speed reduction as influenced by woody hedgerows grown for biomass in short rotation alley cropping systems in Germany, *Agroforestry Systems* 88 (4), 579-591.

CAMIRÉ, B., BRULOTTE, S. (1991). Decomposition of roots of black alder and hybrid poplar in short-rotation plantings: Nitrogen and lignin control, *Plant Soil* 138, 123-132.

CROW, P. (2004). *Trees and Forestry on Archaeological sites in the UK: A review document*, Forest Research - An agency of the Forestry Commission, 68 S.

DIMITRIOU, I., BAUM, C., BAUM, S., BUSCH, G., SCHULZ, U., KÖHN, J., LAMERSDORF, N., LEINWEBER, P., ARONSSON, P., WEIH, M., BERNDEN, G., BOLTE, A. (2009). The impact of Short Rotation Coppice (SRC) cultivation on the environment, *Landbauforschung - vTI Agriculture and Forestry Research* 3 (59)159-162.

DGVN (2015). Deutsche Gesellschaft für die Vereinten Nationen e.V.: Die Ziele für nachhaltige Entwicklung, abgerufen 03.10.2022 unter: <https://nachhaltig-entwickeln.dgvn.de/agenda-2030/ziele-fuer-nachhaltige-entwicklung/sdgs#ca25438>.

DMK – Deutsches Maiskomitee e.V.: Silomaisserträge (inkl. Biogasnutzung) Deutschland in dt/ha, 2018-2022, nach Bundesländern, abgerufen 05.10.2023 unter: <https://www.maiskomitee.de/Fakten/Statistik/Deutschland/FI%C3%A4chenertr%C3%A4ge>.

FREESE, D. (2009). Nachwachsende Energie vom Acker - Der Energiewald Welzow-Süd, Vortrag im Rahmen des BBE-Symposiums für Bioenergie und Nachhaltigkeit am 28-29.10.2009 der IHK Potsdam

KAHLE, D., HILDEBRAND, E., BAUM, C., BOELCKE, B. (2007). Long-term effects of short rotation forestry with willows and poplar on soil properties, *Archives of Agronomy and Soil Science* 53(6): 673 – 682.

MAO, R., ZENG, D., HU, Y., LI, L., YANG, D. (2010). Soil organic carbon and nitrogen stocks in an age-sequence of poplar stands planted on marginal agricultural land in Northeast China, *Plant Soil* 332, 277–287.

PECENKA, R., LENZ, H., IDLER, C., SPIKERMANN, H., HOFFMANN, T. (2019). Energetically self-sufficiency with heat on basis of wood chips from SRC – from conception to realization of a 500 kW biomass heating plant at the ATB. 27th European Biomass Conference and Exhibition, 27-30 May 2019, Lisbon, Portugal

REEG, T., BEMMANN, A., KONOLD, W., MURACH, D., SPIECKER, H. (2009). Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen, Wiley-VCH-Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 347 S.

STYLES, D., JONES, M (2007). Energy crops in Ireland: quantifying the potential life-cycle greenhouse gas reductions of energy-crop electricity. *Biomass Bioenergy* 31 (11-12), 759-772.

VESTE, M., BÖHM, C. (2018). Agrarholz – Schnellwachsende Bäume in der Landwirtschaft: Biologie - Ökologie - Management. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 529 S.

10 Agroforst in Thüringen – Status, Ziele und Wege

Manuela Bärwolff ¹

¹ Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und ländlichen Raum,
Naumburger Str. 98, 07743 Jena, Deutschland

Abstract. Die Agroforstwirtschaft gewinnt zunehmend an Aufmerksamkeit. Sowohl in wissenschaftlichen Fachzeitschriften als auch in landwirtschaftlichen Medien wird die kombinierte Bewirtschaftung von Gehölzen und traditionellen landwirtschaftlichen Kulturen als vielversprechende Strategie diskutiert. Die positiven Auswirkungen erstrecken sich von Umweltschutzaspekten über Klimaschutz und Klimaanpassung bis hin zu Tierwohlbelangen. Dieser Beitrag analysiert den Status, die Ziele und die aktuellen Herausforderungen der Agroforstwirtschaft in Thüringen. Trotz der erkannten ökologischen und ökonomischen Potenziale stehen praktische Umsetzung und Akzeptanz in der Landwirtschaft noch hinter den Erwartungen zurück. Der Artikel beleuchtet Gründe für diese Verzögerung, darunter rechtliche Unsicherheiten, finanzielle Bedenken und mangelndes Know-how. Anhand des Projekts "Demonetz Agroforst Thüringen" werden Wege aufgezeigt, wie die Agroforstwirtschaft erfolgreich in die landwirtschaftliche Praxis integriert werden kann. Hierbei spielen Beratung, Fördermaßnahmen und potenzielle Finanzierungsoptionen eine entscheidende Rolle. Die Analyse zeigt, dass trotz Fortschritten eine Diskrepanz zwischen Potenzial und Umsetzung besteht. Zukünftige Entwicklungen, insbesondere im Hinblick auf den Kohlenstoffmarkt, könnten die Attraktivität der Agroforstwirtschaft weiter steigern und sie zu einer bedeutenden Strategie für eine nachhaltige Landwirtschaft machen.

Keywords: Agroforst, Landwirtschaft, Thüringen, Landnutzung, Klimaziele, Klimaanpassung, Beratung, Ökonomie, Förderung, Umweltschutz, Nachhaltigkeit

10.1 Ausgangslage

Aktuell erfährt das Thema Agroforstwirtschaft vermehrte Aufmerksamkeit. Die Präsenz in Fachmedien – insbesondere in landwirtschaftlichen Zeitschriften – nahm über die letzten Jahre stetig zu. Dieses verstärkte Interesse ist nicht unbegründet, denn sowohl Wissenschaft als auch Politik sind sich einig darüber, dass der kombinierte Anbau von produktiven Gehölzen und herkömmlichen landwirtschaftlichen Kulturen eine Vielzahl von vorteilhaften Effekten mit sich bringt. Die positiven Auswirkungen erstrecken sich von der Reduzierung der Windgeschwindigkeit mit daraus resultierenden Effekten auf Verdunstung und Bodenfeuchtigkeit benachbarter Ackerkulturen (Stichwort Klimaanpassung) bis hin zu Tierwohlaspekten auf Grünland (Bereitstellung von Schatten und Futterlaub). Argumente wie Erosionsschutz, Förderung der Biodiversität, Kohlenstoffspeicherung, Grundwasserschutz und Luftreinigung komplettieren das vielschichtige Spektrum. Die Wissenschaft beschäftigt sich bereits seit Jahrzehnten mit der Thematik und hat vielfältig Argumente geliefert. Auch am Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und ländlichen Raum (TLLLR) bzw. vormals der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) beschäftigen wir uns seit fast 20 Jahren intensiv mit verschiedenen Aspekten. Genannt seien hier die Verbundprojekte AgroForstEnergie 1 und 2 (BÄRWOLFF ET AL. 2012, BÄRWOLFF ET AL. 2016), KUP am Fließgewässer (FÜRSTENAU ET AL. 2016) SOWIE SIGNAL 1 UND 2 (RUDOLF & GRAF 2018, WEBER ET AL. 2021).



Abb. 1: Blick auf einen Ausschnitt des Dornburger Agroforstsystems.

Mit der Dornburger Agroforstfläche bewirtschaftet das Thüringer Lehr- Prüf- und Versuchsgut (TLPVG, mittlerweile Bestandteil des TLLLR) eine der ältesten Agroforstflächen in Deutschland. Der in ortsüblicher Fruchtfolge bewirtschaftete 50-ha-Ackerschlag in einer strukturarmen hochintensiv genutzten Landschaft wurde mit sieben mehrreihigen Pappelstreifen bepflanzt und dient als Demonstrations- und Versuchsanlage (Abb. 1).

Auf einer Vielzahl von Tagungen und Veranstaltungen wurde über die wissenschaftlichen Ergebnisse gesprochen und sich ausgetauscht. Das Forum Agroforstsysteme, die etablierteste deutsche Tagung des Fachbereiches, fand 2009 erstmalig in Dornburg mit etwa 50 Pionieren statt. 2023 erfolgte die neunte Auflage der Tagung mit mehr als 300 Teilnehmenden in Freiburg im Breisgau.

Auch die deutsche Politik hat endlich nachgezogen. Es gibt im Landwirtschaftsrecht nun eine klare Definition für Agroforstsysteme. Diese werden auch ausdrücklich als landwirtschaftliche Fläche deklariert (§4 Abs. 1 GAPDZV):

„Ein Agroforstsystem auf Ackerland, in Dauerkulturen oder auf Dauergrünland liegt vor, wenn auf einer Fläche mit dem vorrangigen Ziel der Rohstoffgewinnung oder Nahrungsmittelproduktion entsprechend eines durch die zuständige Landesbehörde oder durch eine vom Land anerkannte Institution als positiv geprüften Nutzungskonzeptes Gehölzpflanzen, die nicht in Anlage 1 aufgeführt sind, angebaut werden:

1. *in mindestens zwei Streifen, die höchstens 40 Prozent der jeweiligen landwirtschaftlichen Fläche einnehmen, oder*
2. *2. verstreut über die Fläche in einer Zahl von mindestens 50 und höchstens 200 solcher Gehölzpflanzen je Hektar“ (§4 Abs. 2 GAPDZV).*

Ausgenommen hiervon sind ausdrücklich Flächen mit Gehölzpflanzen, die bereits als Landschaftselemente deklariert waren (§4 Abs. 3 GAPDZV).

Eine ganze Reihe von Rechtsunsicherheiten ist damit ausgeräumt. Landwirtschaftsbetriebe haben nun die Möglichkeit, ein Agroforstsystem, welches der Definition entspricht, im Agrarantrag anzumelden und somit auch die Flächenbeihilfe zu erhalten. Auch die bereits seit 2007 im Rahmen der GAP (Gemeinsame Agrarpolitik der EU), also des EU-Förderinstrumentes für die europäische Landwirtschaft, bestehende Möglichkeit zur Förderung von Agroforstwirtschaft wurde aufgegriffen, wenn auch nur in symbolischer Form mit einer sehr geringen jährlichen Förderhöhe über die Ökoregelung 3 und zusätzlicher Einschränkungen im Flächendesign. Eine Investivförderung

für die Flächenanlage, wie sie seitens der EU empfohlen wird, bieten bisher nur wenige Bundesländer an.

Angesichts dieser intensiven Beschäftigung mit der Thematik, der Vielzahl an festgestellten erwünschten Umweltvorteilen trotz produktiver Bewirtschaftbarkeit und insbesondere vor dem Hintergrund des Klimawandels und seiner spürbaren Auswirkungen auch in Deutschland drängt sich die Frage auf, warum nicht mehr LandwirtInnen ihre Flächen mit produktiven Bäumen aufwerten. In Thüringen wurden in 2023 erstmalig Agroforstsysteme beantragt – in Summe auf 14 ha Fläche (Gehölze und Acker- bzw. Grünlandbereich). Schnellwachsende Baumarten in Kurzumtriebsplantagen (KUP) sind bereits seit längerem antragsfähig und waren bisher ein Mittel der Wahl, Agroforstsysteme mit entsprechenden Streifen direktzahlungsfähig zu machen. In 2023 wurde insgesamt 90 ha KUP-Fläche in Thüringen beantragt. Der Rückblick auf das letzte Jahrzehnt offenbart hierbei keine nennenswerten Bewegungen. Bei mehr als 750.000 ha landwirtschaftlich genutzter Fläche in Thüringen wird deutlich, in welchem Missverhältnis Wunsch und Wirklichkeit stehen. Deutschlandweit wurde die Ökoregelung 3, also die Beibehaltung einer agroforstlichen Bewirtschaftungsweise auf Acker oder Grünland, nur für 51 ha Gehölzfläche in Anspruch genommen (BMEL 2023a). Erwartet wurden laut GAP-Strategieplan 25.000 ha Agroforst-Gehölzfläche. Bis 2027 sollen es 200.000 ha werden (BMEL 2023b).

10.2 Gründe

Die Gründe für diese verhaltene Entwicklung in der praktischen Landwirtschaft sind mannigfaltig.

Ein beträchtlicher Anteil landwirtschaftlicher Fläche wird in Pacht mit befristeten Verträgen bewirtschaftet. Gerade in den östlichen Bundesländern mit historisch gewachsenen Strukturen, einem hohen Pachtanteil und oft einer großen Zahl Eigentümer je Schlag, stellen Pachtflächen nahezu ein Ausschlusskriterium dar. Die erforderliche langfristige Sicherheit, die betreffende Fläche über mehrere Jahrzehnte bewirtschaften zu können, lässt sich kaum herstellen.

Die Anfangsinvestition der Flächenanlage ist sehr hoch und das Kapital ist lange gebunden. Der Kapitalrückfluss über die kommenden Jahrzehnte ist von vielen Unbekannten abhängig. Die Entscheidung zur Anlage einer Agroforstfläche ist eine langfristige und beinhaltet wenig Reaktionsspielraum – hier ist zusätzlich zum landwirtschaftlichen auch ein forstlicher Denkansatz erforderlich. Darüber hinaus gibt es kaum etablierte Absatzmärkte für die

vielfältigen möglichen Produkte aus Agroforst-Gehölzen und die langfristige wirtschaftliche Perspektive für die Baumkomponente ist unklar.

Oftmals fehlt einfach das erforderliche Fachwissen für die Umsetzung im Betrieb. Es bestehen Bedenken hinsichtlich der Bewirtschaftbarkeit der Acker- oder Grünlandkomponente und der Einfluss auf den Ertrag des Gesamtsystems Agroforst ist unbekannt. Funktionierende Praxisbeispiele mit entsprechender Ausstrahlung und Größe fehlen in der Agrarlandschaft. Rechtliche Unklarheiten sind durch die neue GAP zwar teilweise ausgeräumt, beim Blick auf das Naturschutzrecht bestehen jedoch immer noch Widersprüche. Und bei vielen PraktikerInnen besteht mittlerweile ein geringes Vertrauen in die Langfristigkeit (förder-)rechtlicher Regelungen.

Eine verallgemeinerbare Voraussage der Wirtschaftlichkeit von Agroforstsystemen ist aufgrund der Vielzahl möglicher Systeme, möglicher Vermarktungswege, unterschiedlicher betrieblicher und naturräumlicher Voraussetzungen sowie schwer vorhersehbarer Marktentwicklungen der kommenden Jahrzehnte nicht möglich. Selbst bei einer erfolgreichen Flächenanlage und Vermarktung der erzeugten Produkte kann die Wirtschaftlichkeit nicht gegeben sein.

Im Zusammenspiel mit den weiteren genannten Faktoren ist die verhaltene Resonanz der Praxis auf die Euphorie der Wissenschaft absolut verständlich.

10.3 Wege

Vor diesem Hintergrund wurden und werden seitens des TLLLR im Austausch mit anderen AkteurInnen verschiedene Wege gesucht, den Agroforstgedanken in die landwirtschaftliche Praxis zu bringen.

2022 startete das Projekt „Demonetz Agroforst Thüringen“ (agroforst.vfb.de) mit dem Ziel, Konzepte für standortangepasste und moderne Agroforstsysteme in Thüringen zu entwickeln. Im Projektverbund schlossen sich sechs interessierte Landwirtschaftsbetriebe zusammen, welche das Thüringer Betriebsspektrum gut abbilden. Es sind flächenstarke Agrargenossenschaften und kleine Ein-Mann-Betriebe vertreten, sowohl konventionell als auch ökologisch wirtschaftende Betriebe aus verschiedenen Regionen des Freistaates. Sie alle eint die Erkenntnis, dass die Agroforstwirtschaft eine wirksame Strategie für eine erfolgreiche Landwirtschaft sein könnte – insbesondere unter den sich verändernden Umweltbedingungen. Der Projektverbund wurde verstärkt durch spezialisierte Agroforstberater und -planer der Triebwerk UG und geführt durch den Verband für Agrarforschung und Bildung Thüringen (VAfB e.V.) in Supervision und Anleitung durch das

TLLLR. Eine Reihe assoziierter Partner ergänzte das Netzwerk, welches im Rahmen der Projektstätigkeit aktiv erweitert wurde – insbesondere im Hinblick auf mögliche Vermarktungswege für Agroforstprodukte. Neben einer Vielzahl von Informationsveranstaltungen für Landwirtschaftsbetriebe und weitere Interessierte bildete die einzelbetriebliche Beratung das Kernstück der Arbeiten. In mehreren Stufen konnten Betriebe soweit begleitet werden, bis auf Fläche und Betriebsausstattung abgestimmte konkrete Anlagekonzepte vorlagen, die in einem nächsten Schritt umgesetzt werden können um dann auch als Leuchttürme für weitere interessierte Betriebe zu dienen (Abb. 2). In Folgeprojekten soll dieser Weg weiter begleitet werden.

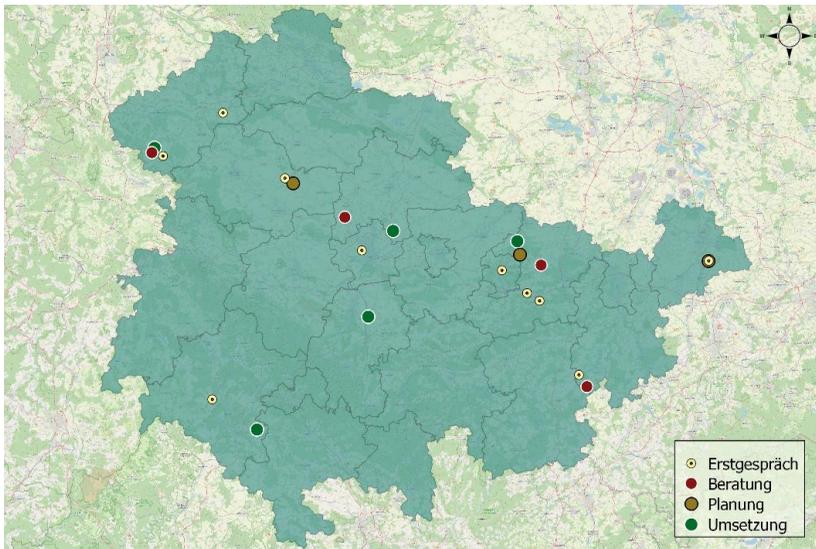


Abb. 2: Beratene Betriebe im Demonetz Agroforst Thüringen Stand 11/2023.

Über die Projektstätigkeit hinaus werden kontinuierlich Möglichkeiten eruiert, Agroforstwirtschaft auch wirtschaftlich konkurrenzfähig zu gestalten. Als dem Thüringer Landwirtschaftsministerium nachgeordnete Landesbehörde gehört es zum Aufgabenbereich des TLLLR, auch Empfehlungen und Einschätzungen zu förderrechtlichen Aspekten zu erarbeiten. Eine konkrete Empfehlung zur Einführung einer Investivförderung zur Unterstützung der hohen Anlagekosten besteht seit längerem, scheidet jedoch bisher noch an haushaltspolitischen Priorisierungen. Erfolgreich etabliert werden konnte jedoch eine umfangreiche Beratungsförderung mit ELER-Mitteln in Thüringen. Beginnend ab 2024 können Landwirtschaftsbetriebe somit die Leistungen der vom Land Thüringen beauftragten Agroforstberater in Anspruch nehmen und

sich von der Grobkonzeption über die Detailplanung bis hin zu einer Begleitung bei der Etablierung und Optimierung der Bewirtschaftung unterstützen lassen. Dabei ist ausschließlich die Umsatzsteuer durch die Betriebe zu finanzieren.

Auch weitere Finanzierungsmöglichkeiten werden im Blick behalten. Die Option, Agroforstanlagen als Produktionsintegrierte Kompensationsmaßnahme im Rahmen der Ausgleichsregelung nach §15 BNatSchG zu etablieren und entsprechend vergütet zu bekommen, ist bisher erst in Einzelfällen erprobt. Ein Beispiel ist das 2017 durch die Stadt Erfurt etablierte System (STADT ERFURT 2017). Zu berücksichtigen ist hier jedoch, dass naturschutzfachliche Aspekte einen höheren Stellenwert haben und die zuständigen Stellen unterschiedliche Ansprüche an die Ausgestaltung der Flächenanlage haben können. Darüber hinaus muss klar sein, dass die Kompensationsmaßnahme so lange bestehen muss wie der Eingriff, den sie ausgleicht. Eine Rückumwandlung der Fläche ist somit nicht vorgesehen.

Eine weitere Finanzierungsmöglichkeit kann sich zukünftig aus dem Kohlenstoffmarkt entwickeln. Das Thema ist in Form sogenannter Klimazertifikate oder carbon farming seit wenigen Jahren auch in der landwirtschaftlichen Praxis präsent. Aktuell fokussieren Zertifikatehändler noch auf die Mehrung des Bodenkohlenstoffs durch Anpassung von Bewirtschaftungsmethoden, wobei die Seriosität hier durchaus zweifelhaft ist (EGEL 2022). Agroforstsysteme speichern Kohlenstoff langfristig, sowohl in der Biomasse, als auch im Boden. Der Agroforstwirtschaft wird eine gute Chance attestiert, einen wesentlichen Beitrag zum ehrgeizigen Klimaziel der EU zu leisten (HÜBNER ET AL. 2022). Wenn diese Leistung zukünftig auch finanziell honoriert wird, steigt die Attraktivität für Landwirtschaftsbetriebe, sich diesem anspruchsvollen Landnutzungssystem zuzuwenden.

10.4 Fazit

Die intensive Beschäftigung mit der Agroforstwirtschaft in Thüringen zeigt, dass die Vorteile dieser nachhaltigen Landnutzungsform sowohl von Wissenschaft als auch Politik erkannt werden. Trotz der vielfältigen ökologischen und ökonomischen Potenziale bleibt die praktische Umsetzung jedoch hinter den Erwartungen zurück. Die Gründe dafür sind vielschichtig und reichen von rechtlichen Unsicherheiten über fehlendes Know-how bis hin zu wirtschaftlichen Bedenken der LandwirtInnen.

Um diese Hürden zu überwinden, wurden verschiedene Wege beschritten. Das "Demonetz Agroforst Thüringen" wurde ins Leben gerufen, um standortangepasste und moderne Agroforstsysteme zu entwickeln. Landwirtschaftsbetriebe wurden in diesem Rahmen intensiv beraten, um konkrete Anlagekonzepte zu entwickeln. Dabei spielten auch Vermarktungswege für Agroforstprodukte eine zentrale Rolle. Zusätzlich werden Möglichkeiten eruiert, die Agroforstwirtschaft wirtschaftlich konkurrenzfähig zu gestalten, darunter eine Investivförderung zur Unterstützung der hohen Anlagekosten.

Trotz der Fortschritte besteht jedoch weiterhin eine Diskrepanz zwischen dem Potenzial der Agroforstwirtschaft und ihrer tatsächlichen Umsetzung in der Praxis. Die Rolle von Fördermaßnahmen, Beratungsdiensten und potenziellen Finanzierungsmöglichkeiten, wie dem Kohlenstoffmarkt, wird in diesem Kontext deutlich. Die Attraktivität der Agroforstwirtschaft für Landwirtschaftsbetriebe könnte weiter steigen, wenn ihre ökologischen Leistungen auch finanziell honoriert werden. Angesichts des Klimawandels und der damit verbundenen Herausforderungen ist es wichtig, diese vielversprechende Landnutzungsform weiter zu fördern und praktikable Lösungen für eine nachhaltige Bewirtschaftung zu finden.

Quellen

BÄRWOLFF, M.; OSWALD, M.; BIERTÜMPFEL, A.; VETTER, A. (2012). Abschlussbericht Verbundvorhaben AgroForstEnergie: Ökonomische und ökologische Bewertung von Agroforstsystemen in der landwirtschaftlichen Praxis; Teilvorhaben 1: Standort Thüringen, Gesamtkoordination. <https://www.fnr.de/ftp/pdf/berichte/22004907.pdf>.

BÄRWOLFF, M.; JUNG, L.; VETTER, A. (2016). Abschlussbericht Verbundprojekt AgroForstEnergie II: Nachhaltige Erzeugung von Energieholz in Agroforstsystemen, Teilvorhaben 1: Ertragseffekte und Ökonomie,

Standort Thüringen, Gesamtkoordination. https://www.tlllr.de/www/daten/pflanzenproduktion/nawaro/feste_bio/AB_22016611_AFEII_TP1.pdf.

BMEL- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2023a). Inanspruchnahme Öko-Regelungen nach vorläufigen Antragsdaten der Länder ohne Kontrollen und Plausibilitätsprüfungen. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Presse/inanspruchnahme-oekoregelungen.pdf?__blob=publicationFile&v=3.

BMEL- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2023b). GAP-Strategieplan für die Bundesrepublik Deutschland. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/EU-Agrarpolitik-Foerderung/gap-strategieplan-version-2-0.pdf?__blob=publicationFile&v=4.

EGEL, C. (2022). Humusertifizierung. In: Tagungsband zur 31. Thüringer Düngungs- und Pflanzenschutztagung. 17. November 2022, Erfurt. S. 32-33. https://www.tlllr.de/www/daten/veranstaltungen/materialien/duengungstagung/2022_31thdpt_00_Tagungsband.pdf.

FÜRSTENAU, C.; HARZENDORF, D.; VETTER, A. (2016). Endbericht KUP am Fließgewässer – Streifenförmiger Anbau schnellwachsender Bäume entlang eines Fließgewässers zur Vermeidung von Stoffeinträgen. https://www.tll.de/www/daten/pflanzenproduktion/nawaro/ainfo/AB_99_22_KUPges.pdf.

HÜBNER, R.; BÖHM, C.; EYSEL-ZAHL, G.; KUDLICH, W.; KÜRSTEN, E.; LAMERSDORF, N.; MEIXNER, C. A.; MORHARDT, C.; PESCHEL, T.; TSONKOVA, P.; WIESMEIER, M. (2022). Kohlenstoffertifizierung in der Agroforstwirtschaft?! Potentiale, Erfassung und Handlungsempfehlungen. In: Berichte über Landwirtschaft 100 (2). <https://buel.bmel.de/index.php/buel/article/view/438>.

RUDOLF, C.; GRAF, T. (2018). Abschlussbericht SIGNAL - Nachhaltige Intensivierung der Landwirtschaft durch Agroforstsysteme. https://www.tlllr.de/www/daten/pflanzenproduktion/nawaro/feste_bio/031A5562F_Signal_AB_TLL_komplett.pdf.

STADT ERFURT (2017, 24.11.). 1. Thüringer Agroforst entsteht in Erfurt. Pressemitteilung. <https://www.erfurt.de/ef/de/service/aktuelles/pm/2017/128257.html>.

WEBER, M.; BIERTÜMPFEL, A.; RUDOLF, C.; GRAF, T. (2021). Abschlussbericht SIGNAL II - Nachhaltige Intensivierung der Landwirtschaft durch Agroforstsysteme, Teilprojekt F. https://www.tllr.de/www/daten/pflanzenproduktion/nawaro/feste_bio/ab_signal_II_ges.pdf.

Posterbeiträge

11 Etablierung von Agroforstsystemen in trockenen Lagen

Frank Burger ¹, Moritz Fäßler ¹

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

Keywords: AFS, Begründungsmethoden

Ziele des Projekts: Begründung, Entwicklung und Erprobung von funktionsfähigen Agroforstsystemen mit zukunftsfähigen Baumarten unter trockenen Klimabedingungen

Versuchsaufbau: Auf drei Standorten in Bayern werden Methoden zur erfolgreichen Begründung von AFS auf Ackerstandorten getestet. Zwei der Standorte befinden sich im bayerischen Klimahotspot Unterfranken, die dritte Versuchsfläche liegt in der Nähe der Donau und dient mit Ihrer guten Wasserversorgung als Vergleichsbasis. Neben Feldahorn, Edelkastanie, Baumhasel, Vogelkirsche und Flatterulme werden noch eine Reihe anderer Baumarten in Tastversuchen getestet.

Drei Methoden zur Etablierung werden untersucht:

- Wuchshüllen,
- Mulchfolie,
- Untersaat

Vorläufige Ergebnisse: Auf Insgesamt ist der Anwuchserfolg sehr gut. Über alle Baumarten und Methoden hinweg liegt er bei nahe 88 %. Am sichersten angewachsen sind die Flatterulmen mit Mulchfolie mit weniger als 1 % Ausfall über alle drei Standorte. Der beobachtete Zuwachs ist bei Vogelkirsche bisher am größten, gefolgt von Flatterulme und Feldahorn.



Abb. 1: Versuchsplan am Standort Schwarzenau

12 Kosten in der KUP-Ernte

Frank Burger ¹, Bettina Widmann ¹

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

Keywords: Pappel, Hackschnitzel. Erntekette

Seit über 30 Jahren betreibt die LWF angewandte Forschung zum Anbau von Kurzumtriebsplantagen. Die Ziele sind, Praxisempfehlungen zu Anlage, Pflege und Ernte zu geben sowie die Wuchsleistung der angebauten Baumarten über einen langen Zeitraum zu dokumentieren.

Eine Vielzahl von Erntemethoden wurde getestet, von der motormanuellen Ernte und den Einsatz hochmechanisierter Forsttechnik bis hin zu landwirtschaftlichen Mähverfahren.

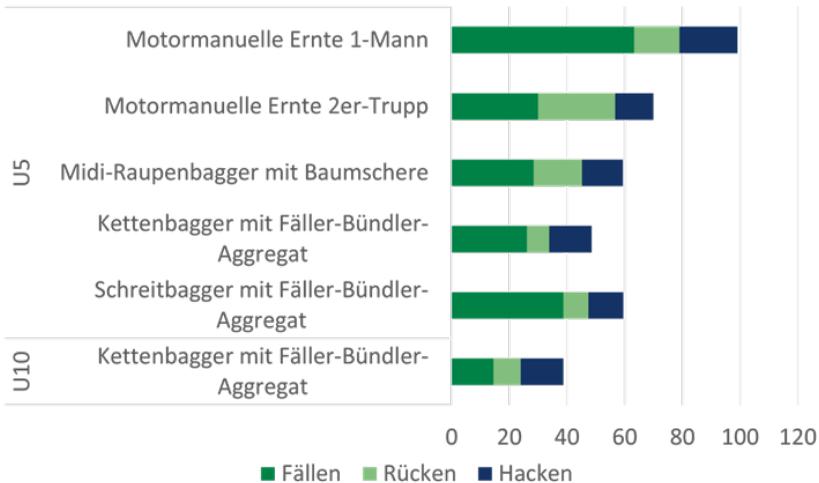


Abb. 1: Erntekosten in Euro pro Tonne Biomasse (absolut trocken) in Abhängigkeit von der Erntemethode und der Umtriebszeit (U5/U10 = 5-/10-jähriger Umtrieb)

Durch die Begleitung der Erntemaßnahmen mit Zeitstudien ist es möglich, konkrete Aussagen zur Arbeitsproduktivität und den Kosten dieser Ernteketten zu treffen. Diese beeinflussen die Wirtschaftlichkeit von Kurzumtriebsplantagen in hohem Maße.

Die niedrigsten Kosten im fünfjährigen Umtrieb verursachte mit knapp $49 \text{ € } t_{\text{atro}}^{-1}$ der Kettenbagger mit Fäller-Bündler-Aggregat. Midi-Raupenbagger und Schreitbagger liegen bei den Gesamtkosten etwa gleichauf. Bei den reinen Fällungskosten ist der Schreitbagger aber deutlich teurer – was an den hohen Stundensätzen dieser Spezialmaschine liegt. Die relativ hohen Rücke-kosten beim Midi-Raupenbagger sind nicht durch die Erntekette, sondern durch größere Rückeentfernungen bei der betreffenden Zeitstudie begründet. Am höchsten sind die Gesamtkosten bei den beiden motor-manuellen Ver-fahren.

Im zehnjährigen Umtrieb können die Kosten in Folge des Stück-Masse-Gesetzes geringer gehalten werden und liegen bei dem getesteten Erntesystem bei $40 \text{ € } t_{\text{atro}}^{-1}$. Es hat sich zudem herausgestellt, dass im U 10 die Frage Einzelfällung oder Sammelaggregat keine so große Rolle spielt wie im fünf-jährigen Umtrieb.

Am kostengünstigsten arbeiten die hier nicht dargestellten landwirtschaftlichen Mähverfahren; ihr Einsatz ist jedoch auf Umtriebszeiten bis etwa vier Jahre begrenzt.

13 Praxisnahe Messmethoden zur Analyse der Leistungsfähigkeit von Robinien

Christian A. Lange ¹, Dirk Knoche ¹, Fabian Schott ¹

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

Abstract. Seit 2014 werden jährlich ertragskundliche Untersuchungen an jungen Robinien unterschiedlicher Herkunft durchgeführt, die auf einer Rekultivierungsfläche im Tagebau Welzow (Brandenburg) stocken. Ziel war es, besonders aussichtsreiche Robinien-Prüfglieder zu identifizieren, um so konkrete Empfehlungen für den Anbau auf Kurzumtriebsplantagen sowie forstlichen Rekultivierungsflächen zu geben. Darüber hinaus erfolgten 2021 und 2022 auch physiologische Untersuchungen (Chlorophyll a-Fluoreszenz/Dualox[®]) an 200 Versuchsbäumen, um die physiologische Leistungsfähigkeit herkunftsbezogen einzuschätzen.

Die Untersuchungen ergaben u.a. eine unterschiedlich hohe photosynthetische Vitalität (PIABS) sowie variierende Chlorophyll- und Anthocyanengehalte in den Robinienblättern. Dabei wiesen die Robinien-Klone FRA3 sowie ROY in beiden Versuchsjahren die höchsten PIABS-Mittelwerte auf. Trockenphasen in der Vegetationsperiode 2022 führten gegenüber dem Versuchsjahr 2021 zu deutlich höheren Anthocyankonzentrationen (im Mittel: + 246 %).

Des Weiteren bestätigte sich, dass hohe physiologische Leistungskennwerte (z.B. PIABS) zu starkem Biomassewachstum führen. So erreichte der Robinien-Klon FRA3 auch im neunten Standjahr die höchste mittlere Gesamtwuchsleistung (GWL) von $65,5 \text{ } 28,7 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1}$, hingegen der Robinien-Klon LAN nur $28,7 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1}$ GWL. Der durchschnittliche Gesamtzuwachs (dGZ) an Biomasse liegt zum Ende des neunten Wuchsjahres herkunftsabhängig in einer Spanne von $3,19$ bis $7,28 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$.

Insgesamt hat sich die Kombination physiologischer und ertragskundlicher Methoden zum Nachweis der Leistungsfähigkeit von Robinien und somit zur Identifizierung standortsangepasster und robuster Robinien-Genotypen bewährt.

Keywords: Physiologisches Screening, *Robinia pseudoacacia*, Klonprüfung, Biomassewachstum

Quellen

- LANGE, C.A., KNOCHE, D., SCHNECK, V., ANDERS, A., (2021). Die Robinie – Anbauversuch unter schwierigen Bedingungen. *AFZ-Der Wald*, Heft 2 (2021), 24-29
- LANGE, C.A., KNOCHE, D., HANSCHKE, R., Löffler, S., SCHNECK, V. (2022). Physiological Performance and Biomass Growth of Different Black Locust Origins Growing on a Post-Mining Reclamation Site in Eastern Germany. *Forests* 2022, 13(2), 315; <https://doi.org/10.3390/f13020315>

14 Prüfung neuer amerikanischer Pappelklone für den Kurzumtrieb

Volker Schneck ¹

¹ Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Forstgenetik,
Eberswalder Ch. 3a, 15377 Waldsiedersdorf, Deutschland

Abstract. Die Anzahl zugelassener und für den Anbau im Kurzumtrieb geeigneter Pappelklone in Deutschland ist gering. Deshalb wurden Versuche zur Prüfung von in Nordamerika gezüchteten Pappelklonen initiiert. In den Jahren 2014 und 2015 wurden zwei Versuchsflächen mit 45 amerikanischen Klonen in Ostbrandenburg angelegt. Der überwiegende Teil dieser Klone entstammt Kreuzungen zwischen Amerikanischen und Europäischen Schwarzpappeln (*P. deltoides* x *P. nigra*). Zu Vergleichszwecken wurden auch bereits zugelassene und weitere in Sammlungen verfügbare Klone verschiedener Arten und Hybriden ausgespflanzt.

Beide Versuchsflächen wurden bisher zweimal beerntet. Die jährlichen Biomasseleistungen lagen nach der ersten Rotation im Durchschnitt bei 5,4 bzw. 7,4 $t_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1}$. Die besten Klone erreichten 8,0-9,0 bzw. 9,1-11,5 $t_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Nach der zweiten Rotation wurden im Durchschnitt 8,5 $t_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ geerntet, wobei die zwölf besten Klone mehr als 10 $t_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ erbrachten. Unter diesen befinden sich auch einige der amerikanischen Klone.

Keywords: Pappel, Populus, Nordamerika, Biomasse

