Der Robinien-Lehrpfad SCHWENOW: Waldbauliche Schlussfolgerungen aus einer aktuellen Wiederholungsaufnahme[1]

Jan Engel

1 Einleitung

Die nordamerikanische Robinie (*Robinia pseudoacacia* L.) – im Volksmund auch Akazie genannt – ist inzwischen eine alte Bekannte in Brandenburg. Allgegenwärtig, wenig beachtet, führt sie als Lichtbaumart jedoch vielfach ein Schattendasein. Seit über 340 Jahren ist sie in Brandenburg beheimatet. Als geschätztes Landschafts-, Rekultivierungsgehölz, Tropenholzersatz und Bienenweide bleibt ihr Anbau im Wald vielfach umstritten. Viele der Robinien- Bestände sind überaltert, pflegebedürftig und hinsichtlich des Holzertrags unbefriedigend. Andererseits wird ihr wertvolles Kernholz mehr denn je gefragt. Schließlich überzeugt die schnellwüchsige Baumart durch eine gewisse Hitze- und Trockenheitstoleranz. Angesichts spürbarer Klimaveränderungen könnte der „Baum des Jahres 2020" sogar strategisch eine alternative Baumart der Zukunft sein (vgl. *MLUK 2020*; Roloff u. Grundmann 2008), obwohl die Robinie aktuell auf weniger als 0,5 % der deutschen Waldfläche vorkommt.

Dass Baumarten Gegenstand öffentlicher Diskussionen sind, ist ein neu zu beobachtendes Phänomen, welches z. B. in online-Foren zutage tritt, wie anläßlich der Nominierung der Robinie zum Baum des Jahres 2020 (Abb. 1).

Spätestens hier zeigt sich, dass die gesellschaftlche Diskussion als zusätzlicher und gewichtiger Aspekt für die Waldwirtschaft wirksam wird. Am Beispiel Klimawandel und Baumartenwahl sollen die Einflüsse auf die Formulierung von Forschungsfragen, deren Bearbeitung und Überleitung in die Praxis dargelegt werden, welche auch das FastWOOD-Team geleitet haben. Die Abb. 2 zeigt den Klimawandel als Eingangsfaktor, denn dieser ist zweifellos spürbar. Über Ursachen und Gegenmaßnahmen sollte die wissenschaftliche Diskussion offenbleiben. Ein „weiter so" in der Waldbewirtschaftung wird es also nicht geben können. Es sei denn, dass keine Änderungen im Waldgefüge wahrgenommen würden. Dann wäre es eine komfortable Situation und alles bliebe wie bisher. Doch das ist leider nicht der Fall.

Also sind alternative heimische und nicht-heimische Baumarten einzubeziehen. Gäbe es diese nicht, landeten wir in einer Sackgasse. Glücklicherweise gibt es zahlreiche Alternativen, doch sind diese waldbaulich geeignet? Hier kommt ein neuer, wesentlicher Standortfaktor hinzu, die gesellschaftliche Akzeptanz. Diese sollte Forschung erst nehmen, sich aber nicht von ihr begrenzen lassen. Auch wenn diese zunächst bzw. noch nicht oder nur von meinungsstarken Minderheiten fehlte, sollte der Weg frei sein für Forschung und Entwicklung. Diese nützt jedoch nichts ohne die Überführung in die Praxis und eine kritische Evaluierung. Genau das möchte dieser Beitrag tun.

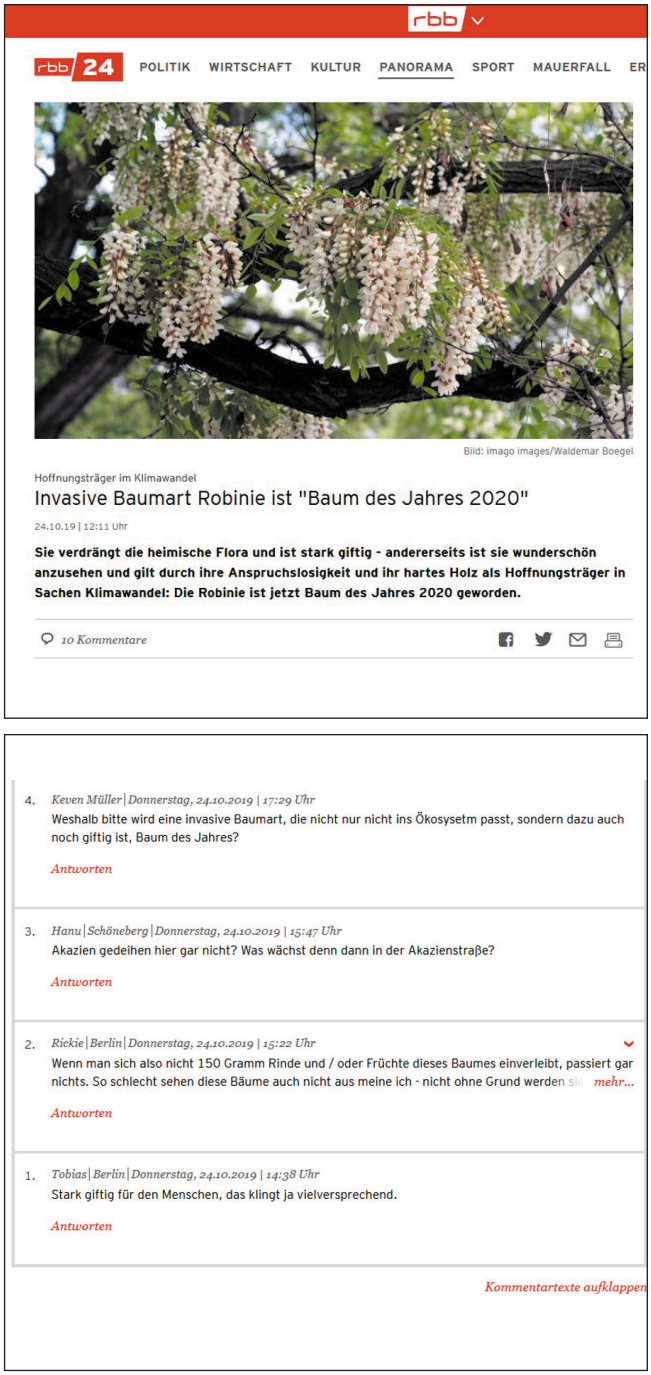

Abb. 1: Es geht doch nur um eine Baumart: Online-Forum mit teils zynischen, boshaften Kommentaren und der typischen Forumsdynamik zur Robinie als Baum des Jahres 2020

[1] Fortschreibung von Ergebnissen aus dem FNR-Projekt FastWOOD FKZ 22003111 & FKZ 22003211

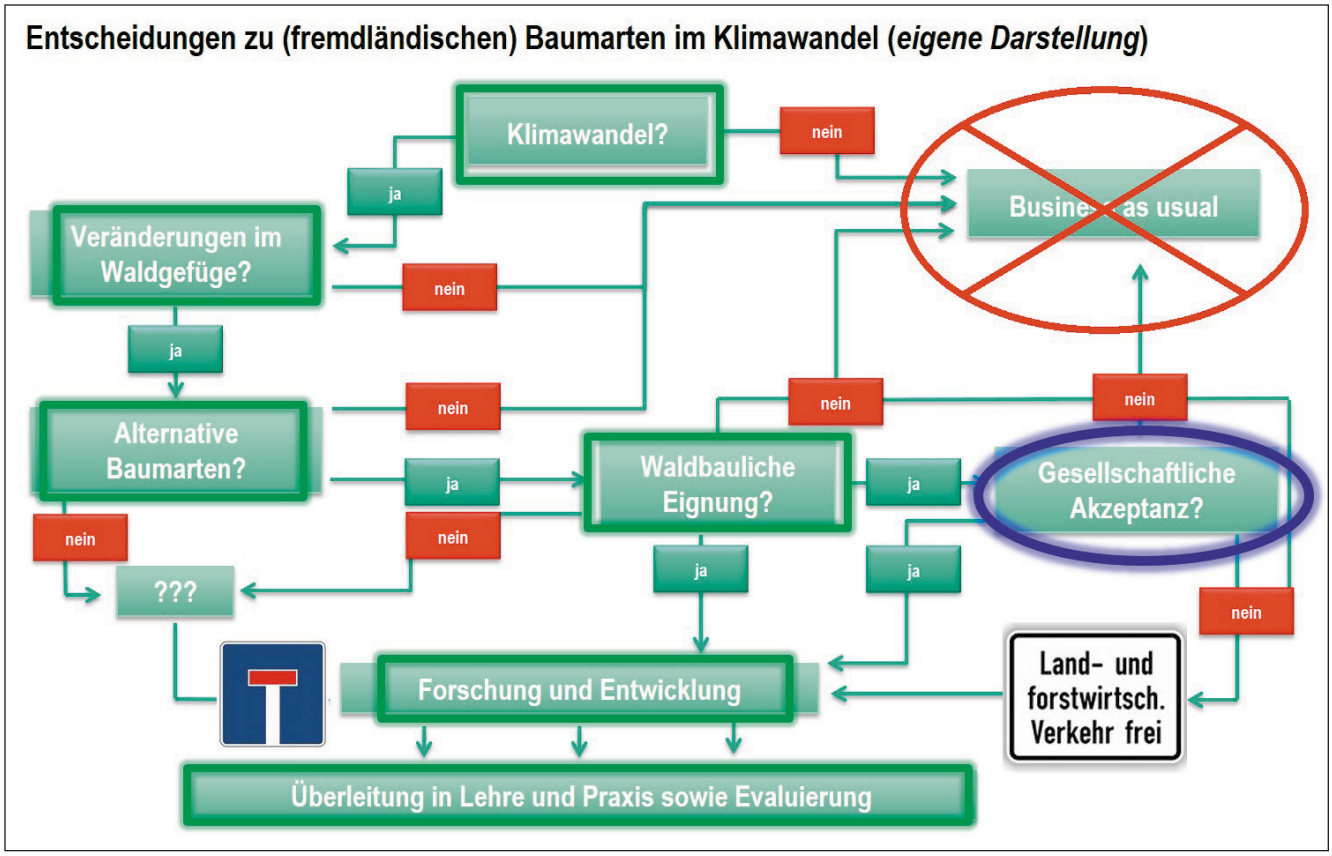

Abb. 2: Klimawandel, Baumartenwahl und gesellschaftliche Akzeptanz: Das Schaubild zeigt die Einflüsse auf die Formulierung von Forschungsfragen, deren Bearbeitung und Überleitung in die Praxis (eigene Darstellung)

2 Brandenburg – Ein Robinienland?

Die Robinie nimmt bundesweit etwa 34.000 ha Holzboden ein (BWI). Davon entfällt auf Brandenburg ein Vorkommen von 8.900 ha inventarisierte Fläche (Abb. 3) im Oberstand und rund 1.500 ha im Zwischen- und Unterstand (DSW2, 2020). Diese Flächen liegen zu 75 % im Privatwald, welches ein ausbaufähiges regionales Wertschöpfungspotenzial darstellt (Engel, Knoche 2020). Die rechtsschiefe Altersklassenverteilung weist auf eine Verjüngungsnotwendigkeit hin, da Robinie bei höheren Umtriebszeiten durch Kernfäule entwertet wird, was auch Verkehrssicherungsprobleme auslösen kann.

In den jüngeren Altersklassen etabliert sich die Robinie auch im Zwischen- und Unterstand, wofür waldbauiche Antworten zu finden sind.

Hervor sticht hier das rasche Jugendwachstum: Bis zum Alter von etwa 30 bis 50 Jahren übertrifft ihre Derbholzbildung viele andere Waldbaumarten (Lockow u. Lockow 2013). Im standörtlichen Optimum erreicht der Gesamtzuwachs an Biomasse (dGZ_B) in der Jugendphase bei Bewirtschaftung in kurzen Umtrieben maximale 10 t_{atro} ha^{-1} a^{-1} (KNOCHE u. ENGEL 2012a, b), auf speichertrockenen Rohböden des Lausitzer Braunkohlenbergbaus noch 7 t_{atro} ha^{-1} a^{-1}.

Die Abb. 4 zeigt eine Besonderheit des Robinienvorkommens in Brandenburg, nämlich die kleinen Behandlungseinheiten, die technologisch meist nicht effektiv bewirtschaftet werden können. Für den Privatwald, wo ein Großteil der Flächen liegt, bietet sich aber auch die Chance, die Dinge mit überschaubarem Einsatz „selbst zu machen".

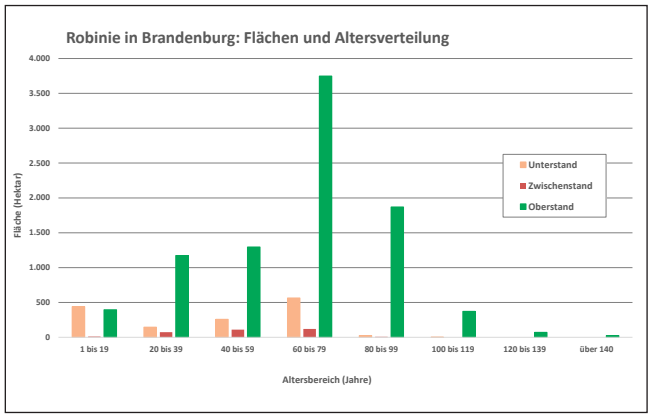

Abb. 3: Flächen- und Altersverteilung der Robinie in Brandenburg aus Daten des DSW2 (2021)

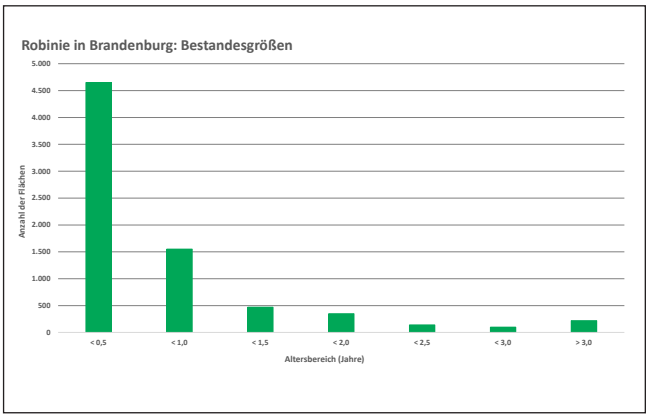

Abb. 4: Größenverteilung von Robinenbeständen in Brandenburg

Wie Robinienbestände sinnvoll verjüngt und ertragreich bewirtschaftet werden können, untersuchten das Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE) und das Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften (FIB) auf neun Versuchsflächen mit 36 Versuchsparzellen im Land Brandenburg im Forschungsverbund FastWOOD I-III (2009-2018) (Knoche et al. 2018). Dieser widmete sich in sieben weiteren Teilvorhaben/Institutionen insbesondere der Pappel- und Weidenzüchtung zur energetischen Nutzung in der Zeit der 2008er Finanzkrise und der Suche nach klimafreundlicheren regenerativen Energieträgern aus Biomasse.

Ursprünglicher Forschungsansatz des Teilprojektes Robinie im Forschungsverbund FastWOOD war die Erprobung von Verfahren zur vordringlichen energetischen Nutzung. Durch Erkenntnisfortschritte im laufenden Projekt (Erntetechnologien, Holzqualität, Wuchspotenzial und Neubewertung der primären ernergischen Nutzung von Waldholz) wurden kombinierte Verfahren entwickelt, welche auch die Erziehung wertvoller Holzsortimete verfolgen.

Leider werden die meisten abgeschlossenen Drittmittelprojekte nicht oder nur selten mit Haushaltsmitteln fortgeführt. So werden auch die Projektflächen als „nicht aktiv" im Versuchsflächenverzeichnis des LFE geführt. Die Fläche SCHWENOW, der während des Projektes etablierte Robinien-Lehrpfad, wird am LFE weiterhin extensiv bearbeitet.

3 Der Robinien-Lehrpfad SCHWENOW

Der brandenburgische Lehr- und Informationspfad Robinie liegt im Revier Schwenow der Landeswaldoberförsterei Hammer (Startpunkt an der Straße von 15859 Limsdorf nach Schwenow. GPS 52,15203 N; 14,02893 E).

3.1 Die Demonstrationsflächen

Auf einer Fläche von 1,0 ha mit 5 Bewirtschaftungsvarianten (Abb. 6) sind die Ergebnisse innovativer Verfahren zur Verjüngung und Pflege mit kombinierten Nutzungsoptionen (MLUK 2020) nebeneinander am konkreten Bestandesbild zu sehen. Sie werden von Informationstafeln (Abb. 5) erläutert, welche auf Basis der folgenden Ergebnisse aktualisiert werden sollen.

Versuchsanlage Robinien-Lehrpfad SCHWENOW	
5 „A-Grad", keine waldbauliche Behandlung seit 2009	
3 Z-Baumvariante „Auskesseln", Aufwuchs seit 2009	**4** Z-Baumvariante „Komplette Freistellung", Aufwuchs seit 2009
2 2 x 2-jährige Rotation, dann Aufwuchs seit 2013	
1 3 x 1-jährige Rotation, dann Aufwuchs seit 2012	
0 Durchgewachsener Ausangsbestand seit 1990	
Aufnahme (Google Earth) aus dem Frühsommer 2022. *Die Flächengröße (ohne Parzelle 0) beträgt 1,00 ha.*	

Abb. 5: Informationstafeln am Startpunkt des Robinien-Lehrpfades

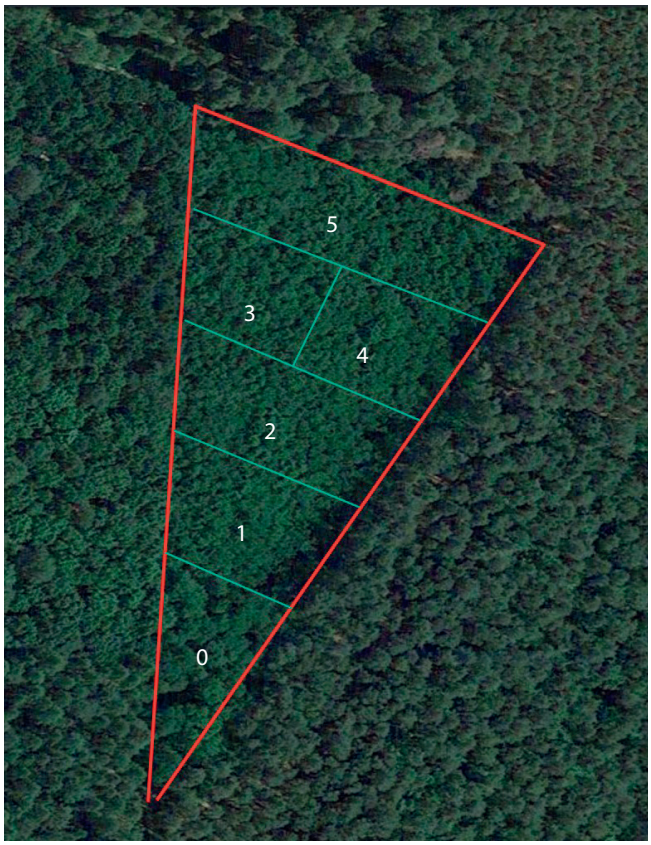

Abb. 6: Versuchsanlage der FastWOOD-Modellfläche SCHWENOW 1

Tab. 1: Waldbauliche Ausgangssituation auf der Fläche des Robinie-Lehrpfades SCHWENOW im Jahr 2009

Flächengröße	Forstort	Alter & Vorrat (2009)	Bonität	Bodentyp	Standorteinheit
1,00 ha[1]	LWaldobf Hammer Revier Schwenow Abt. 5191 c5	19 Jahre Vorrat: 104 Vfm (D)/ha	-0,1[2]	Normbraunerde (BBn)[3]	K2 (t)

[1] ohne Rückegassen 0,92 ha
[2] Relative Höhenbonität (EKL) nach Et Erteld (1952)
[3] Standortformengruppen nach SEA 95, Bodentyp nach AG Boden (2005)

Abb. 7: Normbraunerde: Bodenprofil des Lehrpfades SCHWENOW

3.2 Waldbauliche Ausgangssituation

Die Demonstrationsfläche ging aus einem 19-jährigen, wüchsigen und qualitativ mittlerem Ausangsbestand aus überwiegend Kernwüchsen hervor. Dieser Bestand wurde im Jahr März 2009 komplett genutzt (Tab. 1) und flächig beräumt. Auf dieser Freifläche wurden die verschiedenen Bewirtschaftungsvarianten etabliert. Der Standort ist als trockene bis mäßig frische und kräftige Sandbraunerde (Abb. 7) grundsätzlich laubholzfähig, wie auch Nachbarbestände aus Rot-Eiche und Buche zeigen. Auf der Fläche SCHWENOW 1 begünstigt ein mäßiger Stauwassereinfluss das Waldwachstum (Knoche u. Engel 2012b).

3.3 Bisherige Maßnahmen und heutige Situation auf dem Lehrpfad

Die hohe Wuchsdynamik der Roninie bei vegetativer Verjüngung, verstärkt durch die unterschiedlichen Maßnahmen auf den Versuchsparzellen, zeigen bereits in den wenigen Jahren der Beobachtung deutlich sichtbare Effekte und eröffnen Optionen für die waldbauliche Weiterbehandlung. Die folgende Tabelle Nr. 2 zeigt aktuelle Bestandesbilder der Versuchsvarianten und beschreibt bisher durchgeführte Maßnahmen und waldbauliche Kenngrößen.

Tab. 2: Versuchsvarianten und bisherige waldbauliche Maßnahmen auf der Fläche des Robinie-Lehrpfades SCHWENOW

Varianten und walbauliche Maßnahmen seit Anlage im Jahr 2009 Stand der Daten: 11/2021		Impressionen, Bestandesbilder
0	**Durchgewachsener Ausgangsbestand** Aufwuchs seit 1990, frühere Eingriffe nicht bekannt. Referenzbestand, bisher keine weiteren waldbaulichen Eingriffe. Vorrat: 204 Vfm^3 (D)/ha (Erteld 1951). DGZ: 6,37 $fm/ha^{-1}/a^{-1}$ entspr. 4,78 t_{atro} $/ha^{-1}/a^{-1}$ Kernwuchs Stammzahl: 633/ha DG: 22,6 cm HG:18,2 m	 *Abb. 8: Parzelle 0 im Herbst 2021*

Varianten und walbauliche Maßnahmen seit Anlage im Jahr 2009 Stand der Daten: 11/2021		Impressionen, Bestandesbilder
1	**3 x 1-jährige Rotation** Danach Aufwuchs seit 2012 3x komplette Ernte in den Jahren 2009, 2010, 2011 für Hackschnitzel. Frühe Auswahl von 54 Z-Baum-Anwärtern 08/2014 (216 Stk./ha). Entnahme von Bedrängern 11/2017 (Foto) mit Werbung von 834 Stangen (14,3rm; 6,7t) pro Hektar. Vorrat: 50,0 t_{atro} Vornutzungen: 29,5 t_{atro} GWL: 79,5 t_{atro} Wurzelbrut : Stockausschlag = 49 : 41 Stammzahl: 1.185/ha DG: 10 cm HG: 14 m	 *Abb. 9: Parzelle 1 im Herbst 2017*
2	**2 x 2-jährige Rotation** Danach Aufwuchs seit 2013. 2x komplette Ernte in den Jahren 2010, 2012 für Hackschnitzel. Frühe Auswahl von 57 Z-Baum-Anwärtern 08/2014 (226 Stk./ha). Entnahme von Bedrängern 11/2017 mit Werbung von 1.176 Stangen (16,0rm; 7,4t) pro Hektar. Vorrat: 44,0 t_{atro} Vornutzungen: 49,6 t_{atro} GWL: 93,6 t_{atro} Wurzelbrut : Stockausschlag = 64 : 36 Stammzahl: 1.110/ha DG: 10 cm HG: 14,2 m	 *Abb. 10: Parzelle 2 im Herbst 2021*
3	**Z-Baumvariante „Auskesseln“** Aufwuchs seit 2009. Frühe Auswahl und Markierung von 21 Z-Baum-Anwärtern (170 Stk./ha) 12/2011 und Entnahme der Bedränger. Vorrat: 70,2 t_{atro} Vornutzungen: 7,8 t_{atro} GWL: 78,0 t_{atro} Wurzelbrut : Stockausschlag = 26 : 74 Stammzahl: 967/ha DG: 13 cm HG: 15,8 m	 *Abb. 11: Parzelle 3 im Herbst 2021*

Varianten und walbauliche Maßnahmen seit Anlage im Jahr 2009 Stand der Daten: 11/2021		Impressionen, Bestandesbilder
4	**Z-Baumvariante „Komplette Freistellung“** Aufwuchs seit 2009 Frühe Auswahl und Markierung von 17 Z-Baum-Anwärtern (144 St./ha) 12/2011 und deren komplette Freistellung mit Werbung für Hackschnitzel. Vorrat: 41,5 t_{atro} Vornutzungen: 42,0 t_{atro} GWL: 83,5 t_{atro} Wurzelbrut : Stockausschlag = 45 : 55 Stammzahl: 958/ha DG: 12 cm HG: 13,2 m	 *Abb. 12: Parzelle 4 im Herbst 2021*
5	**„A-Grad“, keine waldbauliche Behandlung** Aufwuchs seit 2009 Frühe Auswahl und Markierung von 38 (182 Stk./ha) Z-Baum-Anwärtern 12/2011 zur Beobachtung der Entwicklung ohne Eingriffe Vorrat (GWL): 72,5 t_{atro} 118 Vfm^3 (D)/ha (Erteld 1951) Vornutzungen: keine Wurzelbrut : Stockausschlag = 42 : 58 Stammzahl: 1.475/ha DG: 11 cm HG: 15,1 m	 *Abb. 13: Parzelle 5 im Herbst 2021*

3.4 Ertragserfassung

Auch in dieser Folgeaufnahme ging es klassisch um eine Ertragserfassung der Biomasse für Rohstoff und Energie (Substitution) bzw. Kohlenstoff-Speicherung. Die gesellschaftlichen, politischen und ökonomischen Prioritäten wechselten bereits während der Projektlaufzeit und aktuell steht auch Bioenergie wieder im Blickpunkt des Interesses.

Durch das Projekt FastWOOD existieren allometrische Biomassefunktionen in Abhängigkeit vom Triebbasisdurchmesser (D00) bzw. Brusthöhenduchmesser (D13) und für verschiedene Durchmesserbereiche der Bestände kleiner bzw. größer 10cm (vgl. Knoche, Engel, 2012b). Für diesen Beitrag fiel daher die Entscheidung wegen der Durchmesserverteilung der Bestände und aus Gründen der Arbeitsökonomie auf die blaue (Abb. 14) Funktion mit dem Bezug D_{13}.

$$TM\,[kg] = 0{,}236715 * D_{1.3}^{2{,}2178}$$

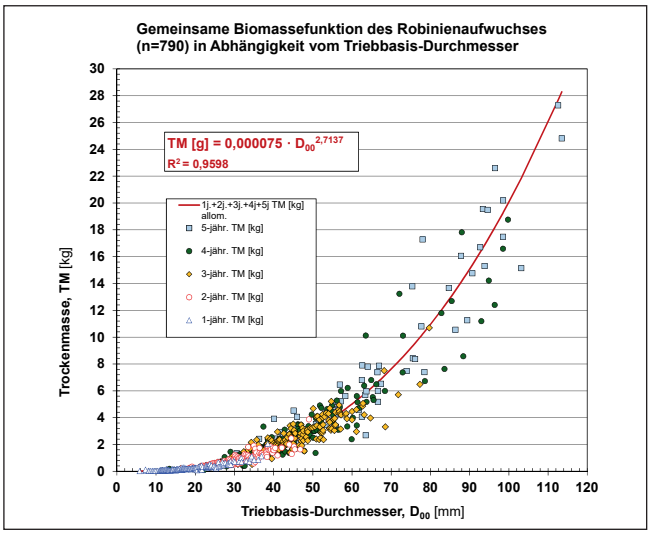

Abb. 14: Allomterische Biomassefunktion für junge Robinienbestände

3.5 Bisherige Wuchsleistung

Nach den ersten acht Aufwuchsjahren zeigte sich über alle Standorte und Varianten ein durchschnittlicher jährlicher Gesamtzuwachs an Biomasse - dGZB: Ø 5,7 t_{atro}/ha/a; die Gesamtwuchsleistung (GWL) lag von 21,8 bis 76,1 t_{atro}/ha. Die stärksten Wachstunseffekte zeigten sich im 2. – 5. Jahr.

Im Mai 2011 trat ein starkes Spätfrostereignis auf, welches auf allen Standorten jedoch im laufenen Jahr durch Neuaustrieb kompensiert wurde. Ab dem 5. Jahr nähert sich die anfänglich stark differenzierte Zuwachsleistung der Bestände einander an, so dass bis dahin die Bestandesbehandlung wirken sollte. Die relative Oberhöhenbonität der Verjüngungsbestände folgt dabei dem Ertragsniveau der Ausgangsbestockungen.

Weiteres frühes Ergebnis aus FastWOOD ist die Ertragssteigerung bis zum vierjährigen Aufwuchs mit zwei- bis vierjährigen Rotationen. Der durchschnittliche Gesamztzuwachs (dGZ) lag im Mittel über alle 9 FastWOOD-Standorte in 1-jähriger Rotation bei 4,74 t_{atro}/ha/a und bei 4-jährigem Aufwuchs bei 8,02 t_{atro}/ha/a.

Die dort produzierten Hackschnitzel sind jedoch noch zu feinfaserig mit hohem Splint- und Rindenanteil und daher in modernen Holzfeuerungen mit automatischer Beschickung nicht einsetzbar.

Die Rotationszyklen haben jedoch einen großen Effekt als Kultur- und Jungwuchspflege.

Kürzere Rotationszyklen haben einen geringeren wachstumssteigernden Effekt. Die Pflanzen brauchen Zeit, ihr Wachstumspotential zu entwicklen (Abb. 15) . Ab dem dritten Jahr ist bei dieser „jungdynamischen" Baumart wieder ein Rückgang des Zuwachses zu verzeichnen, welcher zusätzlich von Frost, Mäusen, Gras oder Witterung beeinflusst werden kann.

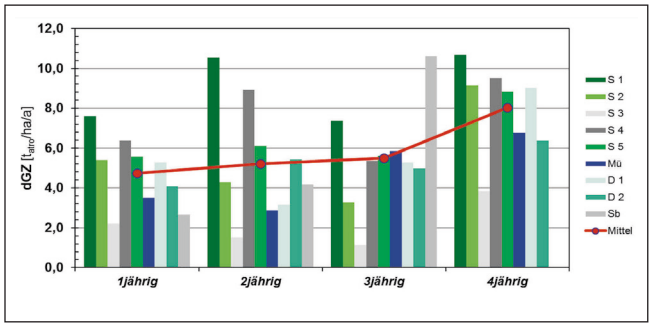

Abb. 15: Jährlicher (dGZ) durchschnittlicher Gesamtzuwachs von ein- bis vierjährigen Robinienbeständen. Knoche, Lange, Engel (2017)

Die nachfolgend mit den Daten von Westhäuser (2022) ausgewertete Wiederholungsaufnahme zeigt, wie sich die bisherigen Rotationen und Behandlungskonzepte auch weiterhin auf das weitere Wachstum nach dem Ende von FastWOOD auswirkten.

3.6 Arbeitsverfahren und Holznutzung

In der Versuchsreihe kamen drei verschiedene Arbeitsverfahren zur Pflege der Bestände bzw. zur Werbung von Hackschnitzeln und Holz zum Einsatz

- Motormanuelles Verfahren mit Freischneider und Sägeblatt bzw. leichter Motorkettensäge für Kulturpflege ohne Hozwerbung
- Vollmechanisiertes Verfahren zur Werbung von Hackschnitzeln mit Harvester und Fäller-Bündler-System für Kultur-Jungwuchspflege (Abb. 16). Rückung mit Forwarder und Hackung am Bestandesrand direkt in LKW
- Motormanuelles Verfahren mit kleiner Motorkettensäge und Heraustragen (Vorlieferentfernung bis 50m) zur Werbung von Stangen/Pfählen.

Durch die unregelmäßige Pflanzenverteilung mit starken Stockausschlägen auf den zumeist kleinen Flächen und die Vorgaben zu Bodenschutz und Zertifizierung ist die Nutzung klassischer KUP-Erntetechnik im Wald nicht möglich.

Abb. 16: Fäller-Bündler-System BRACKE bei der flächigen Ernte der Zwischenfelder auf Parzelle 4

Herkömmliche Fäll-Bündel-Aggregate (vgl. Stoll, Burger, 2012) für die Schwachholzernte zur Energieholznutzung im frühen Bestandesalter waren zum Zeitpunkt der Versuchsreihe nur bei entsprechenden Erntemengen (>10 t pro Jahr und Hektar) oder Preisen von über 100,- EUR/t für Hackschnitzel (Knoche et al., 2014b) wirtschaftlich einsetzbar.

Der Einsatz dieser Technik kann bei größeren Bestandeseinheiten auch als Investition in die Bestandespflege mit innerbetrieblicher Nutzung der Biomasse dienen, da die jung produzierten Hackschnitzel mit hohem Splint- und Rindenanteil noch zu feinfaserig und daher für moderne Holzfeuerungen mit automatischer Beschickung nicht geeignet sind.

Kulturpflege

Wie sind wir also zu diesen jetzigen Beständen gekommen?

Es erfolgte je nach Variante eine komplette motormanuelle (Abb. 17) Entnahme des Stockausschlages nach einem Jahr (3 mal) und nach zwei Jahren (2 mal), um der Wurzelbrut gegenüber den sperrigen Stockausschlägen einen Wachstumsvorsprung zu ermöglichen und dadurch die Qualität des Aufwuchses zu erhöhen.

Wegen der ursprünglichen Zielstellung Biomasse erfolgte die Ertragserfassung auf diesen Flächen mit im Projekt aufgestellten Biomassefunktionen in systematischen Probekreisen.

Zeitaufnahmen für das motormanuelle Verfahren sind wegen der ertagskundlichen und späteren technologischen Ausrichtung leider nicht erfolgt. Zur Orientierung können die Festbeträge für geförderte Waldumbaumaßnahmen (MLUK, 2022a) im Land Brandenburg gelten, welche zwischen 440,- EUR und 660,- EUR pro ha für erschwerte Bedingungen liegen.

In einem weiteren Schrit wurden wegen der begrenzten Projektlaufzeit bereits 2 Jahre nach dem (Wieder-)Aufwuchs Z-Bauman-

Abb. 17: Kulturpflege mit Freischneider und Sägeblatt

wärter ausgewählt. Das war nach klassischen Waldbauverfahren zwar sehr gewagt, aber möglich, wie die folgenden Ergebnisse der aktuellen Aufnahmen untermauern.

Jungbestandspflege

Eine erste wirtschaftliche Nutzungsmöglichkeit ergab sich bei der Läuterung in den Parzellen 1 und 2 im November 2017. Nach früher Auswahl von Z-Baum-Anwärtern und nach vorausgegangener „kurzumtriebiger" Nutzung mit folgendem Aufwuchs seit 2012 bzw. 2013 erfolgte dort die Freistellung dieser Bäume von ihren stärksten Bedrängern mit Werbung von Robinienstangen (3m) im motormanuellen Verfahren mit kleiner Motorkettensäge und Heraustragen (Vorlieferentfernung bis 50m). Wenn auch mit einem geringen Mittendurchmesser von rund 7cm (m. R.) bei einer Sortimentslänge von 3m, ergab sich eine Nutzung von rund 800 Stangen pro Hektar (~15 rm, 7t)

Bei einem Zeitaufwand von ca. 12 min pro Stange GAZ und einer max. manuellen Vorlieferentfernung von 50m (Kalkulierter Stundenlohn incl. MKS-Zeit 35,- EUR/h) ergaben sich 7,- EUR Lohnkosten pro Stange. Im Netz werden etwas stärkere Sortimente „gehobelt" für 35,- EUR/Stück (www.robinia24.de) oder „Natur" geschält für 42,- EUR/Stück (https://hoefer-naturholz.de/rundholz-robinie.htm) angeboten. Das hier angefallene Sortiment fand zu einem auskömmlichen Preis einen Abnehmer im Gartenbau im nahen Berlin. Legt man vergleichbare Richtwerte für solche Maßnahmen zugrunde, z. B. Fördersatz für Jungwuchs-/ Jungbestandspflege 357,- €/ha (brutto) der ForstGAKFöRL M-V (2020), kann man also bereits im sehr frühen Bestandesalter eine Jungbestandspflege mit positiven wirtschaftlichen Erlösen verbinden, auch wenn weniger zu vermarktendes Holz anfällt. Selbst ohne Holzerlös ist es eine lohende Investition in die Zukunft, wie die aktuellen Bestandesbilder zeigen und spätere Untersuchungen weiter belegen mögen.

4 Wiederholungsaufnahme der Bestandessituation im November 2021

Nach den letzten ertragskundlichen Aufnahmen zum Abschluss des Projektes FastWOOD im Jahr 2016 erfolgte im November 2021 eine Wiederholungsaufnahme im Rahmen einer vom Autor betreuten Bachelor-Arbeit (Westhäuser, 2022) im Studiengang Forstwirtschaft an der Hochschue Eberswalde.

4.1 Gesamtwuchsleistung (GWL) und durchschnittlicher Gesamtzuwachs (dGZ)

Wesentliche ertragskundliche Ergebnisse finden sich zusammenfassend auch in der vorherigen Tab. 2, doch werden sie hier zusätzlich vergleichend mit den Ergebnissen und Schlussfolgerungen der ersten Aufnahmen dargestellt.

Die Darstellung in Abb. 19 vergleicht die erste Untersuchungsperiode 2009-2013 (Bewirtschaftungsphase in der Projektlaufzeit FastWOOD) und den gesamten Betrachtungszeitraum von 2009 – 2021. Im Mittel über alle Flächen ergibt sich eine Gesamtwuchsleistung (GWL) von 81,8 t_{atro} pro Hektar bei einem Median von

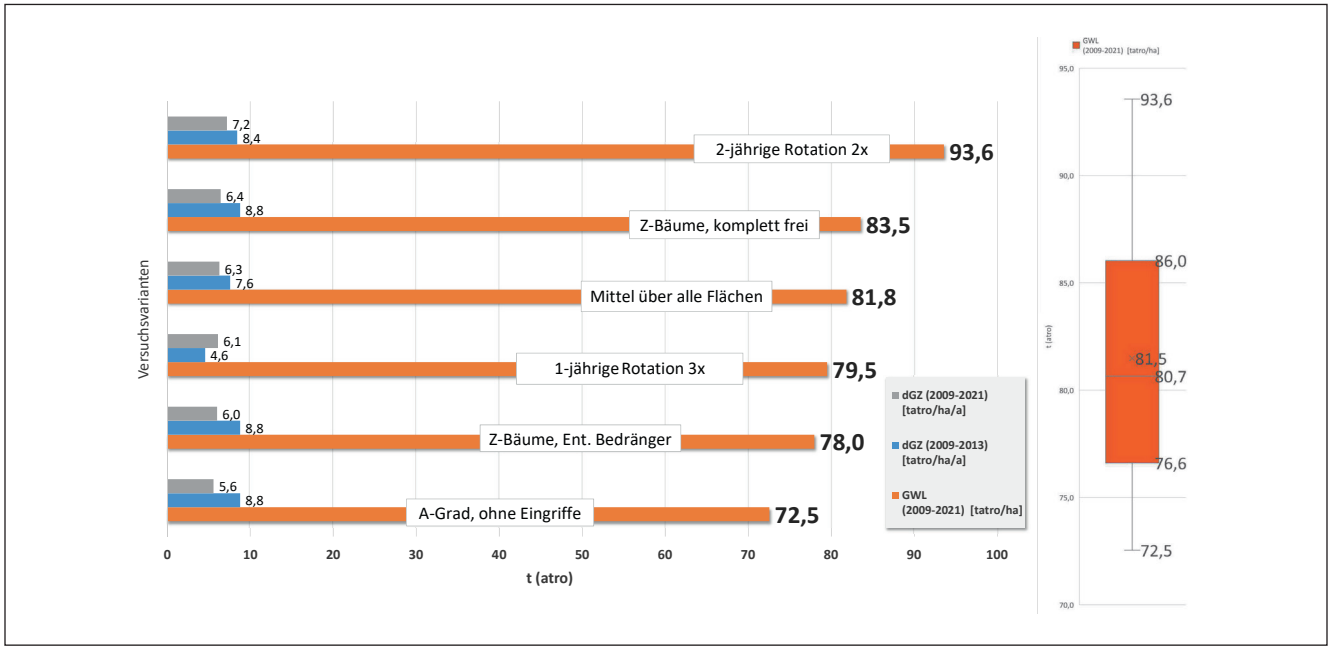

Abb. 19: Gesamtwuchsleitung und durchschnittlicher Gesamtzuwachs der Parzellen von 2009 bis 2021

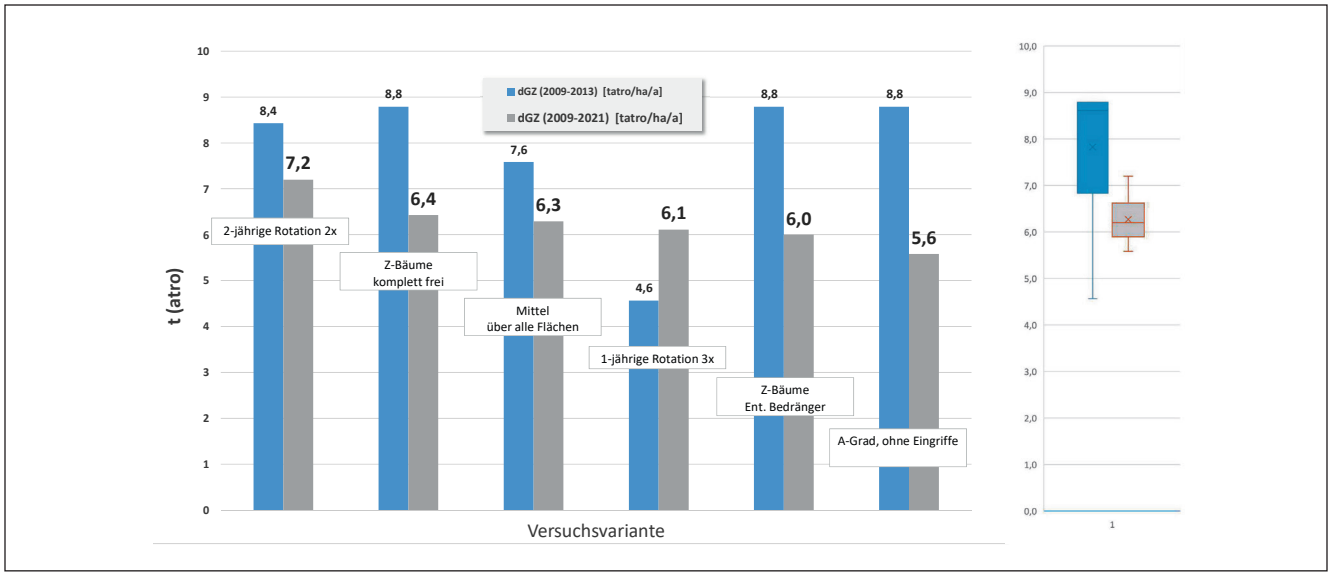

Abb. 20: Durchschnittlicher Gesamzuwachs: Vergleich der Wachstumsperioden

80,7 t_{atro}. Außerhalb des 50 %-Bereichs des Boxplots liegen als unterer Ausreißer nur der A-Grad als unbehandelte Fläche und oberhalb die Parzelle 2 mit der 2-jährigen Rotation. Damit heben sich diese in der Wuchsleistung signifikant von den anderen Varianten ab. Diese Tendenz zeigt sich bereits in der ersten Untersuchungsperiode auch im durchschnittlichen Gesamzuwachs (dGZ).

Dieser erhöht sich im Vergleich bis heute auf der unbehandelten Fläche durch die ausgebliebenen Eingriffe, jedoch zu Lasten der Stabilität und Qualität. Ein Wachstumseffekt durch die frühe und auch mehrfache Nutzung bzw. Pflege in mehr als 1-jährigen Abständen ist zu erkennen. Dieser zeigt sich auch in der Parzelle der komplett freigestellten Z-Baumanwärter, wo der nach zwei Jahren entnomme Nebenbestand noch einmal aufwachsen konnte. Das ist auch umgekehrt zu erkennen, wo das Wachstum in den Zwischenfeldern der nur ausgekesselten Z-Baumanwärter so nicht angeregt wurde. Damit bestätigt sich die Annahme aus der ersten Untersuchungsperiode, dass eine jährliche Nutzung keinen Wachstumseffekt hervorbringt, sondern zwei- bis vierjährige Zyklen das Wachstum und die Quaität verbessern.

Das zeigt auch ein genauerer Blick auf den durchschnittlichen Gesamtzuwachs (dGZ) in der Abb. 20. Ein zunächst höherer dGZ nach den teilweise mehrfachen frühen Eingriffen und den mitgenommenen Wachstumseffekten in der ersten Untersuchungsperiode verringert sich dann wieder über den längeren Zeitraum.

Der verspätete Wachstumseffekt der 3 x1-jährigen Rotation zeigt sich daran, dass nur in dieser Variante der dGZ für die gesamte Periode gestiegen ist aber trotzdem noch unter dem aktuellen Mittel aller Flächen liegt. Die mehrmalige kurze Rotation ist also weder für die effektive Nuzung von Energieholz (hier Hackschnitzel) noch als Bestandespflege für Wachstum dienlich, allerdings augenscheinlich für die Steigerung der Qualität. Auch beim dGZ erreicht die 2 x 2-jährige Rotation den höchsten frühen Zuwachs aller Varianten und hält diesen deutlichen Vorsprung von rund 15 % über dem Mittel aller Flächen, was im ersten Untersuchungszeitraum so deutlich noch nicht in Erscheinung trat.

Die unbehandelte Fläche 5 (A-Grad) liegt auch beim dGZ an letzter Stelle aller Varianten und rund 12 % unter dem Mittel aller Flächen. Durch teils mehrfach vorausgegange Nutzungen auf den anderen Parzellen lassen sich wachstumssteigernde Pflege-Effekte und die Erhöhung der Qualität der Bestände erzielen.

Der in der ersten Untersuchungsperiode noch gleiche dGZ der Parzellen 3, 4, 5 liegt an der bis dahin noch gleichen oder noch nicht begonnenen Behandlung. Deren Wirkungen zeigen ich erst nach 2013.

4.2 Entwicklung des Ausgangsbestandes ohne Eingriffe

Wie sich der Ausgangsbestand ohne Eingriffe durch FastWOOD und ohne weitere Bestandesbehandlung weiterentwickelt hat, zeigt die folgende Abb. 21.

Die GWL des durchgewachsenen Ausgangsbestandes in Höhe von 204 Vfm ergibt einen DGZ von 6,37 fm/ha/a bzw. 4,78 t/ha/a (ohne bekannte Vornutzungen), so dass auch im späteren Alter noch guter Zuwachs „ohne Pflege“ generiert wird. Möglichkeiten der Vornutzung und der Qualitätssteigerungen wurden dabei natürlich nicht ausgeschöpft. In eine abschießende Gesamtbetrachtung müsste zudem die vorzeitige Nutzung im Bestandesalter von 19 Jahren im Jahr 2009 der anderen Parzellen mit einbezogen werden.

Abb. 21: Der durchgewachsene Ausgangsbestand ohne weitere Bestandesbehandlung

4.3 Das Verhältnis Stockausschlag zu Wurzelbrut

Im Durchschnitt über alle Flächen zeigt sich ein ausgeglichenes Verhältnis von ~ 50:50. In den beiden in 1/1 und 2/2 bewirtschafteten Parzellen wurde durch frühe Pflege (Nutzung) das Verhältnis zur stabileren Wurzelbrut verschoben, wodurch die wertorientierte Bewirtschaftung weitergeführt werden kann.

Die Z-Baum-Parzelle 3 hat – wegen der ausgebliebenen frühen Pflege in den Zwischenfeldern- den geringsten Anteil Wurzelbrut, doch konzentriert sich diese auf die von ihren Bedrängern freigestellten Z-Bäume als Wertträger.

Durch die komplett freigestellten Z-Bäume in Parzelle 4 wurde in den Zwischenfeldern ein verspäteter Pflege-Effekt erreicht, der dort zu einem höheren Anteil an Wurzelbrut führte und weitere waldbauliche Möglichkeiten eröffnet, zumal die Z-Baumanwärter erwartungsgemäß keine „Zukunft" mehr haben (vgl. auch Westhäuser, 2022).

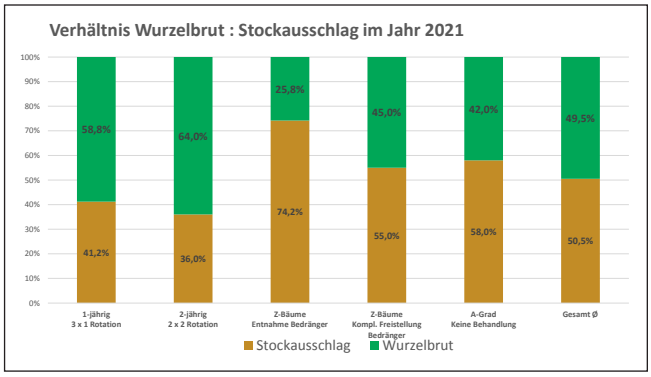

Abb. 22: Verhältnis Wurzelbrut zu Stockausschlag auf den Parzellen im Jahr 2021

In der unbehandelten Variante übernimmt der Stockausschlag die Führung und konzentriert hier die Biomasse mit der steigenden Gefahr des Ausbruchs und der Wurzelfäule, wenn in längeren Umtriebszeiten gewirtschaftet werden soll.

4.4 Entwicklung der Varianten der Z-Baum-Bewirtschaftung

Der zunächst kurzen Projektlaufzeit geschuldet, wurden auf den Parzellen sehr früh und in hoher Zahl Z-Baumanwärter ausgewählt und gekennzeichnet. Das geschah, nachdem das ursprüngliche Projektziel der Energieholzproduktion im Kurzumtrieb um die Perspektive der Verjüngung und stofflichen Nutzung erweitert wurde.

Je nach vorausgegangener Behandlung wurden nach bis zu dreijähriger (Wieder-)Aufwuchszeit zwischen 139 und 219 Z-Baumanwärter pro Hektar (Tab. 3) ausgewählt.

Im hier 9. bis 13. Jahr haben alle Z-Baumanwärter die Derbholzgrenze deutlich überschritten und Höhen der ausgehenden Läuterungsphase erreicht (Tab. 3). Während ausgefallene bzw. umgesetzte Z-Baumanwärter auf den früh mehrfach gepflegten bzw. genutzten Flächen größtenteils aus der Reserve ausgeglichen werden konnten, war das auf der unbehandelten Fläche durch die Dominanz sperriger Stockausschläge nicht mehr möglich, obwohl hier zunächst nur 30 % Ausfall zu verzeichnen war. Die verbleibende Anzahl von 139 St./ha ist grundsätzlich mehr als ausreichend, doch bestehen diese vielfach aus weiter umbrechenden Stockausschlägen.

Die komplett freigestellten Anwärter verloren durch den ausgeprägten „Bogenlampen-Effekt" alle ihren Status und sind vielfach sogar ganz ausgefallen. Nach der Entnahme von bis zu drei Bedrängern fielen über die Jahre auch fast 40 % der Bäume aus oder setzten nach unten um, wovon die Hälfte neu ausgewählt werden konnte. Das signifikant starke Durchmesserwachstum der komplett freigestellten Bäume wurde am Ende mit extremen Qualität- und Stabilitätsverlust bis zum völligen Ausfall erkauft und das in Verbindung mit dem geringsten Höhenzuwachs aller Varianten. Die signifikant (bei Beachtung der unterschiedlichen Alter im Jahr 2021) größten Höhen erreichten die Z-Baumanwärter, die behutsam von Ihren Bedrängern freigestellt worden sind.

Ein rationelle, frühe und bei Absatzchancen auf Biomasse auch mehrfache Pflege lenkt den Zuwachs auf die vielversprechende Wurzelbrut und bringt einen qualitativ guten Dichtstand hervor, bei der man sehr früh bei Auswahl von Z-Baumanwärtern aus dem Vollen schöpfen kann. Die Durchmesserleistung ist durch extremen Freistand in frühen Jahren, jedoch zu Lasten der Qualität, deutlich zu steigern. Die gemäßigte Entnahme von Bedrängern hat dabei sichtbare Wirkung auf das Höhenwachstum, Qualität und GWL des Gesamtbestandes.

Tab. 3: Entwicklung der Varianten der Z-Baum-Bewirtschaftung im Herbst 2021

Parzelle	1-jährig 3 x 1 Rotation	2-jährig 2 x 2 Rotation	Z-Bäume Entnahme Bedränger	Z-Bäume Kompl. Freistellung Bedränger	A-Grad Keine Behandlung
Auswahl	2014	2014	2011	2011	2011
Anzahl auf Parzelle	53	52	17	6	29
bisher ausgeschieden	16	13	7	6	9
davon neu	15	8	3	0	0
Anzahl pro Hektar	219	213	138	0	139
Alter	10	9	13	13	13
mittlerer D1.3 (cm)	11,6	11,4	15,4	17,1	14,3
mittlere Höhe (m)	14,8	14,2	16,7	14,2	16,2

5 Waldbauliche Empfehlungen

Eine aktive Bewirtschaftung von Robinienbeständen lohnt sich, denn dadurch eröffnen sich verschiedene Optionen, wie energetische, stoffliche oder kombinierte Nutzung in unterschiedlichen Produktionsräumen, Kohlenstoffspeicher und auch ein späterer Waldumbau.

Aus dem Ursprung des FastWOOD-Projektes und den aktuellen Ergebnissen werden daher die folgenden waldbaulichen Empfehlungen in Stichpunkten ausgesprochen.

- Die Qualität und Perspektive des Ausgangsbestandes entscheiden über den Nutzungszeitpunkt. Dieser kann bereits bei 20 Jahren liegen.
- Eine flächige Nutzung ist effektiv und für die Verjüngung sinnvoll aber nicht notwendig (Kahlschlagvermeidung).
- Eine frühe und mehrfache Pflege kann motormanuell effektiv erfolgen. Die energetische Nutzung unter einer Umtriebszeit von 8 Jahren ist nicht zu empfehlen.
- Forstschutzaspekte sind Wild, Frost, Mäuse, Gras.
- Eine Z-Baumauswahl von bis zu 200 Z-Baumanwärtern/ha nach 2 Jahren ist zwar sehr gewagt, aber möglich, wie die aktuellen Aufnahmen untermauern.
- Eine frühe Jungbestandspflege erscheint angesichts der hohen Wuchsdynamik lohnenswert. Die Freistellung von Z-Baumanwärtern sollte bis zum Alter 5 erstmals erfolgen und kann ab dann bereits Sortimente mit positivem Deckungsbeitrag erzeugen.
- Für die weitere Bestandesbehandlung wird Kronen- und Schaftpflege empfohlen. Mischbaumarten sind zu fördern.

5.1 Vegetative Verjüngung als Standortvorteil im Klimawandel

Nach der Beräumung der Ausgangsbestände entwickelten sich bereits im ersten Jahr bis zu 40.000 Ruten pro Hektar mit einem Verhältnis von Wurzelbrut zu Stockausschlag von 30:70 ohne weitere Pflegeeingriffe. Durch das etablierte Wurzelwerk der Altbäume erreichten diese im ersten Jahr Höhen bis rund 3 Meter. Dieses Potenzial konnte durch die verschiedenen Bewirtschaftungsvarianten in den ersten Jahren gesteigert und auch gelenkt werden, wie in diesem Beitrag gezeigt wurde.

Die Robinie steht hiermit exemplarisch für fremdländische Baumarten mit hohem vegetativen Verjüngungspotenzial, einer meist in Vergessenheit geratenen bzw. negativ beurteilten Eigenschaft. Damit können auch die Spätblühende Traubenkirsche oder Pappelsorten eine neue waldbauliche Rolle bei Wiederbewaldung, Walderhalt oder Zwischennutzung einnehmen. Für die perspektivisch steigende Herausforderung des Waldbrandschutzes kann hier Anleihe beim aus der Vergangenheit bekannten Anbau und der Bewirtschaftung der Rot-Eiche genommen werden.

5.2 Mischung

Die Notwendigkeit der Mischung zum Aufbau klimastabilerer Waldbestände wird anerkannt, doch wurde aus Kapazitätsgründen dieser Aspekt im Projekt FastWOOD und auch durch Westhäuser (2022) nur subjektiv wahrgenommen. In den aktuellen *„Empfehlungen zur Mischung von Baum- und Straucharten im Wald. Die Baumartenmischungstabelle (BMT)“* (MLUK, 2022b) wird die Robinie als „eingebürgerte Gehölzart (EB)“ geführt, weil sie sich in Brandenburg als eingebürgert/etabliert in freier Natur und ohne menschliche Hilfe über mehrere Generationen als Population erhält.

Die Robinie gilt in der BMT als Begleitbaumart (BBA, bis 30 %). Nichtheimische Laubbaumarten werden entsprechend der Baumartenmischungstabelle als BBA gefördert. Eine Förderung als Mischbaumart (MBA) ist ausgeschlossen, wie zum Beispiel bei Rot-Eiche und Robinie, da (auf allen Standorten) mindestens zwei heimische Baumarten als MBA förderfähig sind. Die Robinie taucht in meist kleinbestandsweisem Vorkommen auch auf ziemlich armen und trockenen Standorten als BBA auf (bis 30 %).

In Mischungen kann die Robinie ergänzen und dadurch stabilisierend/füllend wirken und in von Robinien dominierten Verjüngungen können sich nach der baldigen natürlichen oder früh gelenkten Lichtstellung ausreichend Mischbaumarten etablieren.

Damit ist der Fokus auf Mischungsregulierung zugunsten der heimischen Baumarten und auf den Schutz vor schädigendem Wildeinfluss zu richten.

6 Diskussion

Die Wiederholungsaufnahme einer Fläche, welche nach dem Abschluss eines Drittmittel-Projektes als „abgehakt“ hätte gelten können, zeigt die Notwendigkeit einer langfristigen Beobachtung von klassischen, also nicht modellierten, forstlichen Versuchflächen. Erkenntnisse aus dem Projekt konnten weiter bestätigt, aber auch Veränderungen sichtbar gemacht werden. Ebenso haben sich nach der Projektlaufzeit neue und alte ökonomsche, ökologische, gesellschaftliche und politische Fragen aufgeworfen.

So ging es in diesem Beitrag einmal wieder um um GWL und DGZ, was oft schon in Vergessenheit geraten war. Doch das ist nicht nur ein wichtiger Parameter für die Rohstofferzeugung, sondern auch für die C-Speicherung. Auch hier zeigt sich der Wechsel in der Priorität gesellschaftlicher Ansprüche.

Entgegen früher Hoffnungen sind nennenswerte Erträge auf schwachen und auch trocken und warmen Standorten nicht zu erwarten, jedoch werden Diversifizierung, Risikostreuung oder auch einfach der Walderhalt damit unterstützt. KUP und Energieholz sind auch bei Robinie den besseren und landwirtschaftlichen Standorten vorbehalten, auf denen nun noch mehr Flächenkonkurrenz (Nahrungsmittel, Energie, Infrastruktur) herrscht. Wie auch Westhäuser (2022) herausgesellt hat, wurden auf den Versuchsflächen bisher nur vier, wenn auch teils kombinierte, Bewirtschaftungsverfahren erprobt. Damit ist nicht auszuschließen, dass andere Verfahren zu mehr Wertschöpfung führen könnten. Da die Parzellen 1 und 2 ähnlich behandelt wurden und sich vergleichbar entwickelten, könnte eine dieser Flächen perspektivisch noch in ein anderes Bewirtschaftungsverfahren überführt werden.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Das hohe Verjüngungspotenzial der Robinie durch Stockausschlag und Wurzelbrut eröffnet vielfältige waldbauliche Optionen aber auch Risiken. Durch frühe und gezielte waldbauliche Maßnahmen können Wert- und Masseleistung der Bestände gesteigert und gelenkt werden. Das wertvolle Holz mit vielfältigen Nutzungsoptionen kann durch das kleinflächige Vorkommen vor allem im Privatwald besonders zur regionalen Wertschöpfung beitragen, wobei es aufgrund der bisher geringen Flächenausdehnung weiter ein Nischenprodukt bleiben wird. Im Klimawandel kann die Robinie eine strategisch alternative Baumart der

Zukunft in Nordostdeutschland werden. Aus Naturschutzgründen sensible Bereiche wie Offenland-Biotope und Magerstandorte sind von der Robinie freizuhalten.

Vor dem Hintergrund KLIMAWANDEL und ROHSTOFFVERSORGUNG können bisher unscheinbare, unbequeme oder unbekannte Baumarten neue Perspektiven für die Forstwirtschaft im Klimawandel bieten. Alternative Bewirtschaftungsverfahren zum klassischen Hochwald eröffnen neue Wege für eine risikoärmere Verjüngung und ertragreiche Nutzung. Entscheidungsträger in der Forstwirtschaft (Waldbesitz, Verwaltung, Lehre und Forschung) müssen Baumarten und Verfahren für eine zukunftssichere Waldwirtschaft weiterhin auf den Prüfstand stellen. Steigende gesellschaftliche Ansprüche an den Wald sind mit Blick auf den Klimawandel und damit hinsichtlich der Frage des Walderhalts und der Rohstoffversorgung zu hinterfragen und ggf. neu zu formulieren. Die Ergebnisse können aber auch Impulsgeber für die Bewirtschaftung anderer, bisher nicht gelittener, stockausschlagfreudiger Baumarten werden, wie z. B. Spätblühende Traubenkirsche oder Rot-Eiche sein auch für Aufgaben des Waldbradschutzes. Es steht zu befürchten, dass wir Zeiten entgegensteuern, in denen nicht mehr die Frage zählt, welche Baumarten wachsen, sondern ob welche wachsen.

8 Vielen Dank

Mein Dank geht an das Team Schwenow, insbes. Lothar Welke und Joachim Schmelz (LFB), Dr. Dirk Knoche, Dr. Christian Lange & Kollegen (FIB) sowie Joel Westhäuser (HNEE) und Prof. Dr. Jens Schröder (LFE).

9 Literaturverzeichnis

9.1 zitierte Literatur

Ag Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. Auflage, Hannover. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 438 S.

Bwi³, Bundeswaldinventur 3 (2014): http://www.bundeswaldinventur.de

Dsw² (2021): Abfrage Datenspeicher Wald 2 für das Land Brandenburg. Landesbetrieb Forst Brandenburg. Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE).

Engel, J. u. Knoche, D. (2011): Energie aus dem Stock - Zur Bewirtschaftung der Robinie im Schnellumtrieb. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 45: 25-35.

Erteld, W. (1952): Wachstum und Ertrag der Robinie im Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik. Dissertation, Forstwissenschaftliche Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, Eberswalde.

ForstGakförl m-v (2020): Richtlinie zur Förderung forstwirtschaftlicher Maßnahmen im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes". (ForstGAKFöRL M-V). Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt vom 23. Juli 2019 – VI 210/7445.1 – 1. Änderung vom 22.11.2020. URL: https://www.wald-mv.de/static/Wald-mv/Dateien/Forstbehoerde/Finanzielle%20Foerderung/nichtamtl_%20Lesefassung_1_%C3%84_VV_ForstGAKF%C3%B6RL_22_11_2020.pdf

Knoche, D. u. Engel, J. (2012a): Robinie: Lichtbaumart beendet ihr Schattendasein - Brandenburg erprobt Schnellwuchsbetrieb als nachfrageorientierte Bewirtschaftungsstrategie für die Robinie. Holz-Zentralblatt 1/2012: 16-17.

Knoche, D. u. Engel, J. (2012b): Verbundvorhaben. Züchtung schnellwachsender Baumarten für die Produktion nachwachsender Rohstoffe im Kurzumtrieb (FastWOOD), Teilvorhaben 7 & 8: Modellprojekt zu Begründungsverfahren der Robinie. Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 8: 143-164.

Knoche, D., Rupprecht, S., Engel, J. u. Lange, C. (2014b): Bewirtschaftung der Robinie in Brandenburg - eine finanzmathematische Analyse. AFZ-Der Wald 2/2014: 40-43.

Lockow, K.-W. u. Lockow, J. (2013): Die Robinie (*Robinia pseudoacacia* L.). Eine schnellwachsende Baumart mit wertvollen Holzeigenschaften. Mitt. d. Ges. zur Förderung schnellwachsender Baumarten in Norddeutschland e.V., Heft 1/2003: 1-7.

MLUK (2022a): Anlage EU-MLUK-Forst-RL. Festbeträge für Maßnahmen zum Waldumbau durch Entwicklung standortgerechter und stabiler Mischbestände und naturnaher Waldgesellschaften im Land Brandenburg gemäß Maßnahmenbereich I. Stand 1. August 2022.

URL: https://forst.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Festbetragstab%2001.pdf

MLUK (2022b): Empfehlungen zur Mischung von Baum- und Straucharten im Wald. Die Baumartenmischungstabelle. Eberswalde, 91 Seiten.

Roloff, A. u. Grundmann, B. (2008): Waldbaumarten und ihre Verwendung im Klimawandel. Archiv f. Forstwesen u. Landsch.ökol. 42: 97-109.

Stoll, B. u. Burger, F. (2012): Fäller-Bündler-Technologie in der KUP-Ernte. LWF-aktuell 90/2012: 18-19.

Engel, J.; Knoche, D. (2020): Die Robinie: Eine »kurzumtriebige« Baumart mit vielfältigen Nutzungsoptionen – LWF Wissen 84: 67-75.

Mluk (2020): Informationen für Waldbesitzer. Hinweise zur Bewirtschaftung von Robinien-Beständen in Brandenburg. Faltblatt, 12 Seiten. 2. Auflage.

Westhäuser (2022): Neuaufnahme des Robinien-Lehrpfades SCHWENOW und waldbauliche Schlussfolgerungen. Bachelor-Thesis zum Erreichen des akademischen Grades Bachelor of Science (B.Sc.) an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Fachbereich Wald und Umwelt, Studiengang Forstwirtschaft. 31 Seiten.

9.2 Weiterführende Literatur

Blümke, S. (1950): Die Robinie in Deutschland. Forstw. - Holzw., Nr.1: 8.

Bongarten, B.C., Huber, D. u. Apsley, D. (1992): Environmental and genetic influences on short-rotation biomass production of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in the Georgia Piedmont. Forest Ecology and Management 55: 315-331.

Büssow, P., Jander, A. u. Scholz, C. (1997): Robinienwirtschaft in Ostbrandenburg. In den nächsten zwei Jahrzehnten muß mehr Robinie vermarktet werden. Holz-Zentralblatt 116: 1686.

C.A.R.M.E.N. - Centrales-Agrar-Rohstoff-Marketing- Und Energie-Netzwerk e.V. (2012): http://www. carmen-ev.de/dt/energie/hackschnitzel/hackschnitzelpreis_grafiken.html

Dini-Papanastasi, O. (2008): Effects of clonal selection on biomass production and quality in *Robinia pseudoacacia* var. *monophylla* Carr. Forest Ecology and Management 256, 849-854

Eberhardinger, A. (2010): Innovative Energieholzernte-Ernteverfahren mit Fäller-Bündler-Aggregaten bieten neue Möglichkeiten. EnergieHolz 2010: 14-18.

Fehrmann, L. (2006): Alternative Methoden zur Biomasseschätzung auf Einzelbaumebene unter spezieller Berücksichtigung der k-Nearest Neighbour (k-NN) Methode. Georg-August-Universität Göttingen, Fakultät für Forstwissenschaft und Waldökologie, Dissertation.

Hapla, F. (1998): Robinien-Holzprodukte europaweit nachgefragt. Holz-Zentralblatt 133: 1976-1977.

Jürgens, A. (2012): Modellierung des Biomassepotentials von Robinie im Kurzumtrieb auf forstlichen Flächen in Brandenburg. Diplomarbeit, Studienfachbereich Geographie, Technische Universität Dresden (TUD).

Ketterings, Q, M., Coe, R., Van Noordwijk, M., Ambagu, Y. u. Palm, C.A. (2001): Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. Forest Ecology and Management 146: 199-209.

Knoche, D. u. Engel, J. (2011): Eine Wiederbelebung historischer Bewirtschaftungsformen? Projekt zur vordringlich energetischen Nutzung der Robinie in Brandenburg. AFZ-DerWald 9/2011: 26-28.

Knoche, D., Engel, J. u. Lange, C. (2014a): Bewirtschaftung von Robinien-Beständen in Brandenburg - Ergebnisse aus dem FNR-Projekt FastWOOD. Informationen für den Waldbesitzer, 12 S.

Kröber, M. U. Heinrich, J. (2014): Optimierung der Flächenausnutzung bei der Anlage von Kurzumtriebsplantagen. AFZ Der Wald 21/2014: 63-67.

Kowarik, I. (1990): Zur Einführung und Ausbreitung der Robinie (*Robinia pseudoacacia* L.) in Brandenburg und zur Gehölzsukzession ruderaler Robinienbestände in Berlin. Verh. Berl. Bot. Ver. 8: 33-67.

Küchler, S. (2001): Stand und Entwicklung des Rohholzaufkommens der Robinie in Ungarn - Unter besonderer Betrachtung der Rohholzqualität. Diplomarbeit, Professur für Forst- und Holzwirtschaft Osteuropas, Technische Universität Dresden (TUD).

Kudlich, W. (2014): Energiewald profitabler als Ackerbau? Der Mittlere Umtrieb. AFZ Der Wald 21/201: 10-12.

Landgraf, D. (2012): Die Begründung von KUP auf Kleinstflächen. AFZ Der Wald 15/2012: 10-11.

Landgraf, D. u. Heydeck, P. (2014): Pilzinfektion in neu begründeten Robinienbeständen. AFZ-Der Wald 2/2014: 44-45.

Manig, K. (2001): Grundlagen zur Erarbeitung eines Marketingkonzeptes am Beispiel der Baumart Robinie unter besonderer Berücksichtigung des Forstbetriebes Sauen. Diplomarbeit, Technische Universität Dresden, Fakultät Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften.

Manthe, K. (2010): Alters- und standortsabhängiges Stockausschlagsvermögen der Robinie (*Robinia pseudoacacia* L.) nach einjährigem Umtrieb in Brandenburg. Bachelorarbeit, Fachrichtung Forstwirtschaft und Ökosystemmanagement, Fachhochschule Erfurt.

Molnár, S. (1992): Die Robinie eine vernachlässigte Holzart wird salonfähig. Internationaler Holzmarkt 7, 8: 9-11.

Nemestóthy, N. (2012): Energieholzzerkleinerung - vom wertvollen Holzrohstoff zum Hackschnitzel oder zu Staub? BFW-Praxisinformation 28, 24-26., www.waldwissen.net

Pecenka, R., Schweier, J. u. Lenz, H. (2014): Was kostet die Ernte von KUP? Praxiserprobte Erntetechnologien im Vergleich. AFZ-Der Wald 21/2014: 6-9.

Rédei, K., Csiha, I. u. Keserü, Z. (2011): Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.). Short-rotation crops under marginal site conditions. Acta Silv. Lign. Hung. 7: 125-132.

Röhle, H., Hartmann, K.-U., Steinke, C. u. Murach, D. (2009): Leistungsvermögen und Leistungserfassung von Kurzumtriebsbeständen. In.: Reeg, T, Bemmann, A., Konold, W., Murach, D. u. Spiecker, H. (Hrsg.): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen: 41-55.

Rupprecht, S. (2012): Die Rentabilität der Robinie (*Robinia pseudoacacia* L.) im Land Brandenburg bei Nieder-, Mittel- und Hochwaldbewirtschaftung. Masterarbeit, Fachrichtung Umweltwissenschaften, Masterstudiengang Raumentwicklung und Naturressourcenmanagement, Technische Universität Dresden (TUD).

Schröck, O. (1953): Beitrag zur Züchtung der Robinie (*Robinia pseudoacacia*). Der Züchter 23: 266-272.

Sea 95. Schulze, G. u. Kopp, D. (1996): Anleitung für die forstliche Standortserkundung im nordostdeutschen Tiefland. Schwerin, Eberswalde.

Spinelli, R., Schweier, J. u. De Francesco, F. (2012): Harvesting techniques for non-industrialk biomass plantations. Biosystems Engineering 113: 319-324.