

Pilotprojekt zum Kurzumtrieb der Robinie (*Robinia pseudoacacia* L.) in Brandenburg

Pilot project concerning coppice management of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in the Federal State of Brandenburg

Dirk Knoche und Jan Engel

Zusammenfassung

Auf Brandenburg entfallen mit 8.100 ha knapp 60 % der bundesweiten Robinienbestockung. Dies entspricht zwar nur 0,6 % der Holzbodenfläche des Bundeslandes, angesichts von Klimaveränderungen gewinnt die ausgesprochen genügsame und trockenresistente Pionierbaumart aber an strategischer Bedeutung. Jedoch lässt sich ihr Ertragspotenzial mit praxisüblichen Umtriebszeiten von 80 bis 100 Jahren kaum ausschöpfen; viele Robinienbestände sind qualitativ unbefriedigend. Es gilt nunmehr Produktionslinien zu entwickeln, welche der besonderen Wuchsdynamik und hohen Regenerationsfähigkeit entgegen kommen. Hierzu wurden 2009 neun typische 19- bis 68-jährige Reinbestände in einen Kurzumtrieb überführt.

Trotz negativer klimatischer Wasserbilanz (Vegetationsperiode) zeigen selbst stark versauerte (pH_{KCl} 3,2-4,6), grundwasserferne ($\text{nFK}_{100\text{cm}}$ 48-119 mm) Glazialsande der Standortformen Z2 bis K2 ein bemerkenswertes Leistungsniveau. So

beträgt der mittlere Jahreszuwachs $4,34 t_{\text{atro}}$ je ha (einjährige Rotation, 2009) bzw. $5,38 t_{\text{atro}}$ je ha (zweijährige Rotation, 2010). Im Vergleich zu Agrarholzflächen (KUP) ist jedoch die Ertragsdifferenzierung wesentlich größer, bei entsprechender Bestockungsdichte und Standortgüte sind bis zu $9,98 t_{\text{atro}}$ je ha und Jahr möglich. Dem gegenüber steht ein laufender jährlicher Zuwachs der Robinie in Brandenburg von rund $5,0 \text{ Vfm}$ je ha bzw. $3,75 t_{\text{atro}}$ je ha (Derbholz).

Die Wurzelbrut nimmt etwa $1/3$ bis $2/3$ des stammzahlreichen Aufwuchses von 31-64 Tsd. Ruten je ha ein. Es kann zur Ausbildung klonaler Bestandesstrukturen kommen, vitale Genotypen setzen sich durch. Gleichzeitig bewirkt die Bestockungsverdichtung eine Homogenisierung des Bestandes, was waldbauliche Perspektiven jenseits der reinen Energieholzproduktion eröffnet. Vorrangiges Produktionsziel sind dann hochwertige Schwachholzsortimente in mittelwaldartiger Bewirtschaftung bzw. „Midi-Rotation“.

Stichworte: Robinie, schnell wachsende Baumart, Kurzumtrieb, Energiewald, Biomasseproduktion, Verjüngungsverfahren

Abstract

Although Black Locust covers only 0.6 % of the wooded area in Brandenburg, this quite drought and heat tolerant pioneer tree species is of strategic importance under climate change. However, yield potential cannot be achieved in common management practice with rotation periods of 80 to 100 years; besides the quality of many *Black Locust* stands is unsatisfactory. Therefore, it demands production strategies that promote especial growth dynamics and high regeneration potential as well. To this end, nine typical 19-68 year-old pure stands were converted to short rotation management in 2009.

Despite negative climatic water balance (growing season), *Black Locust* shows high productivity even on strongly acidic ($\text{pH}_{\text{KCl}} 3.2-4.6$) free-draining glacial sands ($\text{PAWC}_{100\text{cm}} 48-119 \text{ mm}$) of site units Z2 to K2. The mean annual biomass increment amounts to $4.34 \text{ dry Mg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ for a one-year (2009), and $5.38 \text{ dry Mg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ for a two-year (2010) rotation period. However, compared to short-rotation coppice on agricultural land (SRC), yield differentiation is much higher; for a suitable stocking density and site quality up to $9.98 \text{ dry Mg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ are possible. In contrast, the Black Locust current annual increment in Brandenburg is some $5.0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (merchantable timber), or $3.75 \text{ dry Mg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ (compact wood).

The root sprouts comprise about $1/3$ to $2/3$ of altogether 31-64 thousand coppice shoots per hectare. The formation of clonal stand structures can result; vital genotypes are dominating. Simultaneously, increasing stocking density causes stand homogeneity, which opens up further silvicultural options across firewood.

Consequently, prior production target is high valuable small timber in coppice with standards, or medium rotation management.

Keywords: Black Locust, fast growing tree species, short-rotation, wood energy plantations, biomass production, regeneration methods

1 Waldbauliche Ausgangssituation und Zielsetzung

1.1 Der Robinienanbau in Brandenburg

Nach BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2011) nimmt die Robinie in Deutschland knapp 14.000 ha Holzboden ein, was einem Vorrat von 2 Mio. m³ entspricht (GRÜNING 1995). Davon entfallen allein auf Brandenburg 8.100 ha (DSW 2 2011). Verbreitungsschwerpunkte bilden die kontinental getönten südöstlichen Landesteile, welche eine stark negative klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode aufweisen. Vielerorts begrenzt die geringe Wasserverfügbarkeit das Waldwachstum (RIEK u. KALLWEIT 2007, RIEK 2009, 2010).

Zwar umfasst der Robinienanbau in Brandenburg nur etwa 0,6 % der Waldfläche, angesichts des prognostizierten Klimawandels dürfte die hitze- und trockenstresstolerante Pionierbaumart jedoch an Bedeutung gewinnen (ROLOFF u. GRUNDMANN 2008). So zeigen die heimischen Eichen nach Trockenjahren erhebliche und nachwirkende Vitalitätseinbußen („Eichensterben“, KÄTZEL et al. 2006, KALLWEIT 2010). Darüber hinaus ermöglicht die Robinie selbst auf humusarmen Kippböden des Lausitzer Braunkohlenbergbaus einen zufriedenstellenden Zuwachs (LANDGRAF et al. 2005, ERTLE et al. 2008). Sie ist anbausicher und leistet durch Luftstickstoff-Bindung ihren Beitrag zur Wiederherstellung der Bodenfruchtbarkeit.

Betrachtet man die 5.497 ha inventarisierten Reinbestände, so dominiert das mittlere Baumholzalter (s. Abb. 1). Mit 3.874 ha entfallen über 2/3 der Bestockung in die Altersklassen 41-80 Jahre. Jungbestände nehmen 1.080 ha (19,6 %) ein, der Anteil > 80-jähriger Robinie beträgt lediglich 9,9 %.

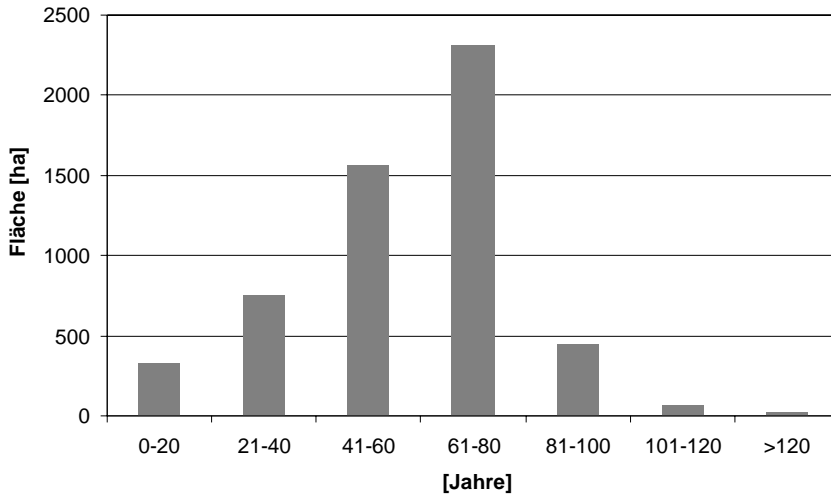


Abbildung 1: Altersklassenverteilung der Robinienreinbestände im Land Brandenburg (DSW 2 2011)

Auffällig sind die geringen Flächengrößen, rund 2/3 der Bestockungen sind kleiner als 0,5 ha. Lediglich 234 Bestände umfassen mehr als 3 ha (3 %) und lassen sich rationell bewirtschaften (s. Abb. 2).

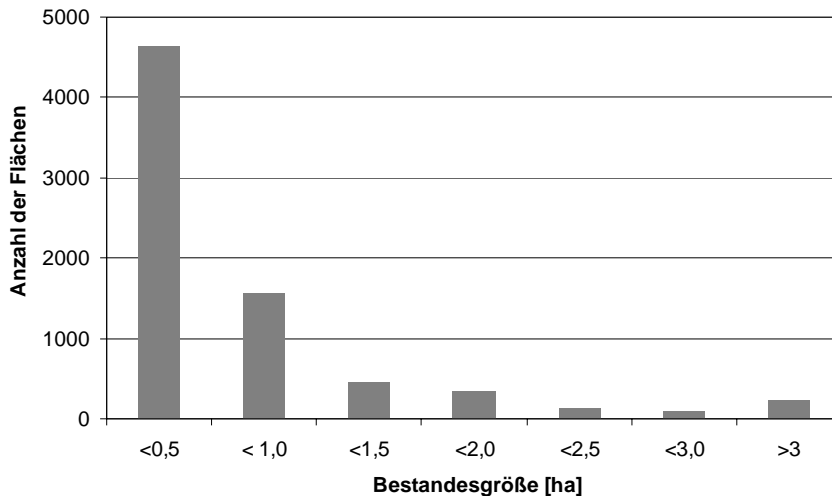


Abbildung 2: Bestandesgrößenverteilung der Robinienreinbestände im Land Brandenburg (DSW 2 2011)

Anbauschwerpunkte bilden die Trophiebereiche Z (ziemlich arm) bis M (mittel), welche das eichenfähige Spektrum repräsentieren (s. Abb. 3). Typische „Kiefern-zwangsstandorte“ sind lediglich mit 249 ha vertreten. Für 18 % der Bestockung liegen allerdings keine Standortangaben vor. Dies betrifft vor allem Kippenerstauf-forstungen des Braunkohlentagebaus und Nichtholzbodenflächen.

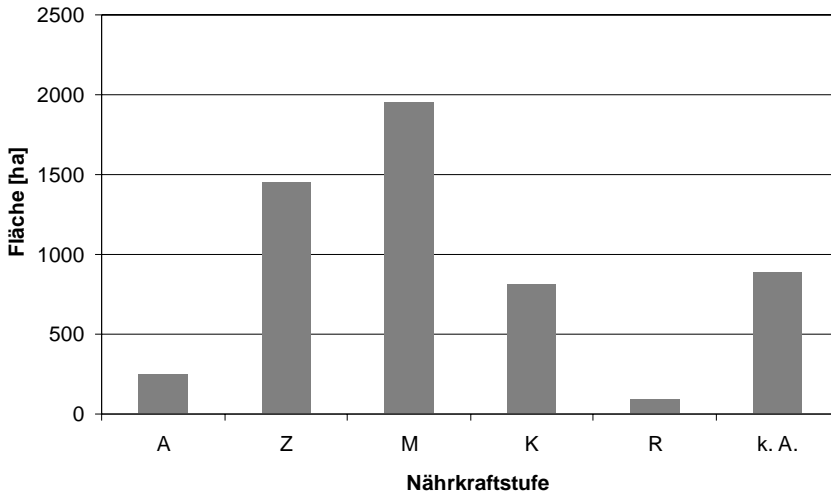


Abbildung 3: Flächenverteilung der Robinienreinbestände im Land Brandenburg nach Trophiestufen (DSW 2 2011), a = arm, z = ziemlich arm, m = mittel, k = kräftig, r = reich, k.A. = keine Angaben (SEA 95)

Tabelle 1 informiert über die aktuelle Bestockungssituation. Demnach beträgt der mittlere laufende Zuwachs (IZ) aller Rein- und Mischbestände 5,0 Vfm ha⁻¹ a⁻¹. Für Brandenburg leitet sich eine nachhaltig nutzbare Derbh Holzmasse von rund 30.000 Efm a⁻¹ ab.

Tabelle 1: Ertragskennndaten der Robinie in Brandenburg (DSW 2 2011) (über die Anbaufläche genogene Mittelwerte (8.100 ha Robinie im Oberstand, 5.497 ha Rein- und 2.603 ha Mischbestände aller Waldeigentumsarten))

Brusthöhendurchmesser [d ₁₃]	26,3 cm
Mittelhöhe [hm]	18,6 m
Bestandesvorrat (Derbh Holz) [V]	221,4 Vfm
Laufender Zuwachs [IZ]	5,0 Vfm

Die Bestandesdaten im Privatwald werden seit nunmehr 20 Jahren fortgeschrieben, Angaben zur eingeschlagenen Holzmenge fehlen. Für den Landeswald ließen sich im Durchschnitt der letzten drei Jahre etwa 4 Efm ha⁻¹ a⁻¹, d. h. 4.800 Efm a⁻¹ nutzen (GRAUDENZ pers. Mitt., FBMS IT-Betrieb). Zumindest hier wird der jährliche nachhaltige Hiebssatz annähernd ausgeschöpft.

1.2 Projektziele im waldbaulichen Kontext

Tatsächlich sind die allgemeinen Anbauerfahrungen zur Robinie in Deutschland unzureichend, lediglich in Brandenburg gilt sie als Wirtschaftsbaumart (MLUR 2004). Nach wie vor fehlen fundierte Behandlungs- bzw. Verjüngungsempfehlungen (SEELING 1997). Ganz offensichtlich lässt sich ihr hohes Biomassepotenzial durch praxisübliche Umtriebszeiten zwischen 80 und 100 Jahren kaum mobilisieren. So erreicht der laufende Zuwachs in Brandenburgs Wäldern lediglich 50 % des standörtlich möglichen Niveaus. Zudem reagiert die Pionierbaumart lichtbedürftig und dadurch sehr seitendruckempfindlich. Nicht selten weisen pflegedefizitäre Erntebestände eine Vielzahl krummschäftiger Individuen („Schlangenschwachs“) auf, so dass der Vollholzanteil meist unter 25 % beträgt. Andererseits gewinnt die Robinie als raschwüchsiges Energieholz an Wertschätzung (PETERS et al. 2007). In Brandenburg betrifft dies insbesondere grundwasserferne, schwach bindige und daher kaum pappelfähige Agrarflächen (PETZOLD et al. 2006). Jedoch befinden sich viele Plantagen noch in der ersten Rotation, das Ertragspotenzial bleibt unsicher.

Es wird nunmehr das Bewirtschaftungsmodell des schlagweisen Altersklassenwaldes „einfachen“ Kurzumtriebssystemen gegenüber gestellt. Diese betreffen eine reine Energieholzproduktion (1- bis 4-jährige Rotation) wie auch die Erzeugung höherwertiger Schwachholzsortimente („Mittelwald“ bzw. „Midi-Rotation“, 20- bis 30-jährige Umtriebszeit, vgl. MOLNÁR 1995). Betrachtet werden grundlegende pflanzenbauliche Fragestellungen, beispielsweise zur Massenleistung in Abhängigkeit von Standort, Bestockungssituation, Rotationszyklus sowie Bestandesbehandlung. Darüber hinaus erfolgt eine umfassende Holzcharakterisierung in Ausgangsbestockung und Folgewuchs. Basierend auf Stammverteilungsplänen lassen sich Verwandtschaftsmuster prüfen und besonders wüchsige bzw. hochwertige Individuen kennzeichnen. Während einer zweiten Projektphase gilt es dann die unterschiedlichen Produktionsmodelle ökonomisch zu bewerten. Schließlich wird vegetatives Vermehrungsgut für züchterische Zwecke erworben.

Die Projektergebnisse münden in waldbauliche Empfehlungen für eine stärker standort-, wuchs- und marktorientierte Bewirtschaftung der Robinie, insbesondere in kurzen Umtriebszeiten. Nicht zuletzt wird damit ein Beitrag zur Sicherung der genetischen Ressourcen beabsichtigt. Dies erscheint gerade in Zeiten des Klimawandels angebracht, gilt doch die Robinie hier als „Zukunftsbaumart“.

2 Etablierung von Modellbeständen für einen Kurzumtrieb

2.1 Flächenübersicht und Versuchsdesign

Über die regionalen Anbauswerpunkte verteilt wurden 9 Robinienreinbestände von bis zu 1 ha in eine modellhafte Kurzumtriebsbewirtschaftung überführt (ENGEL u. KNOCH 2011). Das Hauptaugenmerk liegt auf grundwasserfernen, ziemlich armen bis mittel nährstoffversorgten, mäßig frischen Standorten (Z2, M2). Es entfallen jeweils 3 Bestände auf die Altersbereiche +/- 20, +/- 40 und +/- 60 Jahre (s. Tab. 2 und 3).

Tabelle 2: Übersicht der Versuchsflächen zur modellhaften Bewirtschaftung der Robinie in kurzen Umtriebszeiten

Versuchsfläche	Oberförsterei	Waldort	Standortgruppe*	Koordinaten**	Flächengröße [ha]
Natürliche Waldstandorte					
<i>Schwenow 1</i>	Schwenow	Abt. 5191 c ⁵	K2	H5779338 R3435164	1,0035
<i>Schwenow 2</i>	Schwenow	Abt. 5186 b ³	Z2	H5778188 R3435003	0,4411
<i>Schwenow 3</i>	Schwenow	Abt. 5262 a ⁴	Z2	H5777390 R3426310	0,3872
<i>Schwenow 4</i>	Schwenow	Abt. 4560 a ⁰	M2	H5773291 R3441773	0,9666
<i>Schwenow 5</i>	Schwenow	Abt. 4563 a ⁶	M2	H5774325 R3441516	0,3383
<i>Müncheberg</i>	Müncheberg	Abt. 6180 1 ⁰	M2	H5823417 R3435838	0,5733
Kippenstandorte (Lausitzer Braunkohlenrevier)					
<i>Drebkau 1</i>	Drebkau	Abt. 981 2 ³	k.A.	H5714522 R3453922	0,5747
<i>Drebkau 2</i>	Drebkau	Abt. 973 2 ¹	k.A.	H5712701 R3452105	0,4457
<i>Senftenberg</i>	Senftenberg	Abt. 1621 a ⁴	Z2	H5707275 R3417973	0,8441

* Standortgruppe nach SEA 95

** Koordinaten [ETRS 89] der Profilgrube zur Charakterisierung des Bodenzustandes
k. A. = keine Angaben

Tabelle 3: Bestockungsverhältnisse der Ausgangsbestände und Erntemenge (Holzaufmaß)

Versuchsfläche	Alter	Höhe hm [m]	BHD [cm]	BON	B°	Vorrat [m ³ ha ⁻¹]	Erntemenge [m ³ ha ⁻¹]
Natürliche Waldstandorte							
<i>Schwenow 1</i>	19	15,1	10	-0,1	1,2	177,9	207,8
<i>Schwenow 2</i>	45	18,0	25	II,3	1,2	247,9	253,4
<i>Schwenow 3</i>	45	16,3	19	III,0	1,3	233,5	144,9
<i>Schwenow 4</i>	62	24,9	29	0,7	0,9	406,6	199,6
<i>Schwenow 5</i>	68	26,7	32	0,3	1,0	501,7	660,4
<i>Müncheberg</i>	56	25,6	29	0,1	0,4	184,9	174,1
Kippenstandorte (Lausitzer Braunkohlenrevier)							
<i>Drebkau 1</i>	20	12,8	12	I,6	1,0	92,5	135,7
<i>Drebkau 2</i>	23	11,9	14	II,7	1,0	95,8	206,5
<i>Senftenberg</i>	43	16,0	16	III,0	1,0	148,2	274,1

Alter des Ausgangsbestandes (01.01.2009), Waldzustandsdaten nach Datenspeicher Wald (Dsw 2 2010), Mittelhöhe (hm), BHD = Brusthöhendurchmesser, BON = relative Höhenbonität, B° = Bestockungsgrad, Vorrat = Derbholzvorrat ($\varnothing > 7$ cm mit Rinde), Erntemenge nach Ganzbaumnutzung

Im März 2009 wurden die Ausgangsbestände „auf den Stock gesetzt“ und jeweils folgende Behandlungsvarianten in einfacher Wiederholung etabliert:

- „Niederwald I“ (1-jährige Rotation) bzw. „Niederwald II“ (2-jährige Rotation) mit ausschließlicher Energieholzproduktion
- „Mittelwald“, 4-jährige Rotation und Überhalt von hochwertigen „Lassreiteln“
- „Midi-Rotation“ in 20- bis 30-jährigen Nutzungsintervallen bzw. „Hochwald“ mit 80-jähriger Umtriebszeit

2.2 Standortverhältnisse

2.2.1 Naturraum und Regionalklima

Die Versuchsflächen lassen sich den forstlichen Wuchsgebieten „Mittelbrandenburger Talsand- und Moränenland“ (*Schwenow 1-5, Müncheberg*) sowie „Düben-Niederlausitzer Altmoränenland“ (*Drebkau 1-2, Senftenberg*) zuordnen. Kennzeichnend ist ein mäßig trockenes Tieflandklima (Klimastufe γ (t) bzw. Φ (m)) mit nach Südosten hin zunehmender Kontinentalität. Die jährliche Niederschlagssumme variiert

zwischen 606 bis 631 mm, davon entfallen in die Vegetationsperiode (April bis September) rund 60 % (s. Tab. 4). Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt etwa 8,5 °C. Mit 12,7 bis 38,9 mm bleibt die jährliche klimatische Wasserbilanz (KWBa 1) sehr gering. Anzeichen des Klimawandels wirken sich zunehmend auf Standortbedingungen und Waldentwicklung aus (FRANKE et al. 2006, HÄNTSCHEL et al. 2006, GEMBALLA u. SCHLUTOW 2007).

Tabelle 4: Allgemeine Klimacharakterisierung nach flächennahen Wetterstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für die Referenzperiode 1961 bis 1990, Jahresmittel und für die Vegetationsperiode (kursiv)

Versuchsfläche	Niederschlag [mm]	Luft-Temperatur [°C]	Luft-Feuchtigkeit (relativ) [%]	Potenzielle Evapotranspiration [mm]	Klimatische Wasserbilanz [mm]
<i>Schwenow 1-5</i>	631,2 (362,1)	8,6 (14,2)	78,2 (74,5)	607,0 (461,0)	24,2 (-98,9)
<i>Müncheberg</i>	605,7 (343,0)	8,4 (14,1)	79,4 (76,1)	566,8 (425,3)	38,9 (-82,3)
<i>Drebkau 1-2 Senftenberg</i>	626,2 (411,2)	8,6 (13,3)	78,4 (75,3)	613,5 (517,7)	12,7 (-106,5)

2.2.2 Bodentypisierung und -zustand

Bei den natürlichen Waldstandorten handelt es sich um sandige und grundwasserferne Lokalbodenformen der weichselglazialen Serie. Als Bodentypen werden Normbraunerden (BBn) sowie grundmeliorierte Braunerde-Treposele (BB-YU) angesprochen (s. Tab. 5). Einen Sonderfall bildet *Schwenow 5* mit einem pflanzenbaulich relevanten Stauwassereinfluss (Pseudogley-Braunerde, SS-BB). Demgegenüber zeigen die jungen Rekultivierungsböden jenseits ihrer Humusanreicherung noch keine bodengenetische Differenzierung. Hier prägt die verkipungsbedingte Substratabfolge aus quartärem Kipp-Reinsand bis kohleführendem Lehmsand den Profilaufbau. In Abhängigkeit vom Flächenalter entwickeln sich Normlockersyroeme (OLn, *Drebkau 1*) binnen +/- 20 Jahren zu Normregosolen (Rqn, *Drebkau 2, Senftenberg*).

Während die Profile *Schwenow 3, Schwenow 4* und *Drebkau 2* homogene Reinsande (Ss) repräsentieren, reicht das Bodenartenspektrum bei allen übrigen Flächen bis zu stark lehmigem Sand (Sl4) bzw. stark sandigem Lehm (Ls4). Bekanntlich reagiert die Robinie sensibel auf Belüftungsstörungen (HUNTLEY 1990). Trotz Dichtlagerung (LD >1,55 g cm⁻³) weisen alle Standorte hohe Luftkapazitäten (LK 15 bis 35 Vol.-%) auf. Selbst in *Schwenow 5* liegt der LK-Wert mit 12 Vol.-% noch

im pflanzenbaulichen Optimalbereich, so dass die effektive Durchwurzelungstiefe auf allen Flächen mindestens 100 cm beträgt.

Durch den hohen Grobporenanteil bleibt aber die pflanzenverfügbare Wasserspeicherung mit 5 bis 15 Vol.-% gering. Für den Hauptwurzelraum (nFK_{100cm}) ergeben sich etwa 110 mm (gering bis mittel), in *Müncheberg* und *Schwenow 4* lediglich +/- 50 mm (sehr gering).

Tabelle 5: Bodentypisierung und -zustandserfassung

Versuchsfläche	Bodentyp (AG BODEN 2005)	Bodenart (AG BODEN 2005)	FK_{100cm} nFK_{100cm} [mm]	pH_{KCl}
Natürliche Waldstandorte				
<i>Schwenow 1</i>	Normbraunerde (BBn)	Su2 - Ls4	207 119	3,5 - 4,1
<i>Schwenow 2</i>	Braunerde-Treposol (BB-YU)	Ss - St2	130 107	3,8 - 4,4
<i>Schwenow 3</i>	Braunerde-Treposol (BB-YU)	Ss	136 111	3,9 - 4,4
<i>Schwenow 4</i>	Normbraunerde (BBn)	Ss	80 54	3,2 - 4,6
<i>Schwenow 5</i>	Pseudogley-Braunerde (SS-BB)	Su2 - Lu3	152 107	3,2 - 4,2
<i>Müncheberg</i>	Normbraunerde (BBn)	Ss	68 48	3,8 - 4,6
Kippenstandorte (Lausitzer Braunkohlenrevier)				
<i>Drebkau 1</i>	Normlockersyrosem ¹⁾ (OLn)	Ss - Sl4	187 109	7,7 - 8,4
<i>Drebkau 2</i>	Normregosol ²⁾ (RQn)	Ss	84 69	5,9 - 7,2
<i>Senftenberg</i>	Normregosol ³⁾ (Rqn)	Ss - Sl4	128 83	3,7 - 4,0

FK_{100cm} bzw. nFK_{100cm} = Feldkapazität und nutzbare Feldkapazität bezogen auf 100 cm Profiltiefe

¹⁾ Kipp-Kohlesand (pq) über Kipp-Kohle-Kalklehmsand (pq),

²⁾ Kipp-Reinsand (q),

³⁾ Kipp-Gemengesand (q/pq)

Die natürlichen Waldstandorte zeigen einen degradierten bodenchemischen Zustand. Mit pH_{KCl} -Werten von 3,2 bis 4,6 lässt sich der Hauptwurzelraum dem Aluminium- und Austauscher-Pufferbereich zuordnen (ULRICH 1981, AG BODEN

2005). Dabei fällt die Basensättigung unter 20 % ab, bei anspruchsvollen und wenig Al- bzw. säuretoleranten Laubbaumarten kommt es zu einer Beeinträchtigung der Feinwurzelbildung. Im Gegensatz hierzu gilt die Robinie jedoch als wenig sensitiv (u. a. PLASS 1972) und darüber hinaus anspruchslos (HUNTLEY 1990). Eine Hemmung der Tiefendurchwurzelung ist für die betrachteten Modellflächen kaum anzunehmen.

Gegenüber „gewachsenen“ Böden weisen die Kippen eine wesentlich höhere Substratheterogenität auf, u. a. bedingt durch kohlige bzw. schluffig-tonige Beimengungen. Hierbei kontrastieren der noch weitgehend unverwitterte Quartärsand *Drebkau 2* und das Kohle führende Tertiärgemenge der Fläche *Senftenberg*.

3 Biomassepotenzial in ein- und zweijähriger Rotation

3.1 Ableitung einer Biomassefunktion

Die Ernte des ersten ein- und zweijährigen Aufwuchses erfolgte im März 2010 bzw. 2011 motormanuell. Grundlage der Massenermittlung bilden allometrische Biomassefunktionen des Typs $BM = a \times d_{00}^b$, wobei die Zielgröße „Biomasse in g (atro, 105 °C) der einzelnen Rute“ auf nur einer Erklärungsvariablen, hier ihrem Basisdurchmesser m. R. (d_{00}) beruht (vgl. KETTERINGS et al. 2001, RÖHLE et al. 2008).

Je Ernteparzelle wurden 20 Austriebe vermessen und gewogen. Die einzelflächen- bzw. rotationsbezogenen Durchmesser-Biomassebeziehungen sind annähernd identisch (MANTHE 2010). Auch ist die Wuchsform (Morphologie) aus Stockausschlag und Wurzelbrut vergleichbar. Für die praktische Anwendung lässt sich eine allgemeingültige Schätzfunktion hoher Bestimmtheit ($R^2 = 0,9393$) ableiten (s. Abb. 4).

Die hektarbezogene Ertragsermittlung erfolgte mittels Stichprobenverfahren und basiert auf mindestens 300 Ruten-Basisdurchmessern je Ernteparzelle. Hierzu wurden 4 bis 6 zufällig verteilte Probekreise analog 3-Baum („Stock“-) Stichprobe aufgenommen. Bereits HARTMANN (2006) bzw. RÖHLE et al. (2008) zeigen, dass solche Stichprobenverfahren bei vertretbarem Messaufwand die besten Schätzergebnisse liefern.

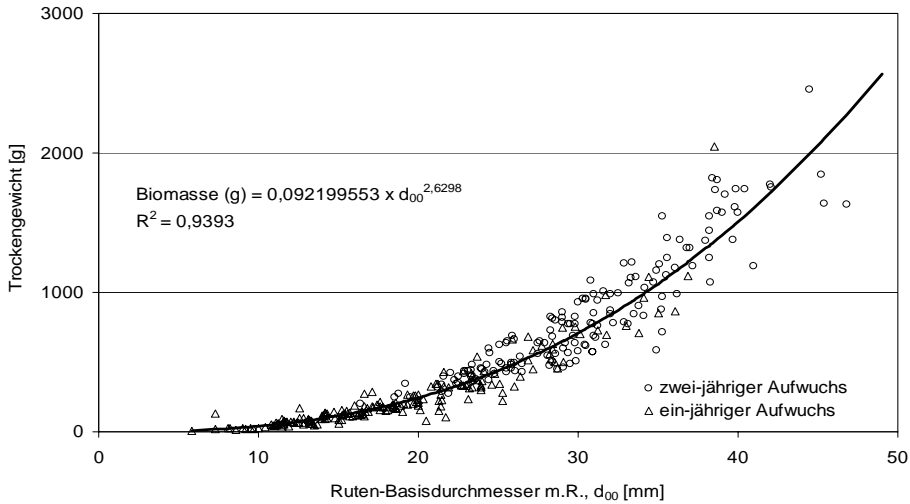


Abbildung 4: Biomassefunktion für Robinienstockausschlag und –wurzelbrut über alle Modellflächen und Parzellen des ein- und zweijährigen Umtriebs (einjähriger Aufwuchs, erste Rotation 2010, zweijähriger Aufwuchs, erste Rotation 2011; $n = 360$, alle Flächen). Als Bezugsgröße dient der Triebbasisdurchmesser (in ca. 5 cm Schnitthöhe), da eine Probekreisaufnahme aufgrund Dichtstand und Dornenbewehrung erst nach Flächenräumung möglich ist.

3.2 Erntemengen

Bereits im ersten Jahr erreicht die durchschnittliche Biomasseproduktion $4,34 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (Tab. 6). Auffällig ist die hohe Ertragsstreuung, leistet doch die mattwüchsige Fläche *Schwenow 3* (Z2) nur $0,75 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ gegenüber $7,65 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ am Standort *Schwenow 1* (K2). Die zweijährige Rotation wirkt deutlich ertragssteigernd. So erreicht der DGZ dann $5,38 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (+ 24 %), für die frohwüchsige Fläche *Schwenow 1* gar $9,98 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (+31 %). Nach Tabelle 7 trägt die Wurzelbrut maßgeblich zur Bestandesdichte ($\bar{\phi}$ 63 % der Stammzahl) und damit Gesamtwuchsleistung ($\bar{\phi}$ 40 % der Biomassebildung, s. Tab. 6) bei. Unabhängig davon, bleibt die anfängliche Leistungsabstufung bestehen, wenngleich die geringwüchsigen Bestände *Müncheberg*, *Schwenow 2* und *Schwenow 3* überproportionale Zuwachssteigerungen zeigen. Eine monokausale Standortabhängigkeit der Biomasseleistung ist bisher nicht erkennbar. Beispielsweise weisen die jeweils leistungsstärkste und -schwächste Fläche einander vergleichbare Reaktionsverhältnisse und Wasserspeichereigenschaften auf (s. Tab. 5), ähnliches gilt für ihre Bestockungsdichten (s. Tab. 7).

Zur besseren Einordnung: Nach PETERS et al. (2007) zeigen sechsjährige Robinien-Agrarholzflächen in Brandenburg rund $5,5 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Auch dort wirken Bodeneigenschaften kaum ertragsdifferenzierend, obwohl die Ackerzahlen zwischen 20 und 42 schwanken. Selbst auf humusarmen, nur schwach bis mäßig

bindigen Rohböden des Braunkohlenbergbaus sind in erster Rotation 6,0 bis 6,5 $t_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ möglich (GRÜNEWALD 2005), wiederum ein Beleg für die geringen Standortanforderungen der Baumart. Damit entspricht das regionale Ertragsniveau in etwa den Wuchsverhältnissen des nordamerikanischen Herkunftsgebietes. So nennen beispielsweise ZIMMERMANN u. CARPENTER (1980) nach Ernte 5-jähriger Ausgangsbestände im nachfolgenden einjährigen Aufwuchs 3,5 bis 6,3 $t_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Nach BONGARTEN et al. (1992a) ergeben sich für 3-jährige Kurzumtriebsplantagen in Abhängigkeit von Standort, Bestandesmanagement (Zusatzberegnung, N-Düngung) und Genotyp 3 bis 8 $t_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. In der zweiten Rotation profitieren die Aufwüchse dann von den etablierten Wurzelsystemen. Umgekehrt ist nicht auszuschließen, dass die Wuchsleistung nach Aufzehrung der im Vorbestand gespeicherten Assimilate abfällt.

Tabelle 6: Biomasseproduktion in ein- und zweijähriger Rotation (erstes und zweites Jahr der Bewirtschaftung)

Versuchsfläche	Biomasse (gesamt)	Stockausschlag	Wurzelbrut	Biomasse (gesamt)	Stockausschlag	Wurzelbrut
einjährige Rotation (2009) [$t_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1}$]			zweijährige Rotation (2010) [$t_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1}$]			
Natürliche Waldstandorte						
<i>Schwenow 1</i>	7,648	6,631 (87 %)	1,017 (13 %)	19,954	14,995 (75 %)	4,959 (25 %)
<i>Schwenow 2</i>	2,731	1,639 (60 %)	1,092 (40 %)	8,722	6,202 (71 %)	2,520 (29 %)
<i>Schwenow 3</i>	0,745	0,591 (79 %)	0,154 (21 %)	3,411	1,993 (58 %)	1,418 (42 %)
<i>Schwenow 4</i>	6,241	4,911 (79 %)	1,330 (21 %)	17,054	8,424 (49 %)	8,630 (51 %)
<i>Schwenow 5</i>	5,146	2,950 (57 %)	2,196 (43 %)	11,773	4,824 (41 %)	6,949 (59 %)
<i>Müncheberg</i>	2,124 inkl. NA	1,049 (49 %)	1,075 (51 %)	5,184 +0,656 NA	3,320 (64 %)	1,864 (36 %)
Kippenstandorte (Lausitzer Braunkohlenrevier)						
<i>Drebkau 1</i>	5,578 inkl. NA	3,566 (64 %)	2,012 (36 %)	8,024 +2,056 NA	5,322 (66 %)	2,702 (34 %)
<i>Drebkau 2</i>	4,515	2,976 (66 %)	1,539 (34 %)	9,251	4,459 (49 %)	4,702 (51 %)
<i>Senftenberg</i>	2,310	1,500 (65 %)	0,810 (35 %)	n.b.	n.b.	n.b.

n.b. = nicht bestimmt, Fläche *Senftenberg* : einjährige Rotation in 2010

NA = „Nebenaufwuchs“ vorwiegend aus Ebersesche, Roterle und Faulbaum, betrifft die Flächen *Müncheberg* und *Drebkau 1*, an den übrigen Standorten zu vernachlässigen

Tabelle 7: Bestockungsdichte bei zweijähriger Rotation (2010)

Versuchsfläche	Biomasse (gesamt)	Stockausschlag	Wurzelbrut	Biomasse (gesamt)	Stockausschlag	Wurzelbrut
	ohne Kluppschwelle			≥10 mm Triebbasis-Ø (m.R.)		
	[N ha ⁻¹]					
Natürliche Waldstandorte						
<i>Schwenow 1</i>	45.747	24.246 (53 %)	21.501 (47 %)	31.024	18.925 (61 %)	12.099 (39 %)
<i>Schwenow 2</i>	43.316	20.792 (48 %)	22.524 (52 %)	24.480	13.954 (57 %)	10.526 (43 %)
<i>Schwenow 3</i>	47.832	22.959 (48 %)	24.873 (52 %)	16.582	7.959 (48 %)	8.623 (52 %)
<i>Schwenow 4</i>	35.309	10.593 (30 %)	24.716 (70 %)	28.447	10.241 (36)	18.206 (64 %)
<i>Schwenow 5</i>	36.932	6.278 (17 %)	30.654 (83 %)	23.784	5.233 (22 %)	18.551 (78 %)
<i>Müncheberg</i>	31.358	9.721 (31 %)	21.637 (69 %)	14.378	6.758 (47 %)	7.620 (53 %)
Kippenstandorte (Lausitzer Braunkohlenrevier)						
<i>Drebkau 1</i>	36.498	11.679 (32 %)	24.819 (68 %)	19.921	8.965 (45 %)	10.956 (55 %)
<i>Drebkau 2</i>	64.055	17.295 (27 %)	46.760 (73 %)	35.604	13.174 (37 %)	22.430 (63 %)
<i>Senftenberg¹⁾</i>	37.546	17.647 (47 %)	19.899 (53 %)	13.001	8.321 (64 %)	4.680 (36 %)

¹⁾ Fläche *Senftenberg*: einjährige Rotation in 2010

„Nebenaufwuchs“ - Fläche *Müncheberg*: 46 % der Stammzahl, Fläche *Drebkau 1*: 48 % der Stammzahl

4 Weitere Ergebnisse

4.1 Holzphysikalische Eigenschaften

Nach Tabelle 8 zählt die Robinie zu den Nutzhölzern mit der höchsten Druck-, Biege- und Zugfestigkeit (LAMPSON 1996, JAUERNIG 1997, NEUMANN 1999, MOLNAR et al. 1998, RICHTER 2000). Als eine der wenigen „einheimischen“ Gehölze erfüllt sie die Anforderungen nach Resistenzklasse 1-2 der DIN EN 350-

2 und findet so als Tropenholzersatz im Außenbereich (Gartenmöbel, Beplankung, Pfähle) und Wasserbau (Stege, Uferbefestigung) Verwendung (HAPLA 1998).

Tabelle 8: Wichtige holzphysikalische Eigenschaften von Robinienholz (arithmetisches Mittel und Standardabweichung)

Eigenschaft	sx⁻	Mittelwert	sx⁺
Gewicht frisch [kg m ⁻³]		930	
Rohdichte (darrtrocken) [g cm ⁻³]	0,70	0,75	0,80
Rohdichte (12-15 % Holzfeuchte) [g cm ⁻³]		0,78	
Biegefestigkeit [N mm ⁻²]	133	150	167
Druckfestigkeit [N mm ⁻²]	80	86	92
Zugfestigkeit [N mm ⁻²]	130	164	198
Elastizitätsmodul (Biegung) [N mm ⁻²]	14.500	16.200	17.900
Scherfestigkeit [N mm ⁻²]	16	18	20
Härte BRINELL [N mm ⁻²]	31	37	43

RICHTER et al. (2000) bzw. BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR FORST- UND HOLZWIRTSCHAFT (2001)

Bisher wird Robinien-Stammholz in Deutschland als „übriges Laubholz“ klassifiziert. Gemäß Handelsklassensortierung (HKS Rohholz) führen dabei Schaftkrümmungen, Zwieselbildung und Grobastigkeit häufig zu einer Abwertung (GRÜNING 1995). In bestimmten Anwendungsbereichen, wie dem Spielplatz- bzw. -gerätebau, können solche „Holzfehler“ aber durchaus begehrt sein.

Im Projekt werden nunmehr die energetischen Holzeigenschaften näher betrachtet; bedeutsam sind Rohdichte und thermische Energie. Demnach weist der einjährige Austrieb eine mittlere Rohdichte (darrtrocken) von 0,555 g cm⁻³ (n = 28, sx = 0,066 g cm⁻³), hingegen das Stammholz der Ausgangsbestände von 0,746 g cm⁻³ (n = 33, sx = 0,054 g cm⁻³) auf. Solche Unterschiede erklären sich durch das geringere Trockenraumgewicht des Splintes (DÜNISCH et al. 2008). Gleichwohl übertrifft der Robinien-Aufwuchs deutlich die Werte für Kurzumtriebs-Pappeln, von 0,33 bis 0,47 g cm⁻³ (SACHSSE 1979, DINUS et al. 1990). Darüber hinaus besitzt die Robinie einen vergleichsweise hohen spezifischen Heizwert (H_u). Nach Tabelle 9 ergeben sich in einjähriger Rotation 17.493 kJ kg⁻¹ (Splintholz, darrtrocken) bzw. 19.090 kJ kg⁻¹ (Rinde, darrtrocken). Demgegenüber nennen ZIMMERMANN u. CARPENTER (1980) für Robinien-Stockausschläge einen Brennwert (H_s) von 19.502 kJ kg⁻¹ (20 % Holzfeuchte), was in etwa 17.500 kJ kg⁻¹ H_u (darrtrocken) entspricht. Die Energiedichte solcher Hackschnitzel kommt in

etwa handelsüblichen Braunkohlenbriketts nahe; hier weitere Energiewerte organischer Brennstoffe: Buche ($14.400 \text{ kJ kg}^{-1}$) < Eiche ($15.100 \text{ kJ kg}^{-1}$) < Birke ($15.500 \text{ kJ kg}^{-1}$) < Tanne ($16.200 \text{ kJ kg}^{-1}$) < Weide ($16.830 \text{ kJ kg}^{-1}$) < Pappel ($17.250 \text{ kJ kg}^{-1}$) < Braunkohlenbriketts ($19.259 \text{ kJ kg}^{-1}$) < Steinkohle ($29.780 \text{ kJ kg}^{-1}$) < Dieselöl und leichtes Heizöl ($42.705 \text{ kJ kg}^{-1}$).

Tabelle 9: Mittlere Heizwerte (DIN 51900) von Robinien-Stammholz der Ausgangsbestände ($n = 33$) und Ruten des einjährigen Umtriebs ($n = 28$)

	Heizwert [kJ kg^{-1} wasserfrei]			
	Stammholz	% vom Kernholz	Stockausschlag	% vom Splintholz
Kernholz	18.538	100,0	-	-
Splintholz	18.208	98,2	17.493	-
Rinde	18.672	100,7	19.090	109,1

Aufgrund der hohen Energieausbeute eignen sich Robinienhackschnitzel hervorragend zur Verfeuerung, selbst aus einjährigen Ruten. So erfordern beispielsweise Kurzumtriebs-Pappeln bei gleichem Ergebnis um den Faktor 1,3 bis 1,9 höhere Tonnagen, was wiederum den Transport verteuert.

4.2 Populationsgenetische Charakterisierung

Leider steht die Robinienzüchtung hierzulande noch am Anfang, da Forstbauschulen bislang kaum Interesse an hiesigen Herkünften bekunden (SCHULTZ 1990, SEELING 1997). Andererseits ergeben sich Spielräume zur weiteren Ertrags- und Wertsteigerung (EWALD et al. 1992, SCHÜLER et al. 2006, DINI-PAPANASTASI 2008, SCHILDBACH et al. 2009). So ist nach BONGARTEN et al. (1992b) bereits im ersten Selektionszyklus eine etwa 50 %-ige Ertragsverbesserung möglich. Tatsächlich sind standortadaptierte Robinien in Anbau- bzw. Sortenvergleichsversuchen durchaus konkurrenzfähig (GRÜNEWALD et al. 2007, PETERS et al. 2007). Allerdings bleiben geografische Herkunft und populationsgenetische Struktur ihrer Ausgangsbestände in aller Regel unbekannt (HERTEL u. SCHNECK 2003).

Erste Ergebnisse des „DNA-Fingerprints“ belegen für die 20- bis 40-jährigen Modellbestände eine hohe molekularbiologische Diversität. Fast jedes Individuum trägt einen eigenen Multilocus-Genotyp, was auf Sämlinge ähnlicher Herkunft, aber verschiedener Populationen (Ausnahme *Drebkau 2*) deutet. Demgegenüber zeigen *Schwenow 4* und *5* sowie *Müncheberg* ausgeprägte klonale Muster. Sie weisen nur wenige Multilocus-Genotypen auf, darüber hinaus lässt sich Wurzelbrutbildung nachweisen (LIESEBACH, in diesem Band S. 275 ff.). Nach BÖCKER u. DIRK (2004) können sich so einzelne Individuen binnen einer Vegetationsperiode bis zu drei

Meter ausbreiten. Entsprechende Konkurrenzstrategien werden sowohl im natürlichen Verbreitungsgebiet als auch für Sukzessionsbestände beschrieben (KOWARIK 1996, CHANG et al. 1998, JUNG et al. 2009). Dagegen spielt die generative Vermehrung im Wald keine Rolle (KOWARIK 1995). Schließlich bestehen zwischen *Schwenow* 4 und 5 enge Verwandtschaftsbeziehungen. Offensichtlich wurde erstere Fläche mit Wildlingen oder Wurzelschnittlingen des sechs Jahre älteren, nur unweit entfernten Bestandes *Schwenow* 5 begründet (LIESEBACH, in diesem Band S. 275 ff). Solche Klonausprägungen können innerhalb der Bestände bzw. zwischen den einzelnen Bewirtschaftungsvarianten ertragsdifferenzierend wirken.

Populationsgenetische Informationen sind nicht nur ertragskundlich relevant, vielmehr ergeben sich Anknüpfungspunkte für die Auswahl von Vermehrungsgut. Insbesondere Genotypen, welche sich auf unterschiedlichen Standorten behaupten und über eine breite ökologische Amplitude verfügen, wecken züchterisches Interesse. Andererseits ist bekannt, dass die genetische Varianz während einer „natürlichen“ Selektion abnimmt. Ob dies die Anpassungsfähigkeit bezüglich künftiger Umweltbedingungen beeinträchtigt, bleibt zunächst unklar. Angesichts bestehender Prognoseunsicherheiten dürfte jedoch eine geringe physiologische Vielfalt der Reaktionsmuster, wie in den älteren klongeprägten Modellbeständen anzunehmen, eher nachteilig sein (KÄTZEL 2008).

5 Bedeutung für die Praxis und Ausblick

Im Land Brandenburg werden seit 2009 verschiedene Waldbausysteme für eine energetische und stoffliche Verwertung der Robinie erprobt. Ziel ist eine stärkere Anpassung des Produktionsprozesses an die natürliche Wuchsdynamik der Baumart. Es geht um nachfrageorientierte Behandlungsalternativen für waldbaulich schwierige Ausgangsbestände. Indessen sind die ersten Ergebnisse zur Energieholzproduktion vielversprechend. So realisieren zweijährige Aufwüchse auf mäßig frischen, schwach bis mittel nährstoffversorgten Sanden bis zu $10 t_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Demgegenüber erreicht der laufende Robinien-Derbholzzuwachs in Brandenburgs Wäldern gerade einmal $4 t_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Obgleich 3- bis 6-jährige Umtriebszeiten weitere Ertragsverbesserungen vermuten lassen (PETERS et al. 2007), muss eine plantagenartige Bewirtschaftung kritisch hinterfragt werden. Ganz profan, sprechen zunächst forstgesetzlich verankerte Standards dagegen, wie zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit (§§ 1 und 11 BWaldG 2010) oder die Einstufung niederwaldartig behandelter Bestände als Kurzumtriebsplantagen (§ 2 BWaldG 2010). Auch kollidieren solche Bewirtschaftungsmodelle mit den Grundsätzen eines multifunktionalen, ökologisch begründeten Waldbaus und stoßen daher auf breite Ablehnung (PROWALD-NRW 2009). Zu den noch offenen Fragen der Standortverträglichkeit zählen beispielsweise erhöhte Nitratfrachten im Sickerwasser (MONTAGNINI et al. 1986, 1991, BERTHOLD u. VOR 2003).

Als problematisch wird schließlich die Beerntung angesehen. Im Gegensatz zu Agrarholz ist eine vollflächige Befahrung in der ökonomisch vorteilhaften „Hackholzlinie“ nicht möglich. Sehr geringe Stückmassen (< 5 cm Triebbasis-Ø, < 3 kg_{atro}) sprechen wiederum gegen gassengebundene Verfahren („Bündellinie“). So liegen die Bereitstellungskosten einer teilmechanisierten Hackschnitzel-erzeugung für einen mittleren BHD (d_{13}) von 10 cm bei rund 11,- EUR je Srm (WITTKOPF et al. 2003, LWF 2005). Dies entspricht erntekostenfreien Erlösen von derzeit 3,- EUR je Srm bzw. 7,50 EUR je m³. Nach ERTELD (1952) werden solche Stammdimensionen aber frühestens mit 20 Jahren erreicht. Sie lassen dann, kostengünstig als Industrieholz bzw. Energieholz ausgehalten, deutlich höhere Reinerlöse erwarten. Beispielsweise sind in Brandenburg aktuell und frei Wald folgende Preise realisierbar: bis zu 39,- EUR je m³ (ISN, Energieholz, erntekostenfrei ca. 20,- EUR je m³), 50,- bis 70,- EUR je m³ (Industrieholz lang), 75,- bis 100,- EUR je m³ (Stammholz). Dies korrespondiert mit einer europaweit sehr lebhaften Marktnachfrage (HAPLA 1998), weitere Sortierungsgewinne sind möglich (FROMMHOLD 2002).

Durch die aufwuchsreiche Wurzelbrut kann eine Qualitätsverbesserung der Folgebestände erreicht werden, welche eine hochwertige Holzherzeugung erst ermöglicht. Gedacht ist an eine „Midi-Rotation“ (20-30-jährige Umtriebszeit) oder die mittelwaldartige Bewirtschaftung mit Freistellung von „Lassreiteln“. So entfallen bereits in sechsjährigen, weitständig begründeten Erstaufforstungen 32 % der Schaft-Holzmasse auf Derbholz (> 7 cm Ø). Davon sind knapp 80 % der Stämme bei entsprechender Herkunftswahl und ohne Pflegeeingriffe pfahltauglich (PETERS et al. 2007).

Schließlich weisen die geringen Standortansprüche der Robinie und ihr hohes Regenerationspotenzial neue Perspektiven des Agrarholzanbaus. Zwar gelten im niederschlagsarmen Nordostdeutschen Tiefland grundwasserbeeinflusste Standorte mit einem $DGZ > 10$ t_{atro} ha⁻¹ a⁻¹ als Energieholz(Pappel)-Vorrangflächen (MURACH et al. 2009). Jedoch sind Landwirte kaum bereit solche ertragskräftigeren Standorte vorzuhalten, lassen sich doch mit konventionellen Energiepflanzen, wie Raps oder Mais, bedeutend höhere Deckungsbeiträge erwirtschaften (REIKE 2009). Daher stehen letztendlich grundwasserferne, nicht pappelfähige Grenzertragsstandorte mit Bodenwertzahlen < 25 zur Disposition. Die guten Ertragsleistungen armer Waldstandorte lassen aber vermuten, dass Robinie eine durchaus lohnende Bewirtschaftungsalternative sein kann, nicht zuletzt auch auf Energiestrassen.

Literatur

- AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. Auflage. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 438 S.
- BERTHOLD, D. u. VOR, T. (2003): Robinie - Fluch oder Segen für den Waldboden? In: BRANG, E. (Hrsg.): Biologische Rationalisierung im Waldbau, Tagungsband, Jahrestagung der Sektion Waldbau im Deutschen Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Birmensdorf, 10.-12. September 2003, 55-61
- BÖCKER, R. u. DIRK, M. (2006): Ringelversuch bei *Robinia pseudoacacia* L. - Erste Ergebnisse und Ausblick. Ber. Inst. Landschafts- Pflanzenökologie Univ. Hohenheim 14/15/16, 2004-2006, 127-142
- BONGARTEN, B.C.; HUBER, D. u. APSLEY, D. (1992A): 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
- BONGARTEN, B.C.; MERKLE, S.A. u. HANOVER, J.W. (1992B): Genetically improved Black Locust for biomass production in short-rotation plantations. In: KLASS, D.L. (ed.): *Energy from Biomass and Wastes*, XV. Institute of Gas Technology, Chicago, IL, 391-409
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2011): Neoflora-Handbuch. Die wichtigsten invasiven Pflanzenarten (URL:http://www.floraweb.de/neoflora/handbuch/robiniapseudoacacia.html#_dt2 vom 14.03.2011)
- BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR FORST- UND HOLZWIRTSCHAFT (2001): Die Robinie und ihr Holz. Informationsblatt (<http://www.bfah.de/bibl/pdf/robinie.pdf>), 4 S.
- BWALDG (2010): Gesetz zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft (Bundeswaldgesetz). Bundeswaldgesetz vom 2. Mai 1975 (BGBl. I S. 1037), zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 31. Juli 2010 (BGBl. I S. 1050) geändert
- CHANG, C.-S.; BONGARTEN, B.C. u. HAMRICK, J.L. (1998): Genetic structure of natural populations of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) at Coweeta, North Carolina. *Journal of Plant Research* 11, 17-24
- 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
- DINUS, R.J.; DIMMEL, D.R.; FEIRER, R.P.; JOHNSON, M.A. u. MALCOM, E.W. (1990): Modifying woody plants for efficient conversion to liquid and gaseous fuels. Oak Ridge National Laboratory Report ORNL/Sub/88-SC006/1, Oak Ridge, TN, 100 S.
- DSW 2 (DATENSPEICHER WALDFONDS 2) (2011): Landesbetrieb Forst Brandenburg (LFB). Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE)
- DÜNISCH, O.; RICHTER, H.-G. u. KOCH, G. (2008): Wood properties of juvenile and mature heartwood in *Robinia pseudoacacia* L. *Wood Sci. Technol.* 44, 2, 301-313
- 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, Humboldt-Universität zu Berlin, Forstwissenschaftlichen Fakultät
- ERTLE, C.; BÖCKER, L. u. LANDGRAF, D. (2008): Wuchspotenzial von Stockausschlägen der Robinie. *AFZ-DerWald* 18/2008, 994-995
- EWALD, D.; NAUJOKS, G.; HERTEL, H. u. EICH, J. (1992): Hat die Robinie in Brandenburg eine Zukunft? *Allgemeine Forst Zeitschrift* 14/1992, 738-740
- FRANKE, J.; GOLDBERG, V.; MELLENTIN, U. u. BERNHOFER, C. (2006): Risiken des regionalen Klimawandels in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen. *Wissen. Zeitschrift TU Dresden* 55, 3-4, 97-104
- FROMMHOLD, H. (2002): Technologische Eigenschaften und Verwendung des Holzes. In: MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELTSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (MLUR) (Hrsg.): *Ausländische Baumarten in Brandenburgs Wäldern*, 211-226.

- GEMBALLA, R. u. SCHLUTOW, A. (2007): Überarbeitung der Forstlichen Klimagliederung Sachsens, AFZ-DerWald 15/2007, 822-826
- GRÜNEWALD, H. (2005): Anbau schnellwachsender Gehölze für die energetische Verwertung in einem Alley-Cropping-System auf Kippsubstraten des Lausitzer Braunkohlenreviers. Cottbuser Schriften zu Bodenschutz und Rekultivierung 18, 1-124
- GRÜNEWALD, H.; SCHOLZ, V.; SCHNEIDER, B.-U. u. HÜTTL, R.F. (2007): Baumartenwahl und Ernte-technik als Schlüsselfaktoren beim Anbau von schnellwachsenden Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen. Forst und Holz 62, 11, 22-27
- GRÜNING, K.-U. (1995): Aufkommen und Verwendung von Robinienholz in Deutschland. Diplomarbeit, Universität Göttingen, Forstwissenschaftliche Fakultät
- HÄNTSCHEL, J.; FRANKE, J.; GEMBALLA, R. u. BERNHOFER, C. (2006): Forstliche Klimagliederung Sachsens im Klimawandel. AFZ-DerWald 25/2006, 830-832
- HAPLA, F. (1998): Robinien-Holzprodukte europaweit nachgefragt. Holz-Zentralblatt 133, 1976-1977
- HARTMANN, K.-U. (2006): Biomassefunktionen als Grundlage zur Ertragsermittlung in Kurzumtriebsbeständen. In: DVFFA - Sektion Ertragskunde, Jahrestagung 2006, 167-173
- HERTEL, H. u. SCHNECK, V. (2003): Untersuchungen zur genetischen Struktur eines Robinienbestandes (*Robinia pseudoacacia* L.) in Brandenburg. In: WELLING, M. (Hrsg.): Bedrohung der biologischen Vielfalt durch invasive gebietsfremde Arten - Erfassung, Monitoring und Risikoanalyse. Münster, Landwirtschaftsverlag GmbH
- HUNTLEY, J.C. (1990): Black Locust. In: BURNS, M.R. u. HONKALA, H.B. (eds.): Silvics in North America. Volume 2, Hardwoods. U.S.D.A. Agricultural Handbook 654, 755-761
- JAUERNIG, H. (1997): Untersuchungen über die Verklebung von Robinie bei höheren Holzfeuchten. Diplomarbeit. Universität Hamburg, Fachbereich Biologie
- JUNG, S.-C.; MATSUSHITA, N.; WU, B.-Y.; KONDO, N.; SHIRAIISHI, A. u. HOGETSU, T. (2009): Reproduction of a *Robinia pseudoacacia* population in a coastal Pinus thunbergii windbreak along the Kujukurihama Coast. Japan Journal of Forest Research 14, 101-110
- KÄTZEL, R. (2008): Klimawandel - Zur genetischen und physiologischen Anpassungsfähigkeit der Waldbaumarten. Archiv f. Forstwesen u. Landsch.ökol. 42, 9-15
- KÄTZEL, R.; LÖFFLER, S.; MÖLLER, K.; HEYDECK, P. u. KALLWEIT, R. (2006): Das Eichensterben als Komplexkrankheit. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 25, 94-100
- KALLWEIT, R. (2010): Waldzustand in der Region Berlin-Brandenburg 2009. BRAFONA (19) 143, 10-12
- 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
- KOWARIK, I. (1995): Ausbreitung nichteinheimischer Gehölzarten als Problem des Naturschutzes? In: BÖCKER, R.; GEBHARDT, H.; KONOLD, W. u. SCHMIDT-FISCHER, S. (Hrsg.): Gebietsfremde Pflanzenarten. Auswirkungen auf einheimische Arten, Lebensgemeinschaften und Biotope. Kontrollmöglichkeiten und Management, ecomed Verlag, Landsberg, 33-56
- KOWARIK, I. (1996): Funktionen klonalen Wachstums von Bäumen bei der Brachflächen-Sukzession unter besonderer Beachtung von *Robinia pseudoacacia*. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie 26, 173-181
- LAMPSON, P. (1996): Druckimprägnierte Hölzer im Außenbereich. Bausortiment Holz und Ausbaubedarf (Publikation des Holzzentralblattes). Leinfelden-Echterdingen, 12 S.
- LANDGRAF, D., ERTLE, C. u. BÖCKER, L. (2005): Wuchspotenzial von Stockausschlägen der Robinie auf Bergbaufolgefleichen. AFZ-DerWald 14/2005, 748-749
- LWF (2005): Bereitstellung von Waldhackschnitzeln. LWF-Merkblatt Nr. 10., 2. Auflage, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising, 4 S.
- MANTHE, K. (2010): Alters- und standortsabhängiges Stockausschlagsvermögen der Robinie (*Robinia pseudoacacia* L.) nach einjährigem Umtrieb in Brandenburg. Bachelorarbeit, Fachhochschule Erfurt, Fachrichtung Forstwirtschaft und Ökosystemmanagement

- MLUR (MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELTSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG) (2004): Waldbau-Richtlinie 2004 - „Grüner Ordner“ - der Landesforstverwaltung Brandenburg
- MOLNÁR, S. (1995): Wood properties and utilization of Black Locust in Hungary. *Drevarsky Vyskum* 1, 27-33
- MOLNÁR, S.; PESZLEN, I.; RICHTER, H.G.; TOLVAJ, L. u. VARGA, F. (1998): Influence of steaming on selected wood properties of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.). Proceedings "Environment and Wood Science", Acta Facultatis Ligniensi, University of Sopron, Hungary
- MONTAGNINI, F., HAINES, B., BORING, L. u. SWANK, W. (1986): Nitrification potentials in early successional Black Locust and in mixed hardwood forest stands in the southern Appalachians, USA, *Biogeochemistry* 2, 197-210
- MONTAGNINI, F.; HAINES, B. u. SWANK, W. (1991): Soil-solution chemistry in black locust, pine/mixed-hardwoods and oak/hickory forest stands in the southern Appalachians, USA, *Forest Ecology and Management* 40, 199-208
- MURACH, D.; HARTMANN, H.; MURN, Y.; SCHULTZE, M.; WAEL, A. u. RÖHLE, H. (2009): Standortbasierte Leistungsschätzung in Agrarholzbeständen in Brandenburg und Sachsen. In: REEG, T.; BEMMANN, A.; KONOLD, W.; MURACH, D. u. SPIECKER, H. (Hrsg.): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 29-40
- NEUMANN, M. (1999): Orientierende Untersuchung zur Anwendung von Holzpflaster im Außenbereich. Diplomarbeit. Technische Universität Dresden, Fachrichtung Forstwissenschaften
- PETERS, T., BILKE, G. u. STROHBACH, B. (2007): Ertragsleistung sechsjähriger Robinien (*Robinia pseudoacacia*) auf vier ehemaligen Ackerstandorten unterschiedlicher Bodengüte in Brandenburg. *Archiv f. Forstwesen u. Landsch.ökol.* 41, 26-28
- PETZOLD, R.; FEGER, K.H. u. SIEMER, B. (2006): Standörtliche Potenziale für den Anbau schnellwachsender Baumarten auf Ackerflächen. *Allg. Forst. Z. Waldwirtsch. Umweltvorsorge* 61, 855-857
- PLASS, W.T. (1972): Fertilization treatments increase black locust growth on extremely acid surface-mine spoils. *Tree Planters' Notes* 23, 3, 3 S.
- PROWALD-NRW (2009): Bündnis ProWald NRW - Positionspapier des Bündnisses ProWald NRW: „Kurzumtriebsplantagen (KUP) im Wald“ vom 23.03.2009, <http://www.prowald-nrw.de/stellungnahmen.html>.
- REIKE, J. (2009): Forschungsvorhaben Entwicklung von nachhaltigen Energiepflanzenbausystemen in der Lausitz - Gutachterliche Stellungnahme zum Thema Kurzumtriebsplantagen. Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V. (FIB), Abschlussbericht, 79 S.
- RICHTER, H.G. (ED.) (2000): Technology for high quality products from Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.). Final Report INCO COPERNICUS Project No. PL 96-4114, EU Contract Nr. ERB IC15-CT960713, 238 S.
- RIEK, W. (2009): Erste Ergebnisse der Bodenzustandserhebung (BZE-2) in Brandenburg. *Eberswalder Forstliche Schriftenreihe* 40, 6-13
- RIEK, W. (2010): Regionale und standortsbedingte Unterschiede zu den Auswirkungen des Klimawandels. *Eberswalder Forstliche Schriftenreihe* 44, 38-48
- RIEK, W. u. KALLWEIT, R. (2007): Einfluss des Wasserhaushaltes auf den Kronenzustand der Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) in Brandenburg. *Archiv f. Forstwesen u. Landsch.ökol.* 41, 2, 49-59
- RÖHLE, H.; HARTMANN, K.-U.; STEINKE, C. u. MURACH, D. (2008): 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. Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 41-55
- ROLOFF, A. u. GRUNDMANN, B. (2008): Waldbaumarten und ihre Verwendung im Klimawandel. *Archiv f. Forstwesen u. Landsch.ökol.* 42, 97-109
- SACHSSE, H. (1979): Holzeigenschaften wichtiger Balsampapeln und Balsamhybriden. *Holz-Zentralblatt* 105, 1517-1518

- SCHILDBACH, M.; GRÜNEWALD, H.; WOLF, H. u. SCHNEIDER, B.-U. 2009: Begründung von Kurzumtriebsplantagen: Baumartenwahl und Anlageverfahren. In: REEG, T., BEMMANN, A., KONOLD, W., MURACH, D. u. SPIECKER, H. (Hrsg.): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 57-71
- SCHÜLER, S.; WEIBENBACHER, L. u. SIEBERER, K. (2006): Robinien für Energie- oder Wertholz - die Sorte macht's!, *Forstzeitung* 117, 8, 8-9
- SCHULTZ, T. (1990): Anbaumöglichkeiten der Robinie. Diplomarbeit Fachhochschule Hildesheim / Holzminnen, Fachbereich Forstwirtschaft
- SEA 95 (2005): Anleitung für die forstliche Standortserkundung im nordostdeutschen Tiefland SEA 95 - Teil A - D und Bodenformenkatalog. Schwerin
- SEELING, U. (1997): Die Robinie - nur ein Exot im Deutschen Wald? *Forst und Holz* 52, 81-86
- ULRICH, B. (1981): Ökologische Gruppierung von Böden nach ihrem chemischen Bodenzustand. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 144, 3, 289-305
- WITTKOPF, S.; HÖMER, U. u. FELLER, S. (2003): Bereitstellungsverfahren für Waldhackschnitzel – Leistungen, Kosten, Rahmenbedingungen. *LWF Wissen* 38, 82 S.
- ZIMMERMANN, R.W. u. CARPENTER, S.B. (1980): First year coppice production from a 5-year-old Black Locust stand on surface mine spoil. *Proceedings Dep. Carbondale* 3, 309-314

Korrespondierender Autor:

Dr. Dirk Knoche

Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V. (FIB)

Brauhausweg 2

03238 Finsterwalde

E-Mail: d.knoche@fib-ev.de

URL: www.fib-finsterwalde.de

Jan Engel

Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE)