

Verunsicherung über Eigenschaften von Robinienholz

Unterschiede in der Struktur und in der Dauerhaftigkeit juvenilen und adulten Holzes von *Robinia pseudoacacia* L.

Von Privatdozent Dr. Oliver Dünisch¹, Privatdozent Dr. Gerald Koch² und Prof. Dr. Klaus Dreiner³

Die Nachfrage nach hochwertigen, dauerhaften Holzarten für den Einsatz im Außenbereich hat in den vergangenen Jahren in Deutschland deutlich zugenommen. Vor dem Hintergrund der Verknappung der für diesen Bereich traditionell verwendeten dauerhaften tropischen Holzarten, rückte die hohe natürliche Dauerhaftigkeit des Kernholzes der vor über 400 Jahren in Europa eingeführten nordamerikanischen Baumart *Robinia pseudoacacia* L. (Robinie, Black locust) erneut in den Blickpunkt. In neuester Zeit häufen sich allerdings Berichte aus der Praxis, die auf eine hohe Variabilität der Holzeigenschaften, insbesondere auf starke Unterschiede in der natürlichen Dauerhaftigkeit des Kernholzes von Robinie aufmerksam machen.

Robinienholz ist für Holz bearbeitende Betriebe eine vorrangige Rohstoffalternative für den konstruktiven Einsatz im Außenbau (Abbildung 1). Sich mehrende Berichte aus der Praxis über intensiven Abbau des Kernholzes durch Holz zerstörende Pilze und entsprechende Festigkeitsverluste bereits nach zwei bis zehn Jahren im Außenbereich (Abbildungen 3a und 3b) bei Verwendung von Kernholz relativ junger Bäume, haben allerdings zu einer Verunsicherung über die Produktqualität von Robinienholz geführt. Auf dieser Grundlage wurde die Arbeitshypothese formuliert, dass die sich häufenden Qualitätseinbußen bei Robinie auf die Verarbeitung immer größerer Anteile juvenilen (marknahen) Holzes zurückzuführen sind, da bekannt ist, dass die Eigenschaften juvenilen Holzes deutlich von denen des adulten Holzes (Holz, das von einem älteren Kambium gebildet wird) abweichen können (Zobel & van Buijtenen 1989, Haupt et al. 2003). Im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsvorhabens⁴ der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holz-

wirtschaft in Hamburg (BFH) und der Fachhochschule Eberswalde wurden deshalb holzbiologische, holzchemische und holztechnologische Eigenschaften juvenilen Robinienholzes an ausgewählten Robinienherkünften untersucht.

Untersuchungsmaterial

In Deutschland finden sich die wichtigsten Robinienherkunftsgebiete in Brandenburg; das höchste Importvolumen von Robinienholz kommt derzeit aus Ungarn. Dementsprechend wurden für die Untersuchungen zehn Robinienbäume in Brandenburg (Standort Eberswalde) und vier Robinienbäume in Ostungarn (Standort South-Nyirésg 61 D-Nyiracsád) ausgewählt. Das Alter der Versuchsbäume variierte zwischen 41 und 85 Jahren. Um eine möglichst gute Vergleichbarkeit der holztechnologischen Untersuchungen mit den holzbiologischen/chemischen Untersuchungen sicherzustellen, wurden die Stammabschnitte nach einem gemeinsam von den beteiligten Forschungseinrichtungen erarbeiteten Plan eingeschnitten und das Probenmaterial für alle Untersuchungen aus den gleichen Stammbereichen gewonnen.

Jahringbreite und Struktur

Der Wachstumsverlauf der Versuchsbäume wurde jahringanalytisch mit dem Programmpaket „Catras“ untersucht. Hierfür wurde die Jahringbreite an Stammscheiben, die in unterschiedlichen Baumhöhen (mindestens drei Höhen) entnommen wurden, an jeweils zwei Radien (Nord-Süd) bestimmt. Die Zellartenzusammensetzung sowie ausgewählte Zelldimensionen (Faserlänge, Gefäßdurchmesser, Zellwanddicke), wurden jahringweise vom Mark bis zum Kambium lichtmikroskopisch über ein Bildanalysesystem (Olympus, Soft-

warepaket „Analysis“) quantifiziert. Die für die Beurteilung des Stehvermögens und der Anisotropie des Holzes besonders wichtige Orientierung der Mikrofibrillen in der Faserzellwand (S₂) wurde röntgendiffraktometrisch (Silviscan) sowie elektronenoptisch (indirekt über die Orientierung der Tüpfel) bestimmt.

In den ersten Wachstumsjahren (juvenile Phase) weist die Robinie eine sehr hohe Zuwachsleistung auf. Sowohl bei den Bäumen aus Brandenburg als auch bei den Bäumen ungarischer Herkunft können in der juvenilen Phase (Alter 10 bis 15 Jahre) Zuwachsraten (Jahringbreiten) von 5 bis 10 mm gemessen werden. Ab einem Alter von 15 Jahren nimmt die Jahringbreite deutlich ab, danach ist bis zum Reifealter von 41 bis zu 85 Jahren kein Alterstrend des Dickenwachstums mehr erkennbar (Abbildung 4). Parallel zur Jahringbreite weisen die marknahen Jahringe (Jahringe 1 bis 10) einen signifikant höheren Anteil an parenchymatischen Zellen (Axial- und Holzstrahlparenchym) auf als die später gebildeten Jahringe (Jahringe 1 bis 10: 38,2% Bäume aus Brandenburg bzw. 35,5% Bäume aus Ungarn). In den Jahringen 21 bis 30 liegt der Parenchymanteil bei 22 bzw. 24,8%.

Ein erhöhter Anteil an dünnwandigen Parenchymzellen – mit entsprechend geringerem Faserwandanteil – erklärt die etwas geringere Rohdichte in den juvenilen Stammbereichen, was sich auch negativ auf die Dauerhaftigkeit des Gewebes auswirken kann. Sowohl im Holz brandenburgischer Herkunft als auch im Holz ungarischer Herkunft nehmen in den ersten 7 bis 12 Jahringen die Gefäßdurchmesser und die Faserlängen zu, während der Mikrofibrillenwinkel abnimmt. Diese anatomisch-strukturellen Parameter weisen auf die Ausbildung von juvenilen Holz in der frühen Wachstumsphase hin, die für die Robinie beider Herkünfte mit 7 bis 15 Jahren anzugeben ist.

Elastomechanische Eigenschaften

Für juveniles und adultes Holz wurden ausgewählte mechanische und technologische Eigenschaften des Holzes untersucht. Auf der Grundlage der holzstrukturellen Befunde wurde Holz der ersten 15 Wachstumsjahre als „juveniles Probenkollektiv“ und Holz der Jahringe >20 Jahre als „adultes Probenkollektiv“ angesprochen. Für die Prüfungen wurde ausschließlich Kernholz verwendet.

Für die Untersuchungen wurden Zwillingsproben aus dem marknahen Stammbereich (juveniles Holz) bzw. aus dem markfernen Stammbereich

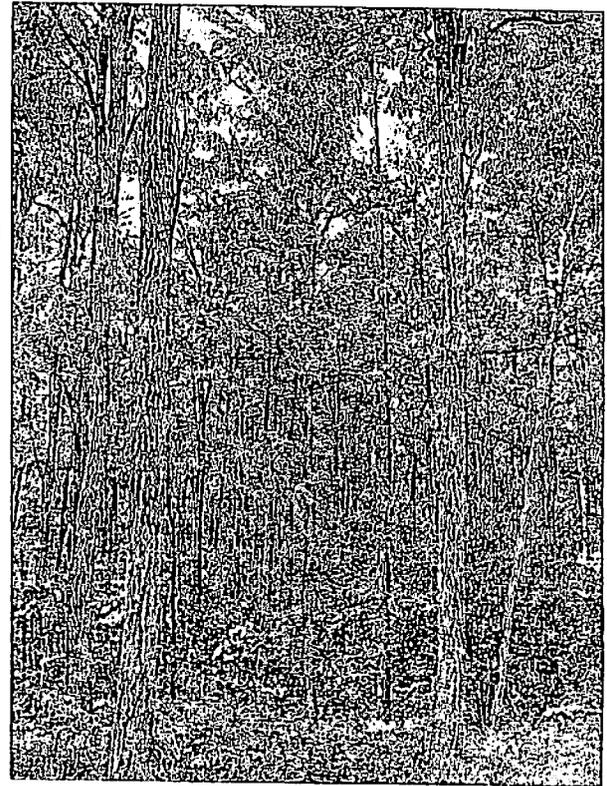


Abbildung 1 Robinienbestand in Brandenburg

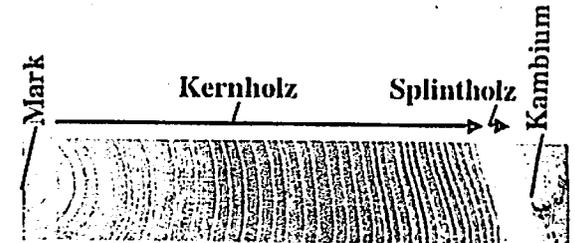


Abbildung 2 Holzprobe eines Versuchsbau aus Brandenburg mit charakteristischem Splint. Auffällig ist die abnehmende Jahringbreite mit zunehmendem Baumalter und die hellere Kernholzfarbe im marknahen Stammbereich.

(adultes Holz) aller Probebäume geformt. Die Biege-, Druck- und Schlagbiegefestigkeit, die Härte, die Klebefestigkeit, der Schraubenauszugwiderstand und die Zerspanungsarbeit beider Probenkollektive wurden nach DIN/EN-Norm bestimmt. Dementsprechend wurden für die Prüfungen nur Prüfkörper aus fehlerfreiem Holz zugelassen. Die Anzahl der pro Prüfung durchgeführten Messungen variierte zwischen 63 und 373.

Die ermittelten Kennwerte der elastomechanischen Eigenschaften entsprechen den Literaturangaben für Robinienholz. Sowohl für statische (Biegung, Druck, Härte) als auch dynamische (Schlagbiegefestigkeit) Eigenschaften wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen juvenilem und adultem Holz gefunden (Tabelle 1). Auch für das Last-Verformungsverhalten sind auf Grund der gemessenen Steifigkeiten

keine Unterschiede zwischen juvenilem und adultem Holz zu erwarten. Die durchgeführten Prüfungen decken zwar nicht alle Beanspruchungsarten ab (Zug- und Scherprüfungen wurden nur orientierend durchgeführt), die Ergebnisse legen aber nahe, dass die elastomechanischen Eigenschaften von juvenilem und adultem Holz der Robinie nahezu gleich sind. Ähnliches gilt für die ermittelten technologischen Eigenschaften juvenilen und adulten Robinienholzes. Die Kennwerte zum Schraubenauszugwiderstand, der Klebefestigkeit sowie zur Zerspanungsarbeit lassen den Schluss zu, dass aus mechanisch-technologischer Sicht keine Unterschiede in der Be- und Verarbeitung von juvenilem und adultem Robinienholz zu erwarten sind.

Natürliche Dauerhaftigkeit

Für die Bestimmung des Extraktstoffgehaltes und der natürlichen Dauerhaftigkeit des Kernholzes, wurden aus allen Versuchsbäumen Proben aus dem marknahen Stammbereich (Jahringe 1 bis 5 = „juveniles Holz“) sowie dem markfernen Stammbereich (Jahringe >20 = „adultes Holz“) entnommen. Splintnahes Kernholz (die drei zuletzt gebildeten Kernholzjahringe wurde hierbei nicht in die Untersuchung einbezogen (vgl. Magel et al. 1994)). Zur Bestimmung des Gehaltes an Kerninhaltsstoffen, wurde eine Extraktion mit Aceton/Wasser im Verhältnis 3:1

Tabelle 1 Mechanische und technologische Eigenschaften von Robinienkernholz

Holzart	Juvenil			Adult		
	Mittelwert	Standardabweichung	Anzahl	Mittelwert	Standardabweichung	Anzahl
Dichte [kg/m ³]	740	50	201	756	48	187
Biege-E-Modul EI [N/mm ²]	14554,98	1612,83	142	14615,39	1447,61	282
Biegefestigkeit b _{BI} [N/mm ²]	151,45	18,42	142	151,29	15,65	282
Druckfestigkeit d _{BI} [N/mm ²]	71,19	11,65	199	71,16	10,78	373
Härte Brinell [N/mm ²]	44,31	9,60	63	51,36	6,97	160
Verleimung [%]	30,71	15,02	110	41,63	15,47	100
Zerspanungsarbeit [W]	1176,84	104,62	1105,72	69,145		
Schraubenauszug [N] (rad)	3206,02	353,16	121	3279,97	446,75	125
Schraubenauszug [N] (tan)	292,24	433,01	130	3189,70	385,45	124

Tabelle 2 Gehalt an Robinetin und Dihydrorobinetin im juvenilen und adulten Kernholz in (%)

Herkunft/Stammbereich	Robinetin (%)	Dihydrorobinetin (%)
Brandenburg		
Juveniles Holz	0,27 ± 0,04	1,27 ± 0,14
Adultes Holz	1,22 ± 0,19	4,27 ± 0,76
Ost-Ungarn		
Juveniles Holz	0,44 ± 0,13	2,18 ± 0,27
Adultes Holz	0,98 ± 0,24	4,77 ± 0,69

Versuchsbäume aus Brandenburg (n = 10) und Ost-Ungarn (n = 4). Mittelwert ± Standardabweichung

Tabelle 3 Masseverlust juvenilen und adulten Robinienkernholzes nach 16-wöchigem Abbau in (%)

Probe	Coniophora puteana Masseverlust (%)	Coriolus versicolor Masseverlust (%)
Vaulenz (n = 18)	56,6 – 60,6 – 64,3 (Kiefer Splint)	21,7 – 25,3 – 35,3 (Buche)
Juveniles Holz (n = 50)	2,9 – 9,4 – 31,4 (Dauerhaftigkeit: 2)	6,6 – 16,5 – 31,7 (Dauerhaftigkeit: 4)
Adultes Holz (n = 50)	0,1 – 0,7 – 2,5 (Dauerhaftigkeit: 1)	0,5 – 1,7 – 4,8 (Dauerhaftigkeit: 1)

300 Mio. Euro vom Bund für Forschungsförderung im Mittelstand

Lotsendienst soll bei der Förderberatung des BMBF helfen – vereinfachte Bonitätsprüfung

„Wir machen den Weg frei, um Deutschland an die Weltspitze der wichtigsten Zukunftsmärkte zu führen“, so kommentierte Bundesforschungsministerin Dr. Annette Schavan ihre am 13. September in Berlin vorgestellte neue Initiative „KMU-innovativ“ zur Förderung von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU).

Insbesondere Unternehmen, die bisher wenig Erfahrungen mit den Instrumenten der Forschungsförderung haben, könnten so schneller die Möglichkeit bekommen, alleine oder im Verbund anspruchsvolle Forschungsvorhaben zu verwirklichen, erläuterte Schavan den Sinn der Fördermaßnahmen. Wichtig sei ihr die spezielle Unterstützung der KMU, die sie als „Schrittmacher der Spitzenforschung“ ansieht.

Konkret soll in Zukunft ein so genannter Lotsendienst bei der Förderberatung des BMBF interessierte Unternehmen in allen Fragen beraten und verlässlich zur richtigen Antragsstelle vermitteln. Zwei regelmäßige Stichtage im Frühjahr und Herbst und die ver-

bindlichen und kurzen Bearbeitungszeiten für Anträge sollen die Planungssicherheit erhöhen. Zudem gebe es besonders KMU-freundliche Förderkriterien, wie etwa die Möglichkeit einer vereinfachten Bonitätsprüfung.

Insgesamt 300 Mio. Euro stellt das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für das neue Projekt zur Verfügung. Mithilfe dieser Gelder sollen KMU der Spitzenforschung zukünftig einen bevorzugten Zugang zur fachspezifischen Förderung des BMBF in zunächst fünf Technologiefeldern erhalten. Diese Bereiche hält die Bundesregierung zum jetzigen Zeitpunkt für besonders wichtig, um Wachstum und Wohlstand in Deutschland besonders zu fördern. Unterstützt werden die

- ◆ Biotechnologie,
- ◆ Nanotechnologie,
- ◆ Informations- und Kommunikationstechnologien,
- ◆ Produktionstechnologie und
- ◆ Technologien für Ressourcen und Energieeffizienz.

Die Förderung erfolgt jeweils themenoffen, betonte die Ministerin. Wich-

tiger als die exakte Einordnung in ein spezifisches Themengebiet sind Exzellenz und Innovationsgrad des geförderten Projektes sowie hohe Verwertungschancen.

Manfred Wittenstein, Vorstandsvorsitzender der Wittenstein AG sowie Mitglied der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft, betonte die Notwendigkeit einer Vereinfachung und Klärung bei der Mittelvergabe und begrüßte daher nachdrücklich die Initiative des BMBF: „Forschende Unternehmer verbringen jede freie Minute in ihrem Labor oder ihrer Werkhalle und können wenig Zeit für Förderinformationen, Richtlinien und Formulare aufbringen.“

Das Projekt ist Teil der so genannten „Hightech-Strategie für Deutschland“ in dessen Rahmen die Bundesregierung bis 2009 insgesamt rund 15 Mrd. Euro für Spitzentechnologien und technologieübergreifende Querschnittsmaßnahmen bereitstellt.

Informationen im Internet unter www.kmu-innovativ.de oder www.hightech-strategie.de.



Die Klasse HBM 4013 mit Klassenlehrer Erich Jacobi (rechts)

Neue Fachkräfte aus Bad Wildungen

Nach erfolgreich bestandener Abschlussprüfung wurden 61 Holzbearbeitungsmechaniker aller Fachrichtungen in einer Feierstunde Ende Juli an der Holzfachschule Bad Wildungen verabschiedet. Die Klassenlehrer Erich Jacobi, Reinhold Schäfer und Hanno Steinbach überreichten die Abschlussurkunden. Die Klassenbesten wurden mit einem Buchpreis geehrt. In diesem Jahr überzeugten besonders Jakob Gouriye, Sven-Heinrik Kersten und Daniel Klingenberg mit ihren erbrachten Leistungen.

Hans-Otto Vesper, Ministerialrat beim Hessischen Kultusministerium, hielt anlässlich der Feierstunde die Festrede. Er ist Referatsleiter und betreut etwa 100 Ausbildungsberufe im Kultusministerium. Der Rahmenlehrplan für den Holzbearbeitungsmechaniker wurde überarbeitet und dies sei der erste Jahrgang, der nach dem neuen Lernfeldkonzept ausgebildet wurde. Er erklärte, dass reine Stoffvermittlung zu wenig sei. Die Auszubildenden müssten auch praktische Situationen in der Schule erlernen.

Verunsicherung über Eigenschaften von Robinienholz

Fortsetzung von Seite 1061

durchgeführt. Die Extrakte wurden chromatographisch (HPLC-Chromatographie, Mayer & Koch 2007) getrennt und (semi)quantitativ ausgewertet (der quantitative Nachweis wurde für die in Bezug auf die Dauerhaftigkeit besonders wichtigen Flavonoide Robinetin und Dihydrorobinetin durchgeführt). Die natürliche Dauerhaftigkeit des juvenilen und adulten Holzes wurde nach EN 350-1 geprüft. Für die Untersuchungen wurden gemäß DIN CEN/TS 15083 jeweils 50 Prüfkörper aus Zonen des juvenilen und adulten Holzes vorbereitet. Als obligatorische Prüfpilze für die Dauerhaftigkeitsprüfungen wurden nach EN 113 *Coniophora puteana* (Braunfäuleerreger) und *Corioliolus versicolor* (Weißfäuleerreger) ausgewählt, die auch in der Praxis als bedeutende Holz zerstörende Pilze eingestuft werden. Im Rahmen der normgerechten Prüfung wurde das Untersuchungsmaterial zunächst bei 20 °C und 65 % rel. Luftfeuchte (Normklima) bis zur Gewichtskonstanz klimatisiert, anschließend durch eine Cobalt-60-Bestrahlung sterilisiert, mit den Prüfpilzen beimpft

und der Masseverlust nach 16-wöchiger Abbauzzeit bestimmt. Als Virulenzkontrollen für die Abbaukontrolle der beiden Prüfpilze dienten jeweils 18 Prüfkörper aus dem Splintholz von Kiefer (*Pinus sylvestris*) und Buche (*Fagus sylvatica*).

Die chemische Zusammensetzung der Kerninhaltsstoffe im marknahen Kernholz (juvenile Wachstumsphase) ist nahezu identisch mit der des Kernholzes, das während der adulten Wachstumsphase gebildet wurde. Allerdings sind die Absolutgehalte, insbesondere an höhermolekularen Verbindungen (insbesondere Robinetin und Dihydrorobinetin) im Kernholz, das in der Jugendphase des Baum(wachstums) gebildet wurde, signifikant niedriger, als die Gehalte an Inhaltsstoffen im Kernholz, das während der adulten Wachstumsphase gebildet wurde (Tabelle 2).

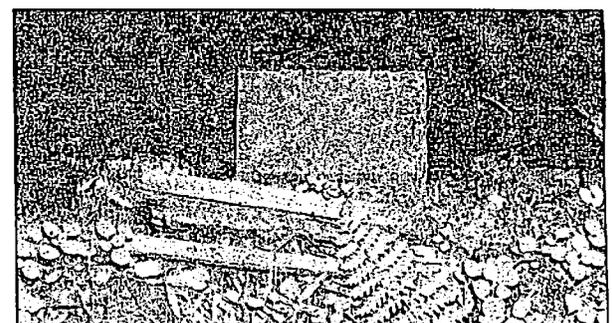
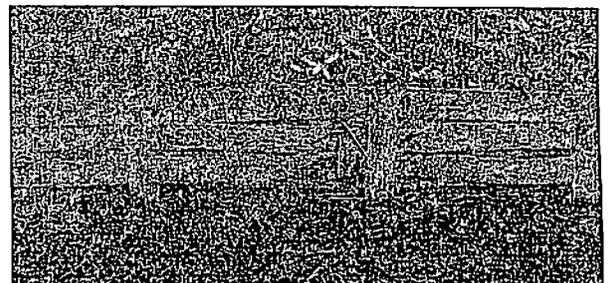
In der aktuellen Fassung der EN 350-2 wird das Kernholz der Robinie in die Dauerhaftigkeitsklasse 1 bis 2 = sehr dauerhaft bis dauerhaft eingestuft, ohne dass auf mögliche Unterschiede/Einschränkungen für das juvenile Holz

hingewiesen wird (Richter & Waitkus 2001). Die Ergebnisse der Masseverlustbestimmung nach 16-wöchiger Abbauzzeit (Tabelle 3) für die beiden Kollektive juveniles und adultes Robinienholz zeigen allerdings deutlich, dass (gravierende) Unterschiede in der natürlichen Dauerhaftigkeit zwischen juvenilem und adultem Kernholz bestehen. Die Prüfkörper aus dem juvenilen Holz der Robinie können nach EN 350-2 nur in die Dauerhaftigkeitsklasse 4 (= nicht dauerhaft) eingestuft werden. Im Vergleich dazu entspricht der ermittelte Masseverlust für die Prüfkörper aus dem Kollektiv adultes Holz der Dauerhaftigkeitsklasse 1 (= sehr dauerhaft).

Der höchste mittlere Masseverlust mit 16,5 % (juveniles Holz) wurde erwartungsgemäß durch den Weißfäuleerreger *Corioliolus versicolor* (= Schmetterlingsporling) verursacht. Für den Braunfäulepilz *Coniophora puteana* wurde für das juvenile Holz ein mittlerer Masseverlust von 9,4 % bestimmt, was nach Berechnung des x-Wertes (= mittlerer Masseverlust der Prüfkörper und Virulenzproben) zu einer Einstufung in die Dauerhaftigkeitsklasse 2 (= dauerhaft) führt. Die Prüfkörper aus dem Kollektiv adultes Holz wiesen dagegen nur sehr geringe mittlere Masseverluste mit 0,7 % (*Coniophora puteana*) und 1,7 % (*Corioliolus versicolor*) auf, was in beiden Fällen eine Einordnung in die Dauerhaftigkeitsklasse 1 (=sehr dauerhaft) zulässt. Der Vergleich mit den ermittelten Masseverlusten für die Virulenzkontrollen (60,6 % bei Kiefer-Splint und 25,3 % bei Buche) belegt die hohe (normgerechte) Abbauintensität der beiden Prüfpilze und damit die Gültigkeit der Versuchsdurchführung.

Die Ergebnisse der Dauerhaftigkeitsprüfung sind ein wissenschaftlicher Beleg für die in der Praxis beobachteten Schadensfälle (Abbildungen 3a/b) und formulierte Arbeitshypothese, dass das juvenile Holz der Robinie eine geringere natürliche Dauerhaftigkeit besitzt. Diese Ergebnisse stehen zudem in sehr guter Übereinstimmung mit den durchgeführten Extraktstoffanalysen, die signifikant höhere Konzentrationen an Robinetin und Dihydrorobinetin im adulten Holz der Robinie nachgewiesen haben. Diese beiden Verbindungen sind maßgeblich für die höhere Dauerhaftigkeit des adulten Holzes verantwortlich.

Aus den grundlegenden wissenschaftlichen Untersuchungen kann für die Praxis abgeleitet werden, dass für die Herstellung und Verwendung von Bauteilen mit geringen Querschnittsabmessungen (z. B. Pfähle oder Flechtmaten) kein juveniles Holz im Außenbereich mit direktem Erdkontakt (entsprechend der Gefährdungskategorie 4 nach EN 460) eingesetzt werden sollte (dort). Bei der Verwendung von stärker



Abbildungen 3a/b Einsatz von Robinienkernholz zur Uferböschungsbefestigung im Schlosspark Ludwigslust. Auffällig ist (a) das unerwartet frühe Versagen des verbauten Holzes nach bereits 3 bis 4 Jahren und (b) der hohe Anteil verbauten Holzes aus marknahen (juvenilen) Stammbereichen.

dimensionierten Bauteilen, wie z. B. als Rundhölzer oder Ständerkonstruktionen auf Spielplätzen verbaut, ist der Anteil des juvenilen Holzes i. d. R. so gering, dass die natürliche Dauerhaftigkeit nicht negativ beeinträchtigt ist.

Zusammenfassung

Sowohl die anatomischen Strukturmerkmale als auch die chemische Zusammensetzung des Robinienholzes weisen einen deutlichen Alterstrend vom marknahen (juvenilen) zum markfernen (adulten) Holz hin auf. Die elastomechanischen Eigenschaften des Robinienholzes sind hingegen nur in geringerem Umfang vom Alter des Baumes abhängig. Je nach zur Beurteilung herangezogenem Merkmal, umfasst die Bildung juvenilen Holzes bei Robinie die ersten 7 bis 15 Jahrgänge. Im Hinblick auf die vornehmliche Verwendung von Robinienkernholz im Außenbereich, ist für die Praxis die verminderte Dauerhaftigkeit juvenilen Kernholzes, das unter Berücksichtigung der ersten 15 Wachstumsjahre lediglich in Dauerhaftigkeitsklasse 3 bis 4 eingestuft werden kann, gegenüber dem adulten Kernholz, das in die Dauerhaftigkeits-

klasse 1 bis 2 eingestuft ist, von besonderer Bedeutung. Robinienkernholz vergleichsweise junger Bestände, weißt somit einen relativ hohen Anteil juvenilen Holzes mit einer verminderten natürlichen Dauerhaftigkeit auf. Dementsprechend hat die forstliche Umtriebszeit einen erheblichen Einfluss auf die Produktqualität von Robinienholz. Den verwindungsrelevanten unterschiedlichen Eigenschaften juvenilen und adulten Robinienholzes sollte durch getrennte Aushaltung bei der Sortierung Rechnung getragen werden.

Literatur
Haupt, M.; Leithoff, H.; Meier, D.; Puls, J.; Richter, H. G.; Fox, O. (2003): Heartwood extractives and natural durability of plantation-grown teakwood (*Tectona grandis* L.) – a case study. Holz Roh- und Werkstoff 61, 473-474.
Magel, E.; Jay-Allemand, C.; Ziegler, H. (1994): Formation of heartwood substances in the stemwood of *Robinia pseudoacacia* L. II. Distribution of nonstructural carbohydrates and wood extractives across the trunk. Trees 8, 165-171.
Mayer, I.; Koch, G. (2007): Farbabweichungen bei Black Cherry nehmen zu. Holz-Zentralblatt 7, 200 + 202.
Richter, H. G.; Waitkus, C. (2001): Die Robinie und ihr Holz. Merkblatt. Eigenverlag Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, 4 S.
Zobel, B. J.; van Buijtenen, J. P. (1989): Juvenile

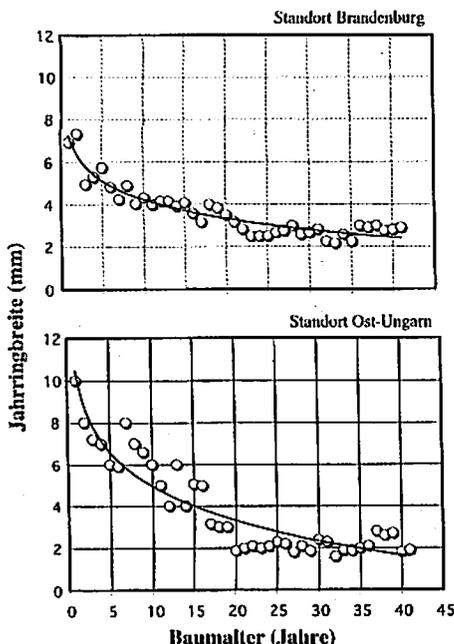


Abbildung 4 Abhängigkeit der Jahringbreite (mm) in Brusthöhe (1,3 m) vom Baumalter der Versuchsbäume aus (oben) Brandenburg (n = 10) und (unten) Ost-Ungarn (n = 4).