

# Vorträge

Kurzfassungen

## Kuratorium für Forstliche Forschung 19. Statusseminar



# Vortragsverzeichnis

<b>Ressourcenorientierte Hackschnitzelbereitstellung .....</b>	<b>5</b>
<b>Konkurrenz um Holz: Ökologische, soziale und ökonomische Effekte der stofflichen und energetischen Verwertung von Holz .....</b>	<b>7</b>
<b>Einfluss des Waldbaus auf die Schnittholzqualität der Douglasie.....</b>	<b>9</b>
<b>Untersuchungen zur Bereitstellung von Lamellen aus Buchen- und Eschenholz für die Produktion von Brettschichtholz .....</b>	<b>11</b>
<b>Die Verklebung - der Schlüssel zum Erfolg .....</b>	<b>13</b>
<b>Steigerung der Holzausbeute und Qualität von Buchenschäl furnieren für die Herstellung von Furniersperrholz.....</b>	<b>15</b>



# Ressourcenorientierte Hackschnitzelbereitstellung

Fabian Schulmeyer, Dr. Daniel Kuptz, Dr. Elke Dietz

*Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Technologie- und Förderzentrum*

Mit steigender Nachfrage nach Holzhackschnitzeln zur energetischen Verwendung ist über die letzten Jahrzehnte sowohl in der Bereitstellung als auch in der Vermarktung eine zunehmende Professionalisierung zu beobachten. Damit geht eine Differenzierung von Hackschnitzeln nach Ausgangssortiment, Verarbeitungsprozess und Qualität einher. Im Rahmen eines vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten geförderten Forschungsprojekts wurden durch das Technologie- und Förderzentrum (TFZ) und die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) umfassende Untersuchungen zu Prozessketten der Hackschnitzelbereitstellung, zu den Brennstoffeigenschaften und weiteren Aspekten durchgeführt. Die vorgestellten Ergebnisse sind in LWF aktuell 103 veröffentlicht. Die ausführlichen Projektergebnisse werden in der Schriftenreihe „Berichte aus dem TFZ“ publiziert.

## Prozesskette und Produktivität

In der Praxis der Waldhackschnitzelbereitstellung hat sich in Bayern die Forststraße als Hackort durchgesetzt. Das Hacken wird als entkoppelter Verfahrensschritt mit mobilen Großhackern durchgeführt. Die beiden wichtigsten Ausgangsmaterialien sind Waldrestholz und Energierundholz. Am häufigsten wird Fichten-Waldrestholz gehackt. Die Bereitstellung sogenannter Premium-Hackschnitzel aus Energierundholz gewinnt zunehmend an Bedeutung.

Die Produktivität beim Hacken wurde in 43 Arbeitsstudien untersucht. Beim Energierundholz ergab sich mit durchschnittlich 99 Schüttraummeter je Maschinenarbeitsstunde eine signifikant höhere Produktivität als beim Waldrestholz (durchschnittlich 74 Schüttraummeter je Maschinenarbeitsstunde). Die Produktivität steigt zudem mit zunehmender Hacker-Antriebsleistung. Außerdem zeigten sich Tendenzen einer höheren Produktivität bei Weichholz gegenüber Hartholz sowie bei gröberen Siebweiten (80 x 80 mm aufwärts) gegenüber engeren. Der höhere Durchsatz beim Energierundholz resultiert vor allem aus der kompakteren und geordneteren Lage der Hölzer im Polter, wodurch dem Hacker je Kranbewegung eine größere Holzmenge zugeführt werden kann. Der Transport ist meistens an das Hacken gekoppelt. Der Organisation der Logistik kommt daher die entscheidende Rolle bei der Hackerauslastung zu. Die Wartezeiten auf einen neuen, leeren Transportbehälter waren mit 28% der gesamten Arbeitszeit der Hauptgrund für Arbeitsunterbrechungen des Hackers. Eine gewisse Wartezeit ist aber auch bei optimaler Organisation unvermeidbar, gerade unter Praxisbedingungen im Wald.

## Physikalische Hackschnitzelqualität

Die physikalische Hackschnitzelqualität ist direkt abhängig von den verwendeten Rohmaterialien (Baumart, Sortiment) und den Maschineneinstellungen (Messerschärfe, Siebkorbeinsatz, Austragssystem). Vor allem kleine Feuerungsanlagen stellen zum Teil hohe Anforderungen an

die Brennstoffqualität (vgl. ISO 17225-4), z.B. an den Wassergehalt, den Aschegehalt sowie an die Partikelgrößenverteilung und indirekt auch an die Partikelform. Bayernweit wurden 55 Hackschnitzelproben aus Waldrestholz, Energierundholz, Vollbäumen, Kurzumtrieb, aus der Pflege von Verkehrswegen/Stromtrassen sowie aus aufbereitetem Siedlungsholz in Feldversuchen zusammengetragen und hinsichtlich ihrer physikalischen Eigenschaften nach DIN EN Norm und mittels eigener Verfahren analysiert. Der Wassergehalt frischer Hackschnitzel lag mit 49,1 Ma.-% über den Anforderungen kleiner Feuerungen (i.d.R.  $\leq 35$  Ma.-%). Eine Vortrocknung des Rohmaterials über einen Sommer reduzierte den Wassergehalt auf 31,0 Ma.-%. Der Aschegehalt von Waldrest-, Kurzumtriebs- und Verkehrswegebegleitholz war mit 1,0 bis 5,4 Ma.-% deutlich höher als der von Energierundholz (0,4 bis 1,8 Ma.-%), v.a. bei Verschmutzung des Rohmaterials durch Erdanhaftungen. Die Korngrößenverteilung konnte in 32 % der Fälle einer der Größenklassen der ISO 17225-4 zugeordnet werden (P31S, P45S). Qualitativ hochwertige Hackschnitzel (d.h. Aschegehalt  $< 1,5$  Ma.-%, homogene Partikelform, wenig Feinanteil oder Überlängen) ließen sich am sichersten aus Energierundholz unter Verwendung scharfer Messer herstellen.

## **Chemische Hackschnitzelqualität**

Die chemische Hackschnitzelqualität beeinflusst in erheblichem Maße das Verhalten des Brennstoffes in der Feuerung sowie, bei Anreicherung im Brennstoff, den Entzug bestimmter Elemente aus dem Ökosystem. Verbrennungstechnisch relevante Elemente führen zu hohen Schadstoffemissionen (Feinstaub, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>), zu Korrosion (z.B. Cl) oder zu Schlackebildung (z.B. K). Normen für biogene Festbrennstoffe (ISO 17225-4/6/7) geben Grenzwerte für Hackschnitzel und für halmgutartige Brennstoffe vor. Eine Anreicherung der relevanten Elemente im Brennstoff kann durch die Pflanzenart, die verwendeten Pflanzenteile, prozessbedingte Bodenanhaftungen oder den Standort (z.B. straßenbegleitend) verursacht sein.

Aus unterschiedlichen Bereichen Bayerns wurden 85 Hackschnitzelproben (u.a. Waldrest-, Energierund- und Siedlungsholz, KUP, Stromtrassen) untersucht, die gemessenen Elementgehalte hinsichtlich Grenzwertüberschreitungen beurteilt und die Ursachen (Verunreinigungen, Grünanteil, regionale Herkunft etc.) ermittelt. Hierfür wurden 16 Elemente (N, Cl, S, Si, Ca, Mg, K, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn) ausgewertet. Die Untersuchungen zeigen, dass eine Einhaltung der Normgrenzwerte i.d.R. bei Waldhackschnitzeln gegeben ist, sofern kein oder nur wenig Bodenmaterial anhaftet. Überschreitungen sind dagegen bei bestimmten Siedlungsholzproben, einzelnen Hackschnitzelproben aus KUP und beim Straßenbegleitholz zu beobachten. Die Gründe hierfür sind vielfältig und reichen vom hohen Grünanteil über den Standort (z.B. Streusalzeintrag an Straßen) bis zu baumartspezifischen Anreicherungen. Je nach Element sind verschiedene Vermeidungsstrategien möglich. Neben der Vermeidung von Bodenanhaftungen können z.B. Arbeitsverfahren eingesetzt werden bei denen der Grünanteil reduziert und damit gleichzeitig Ressourcen geschont werden.

# Konkurrenz um Holz: Ökologische, soziale und ökonomische Effekte der stofflichen und energetischen Verwertung von Holz

Gabriele Weber-Blaschke, Thomas Knoke, Stefan Wittkopf, Stefan Friedrich

Technische Universität München, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf,

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

## Ziel und Fragestellung

Ziel dieses Projektes war es, anhand der Fallstudie Bayern Auswirkungen von Verschiebungen zwischen der stofflichen und energetischen Verwertung von Holz zu untersuchen sowie ökologische, soziale und ökonomische Folgen zu bewerten. Die erarbeiteten Ergebnisse sollen zu detaillierten Kenntnissen über eine effiziente und nachhaltige Nutzung des Rohstoffes Holz beitragen und bei der Entscheidungsfindung auf politischer wie betrieblicher Ebene Hilfestellung leisten.

Unter anderem sollten folgende Fragen beantwortet werden:

- Wie verändert sich das *Holzaufkommen* und die Verteilung des Rohstoffes Holz auf die stofflichen und energetischen *Verwendungsbereiche* bei einem Anstieg des Energieholzpreises?
- Welche *ökologischen, sozialen und ökonomischen Konsequenzen* sind mit einer solchen Veränderung der Rohstoffallokation verbunden?
- Wie hoch müssten von der Gesellschaft aufzubringende *Kompensationsbeträge* ausfallen, um ökologisch unerwünschte Verschiebungen in der Holzverwertung zu vermeiden? Wie hoch wären in diesem Zusammenhang die Kosten zur Vermeidung zusätzlicher CO<sub>2</sub>-Emissionen?

## Vorgehensweise

Basierend auf Holz- und Erdölpreisszenarien wurden Waldholzaufkommens-, Holzenergiebedarfs- und Holzverbrauchsszenarien von 2010 bis 2035 erstellt. Um die Auswirkungen einer stofflichen und energetischen Holznutzung bewerten zu können, wurde ein so genannter „Nutzenkorb der Bedürfnisse“ für Bayerische Holz-, Holz-Import- sowie alternative Nichtholz-Produkte erstellt und die sich ergebende Produktverschiebung innerhalb der Nutzenkörbe durch die verstärkte Holzenergienutzung der Szenarien analysiert. Dazu wurden Nachhaltigkeitsaspekte wie Treibhausgasemissionen, Feinstaubbelastung, Wertschöpfung und Beschäftigung der Holz-Leitprodukte (Schnittholz, Holzgebäude, Spanplatten, Papier, Druckmedien, Wärme aus Scheitholz, Wärme aus Pellets, sowie Strom und Wärme aus Hackschnitzel-Mix) sowie deren importierte Holz- oder Nicht-Holz-Alternativ-Produkte entlang der gesamten Wertschöpfungskette (Lebenszyklus) berechnet. Anschließend wurden die Szenarien der steigenden Energieholzverwendung mit einem Basis-Szenario verglichen.

## **Ergebnisse und Schlussfolgerungen**

*Holzaufkommens-Szenarien:* Bei steigenden Ölpreisen und daran gekoppelten Holzpreisen verschiebt sich der Einschlag in die Zukunft („Welle“). In allen Preisanstiegs-Szenarien ist der Einschlag im Mittel geringer als im Basis-Szenario. Die Waldbesitzer halten mit steigendem Ölpreis (relativ) mehr Energieholz aus.

*Holzverbrauchs-Szenarien:* Durchschnittlich verschiebt sich die Nutzung von bayerischem Holz von stofflich zu energetisch um 6-8%. Mit steigendem Ölpreis steigen der Holzenergiebedarf und die Holzenergienutzung. Dadurch sind Pellets-Importe zur Deckung des Bedarfs notwendig. Trotz Anpassungsstrategien der stofflichen Rohholzverbraucher durch eine Reduzierung der Auslastungen sowie technischen Veränderungen kommt es teilweise zu Kapazitäts- und damit zu Produktionsrückgängen von Holzprodukten aus bayerischem Holz auf stofflicher Seite. Dieses fehlende Angebot an Produkten (stoffliche Nutzung) muss durch Holzproduktimporte oder Ersatz aus Nicht-Holzprodukten gedeckt werden.

*Nachhaltigkeits-Indikatoren-Ergebnisse:* Durch die Verschiebung der Holzströme zur energetischen Seite in den definierten Szenarien nehmen die Treibhausgasemissionen beim Ersatz von Bauschnittholzprodukten durch Nicht-Holz-Alternativen und die Feinstaubbelastung aufgrund des erhöhten Energieholzeinsatzes zu. Ferner gehen in den Szenarien insbesondere im Papier- und Druckgewerbe mehr Arbeitsplätze verloren, als durch den Ausbau der Energiegewinnung aus Holz entstehen würde. Steigende Preise für Holz führen in der Forstwirtschaft und der Energiebranche zu einer steigenden Wertschöpfung. Im Bereich der stofflichen Holznutzung sinkt die Wertschöpfung durch die Verschiebung der Holzströme und höhere Rohstoffkosten. Insgesamt führen diese gegenläufigen Effekte zu einer geringeren Wertschöpfung bei einer gemäßigten Ölpreisentwicklung, bei einer Verdoppelung des Ölpreises hingegen kompensieren die Forstwirtschaft und die Holzenergienutzung den Rückgang auf der stofflichen Seite.

*Kohlenstoff-Bilanz und Kompensationsbeträge:* Bei steigenden Öl- und Holzpreisen wird weniger Holz genutzt: Der Kohlenstoff-Speicher im Wald nimmt zu. Substitutionseffekte haben den größten Einfluss auf die Gesamtbilanz, ebenso der Produktspeicher, womit die Vorteilhaftigkeit der (stofflichen) Holznutzung gezeigt wird. Die höhere Nutzung inklusive des höheren Anteils an stofflich genutztem Holz (wie im Basisszenario) stellt das Optimum dar. Insgesamt ist die Kohlenstoff-Bilanz jedoch trotz der Stoffstromverschiebungen auf stabilem Niveau. Das Cluster Forst und Holz erbringt durch die dauerhafte C-Speicherung einen volkswirtschaftlichen Zusatznutzen von bis zu 150 Mio €/a.



# Einfluss des Waldbaus auf die Schnittholzqualität der Douglasie

**Andreas Rais**

*Holzforschung München; Lehrstuhl für Waldwachstumskunde (TU München)*

Die Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) ist in Bayern eine fremdländische, im Zuge des Klimawandels vielversprechende und wüchsige Baumart, deren Holz vor allem im konstruktiven Bereich verwendet wird. Der interdisziplinäre Forschungsansatz zwischen der Waldwachstumskunde und der Holzkunde deckte methodisch die Aspekte Empirie, Analytik und Modellierung ab. Über die ganze Produktionskette hinweg – von der Jungpflanze bis zum Kantholz – wurden die Auswirkungen des Waldbaus ebenso wie der Einfluss der Prozesse im Sägewerk auf die Menge und Qualität des Schnittholzes untersucht.

Im Besonderen zeigte die Douglasie außerhalb ihrer natürlichen Verbreitung eine hohe morphologische und physiologische Variabilität in Trockenjahren. Die Douglasie zeigte im Trockenjahr 2003 relativ geringe Zuwachseinbrüche und erholte sich rasch. Die Vitalität der Douglasie kann daher gesteigert werden, wenn die Baumart auf eher günstigen Standorten angebaut wird oder die Bestandesdichte so gemindert wurde, dass extremer Wasserstress vermieden wird.

Das zentrale Ziel des Projekts war die Untersuchung des Einflusses waldbaulichen Managements auf die Schnittholzqualität der Douglasie. Es konnte gezeigt werden, dass insbesondere die initiale Standraumregulierung im frühen Jugendstadium von Douglasienbeständen die spätere Verwendungsmöglichkeit des Holzes bestimmt. Alle festigkeitsrelevanten Schnittholzeigenschaften verbesserten sich, je dichter die Bäume gepflanzt wurden.

Außerdem konnte gezeigt werden, dass die Holzqualität auf verschiedenen Ebenen der Produktionskette mit modernen Methoden beurteilt werden kann: am stehenden Baum, am Rundholz und am nassen Schnittholz. Eine gezielte Lenkung und Filterung erlaubt eine effizientere Ausschöpfung der Ressource Holz entlang der Produktions- und Holzverwendungskette.



# Untersuchungen zur Bereitstellung von Lamellen aus Buchen- und Eschenholz für die Produktion von Brettschichtholz

Stefan Torno, Jan-Willem van de Kuilen

*Cluster Forst und Holz in Bayern, Holzforschung München*

## Zielsetzung

Ziel des Forschungsvorhabens war es, zu überprüfen, inwieweit sich aus „preiswerten“ Rundholzsortimenten der Holzarten Buche und Esche Lamellen für die Brettschichtholz-Produktion gewinnen lassen. Dazu wurde der Produktionsprozess hinsichtlich Ausbeute und Produktkosten analysiert.

## Material und Methoden

Rundholz unterschiedlicher Stärkeklassen wurde zu Lamellen für Brettschichtholz (BSH) verarbeitet. Zum einen wurde „schwaches“ Rundholz der Stärkeklassen 2b bis 3b verwendet. Bezüglich der Rundholzqualität war eine Einschränkung auf „gute Qualität“ (B, BC) notwendig, da sonst von vorn herein von einer unbefriedigenden Ausbeute auszugehen war. Zum anderen wurde „starkes“ Rundholz der Stärkeklassen 4 bis 6 mit „schlechter Qualität“ (C, CD) verwendet. Zum Vergleich wurde auch starkes Holz mit guter Qualität (B, BC) eingeschnitten.

Der Einschnitt (1) erfolgte mit einer Bandsäge im Fladerschnitt „um den Kern herum“, wobei eine Kernbohle verblieb, welche die Markröhre enthielt. Aus Stämmen mit einem Zopfdurchmesser < 400 mm wurden Lamellen mit einem Querschnitt von 23 x 85/110 mm, aus Stämmen mit einem Zopfdurchmesser ≥ 400 mm Lamellen mit einem Querschnitt von 33 x 130/160 mm produziert. Die Bretter wurden technisch getrocknet (2) und gehobelt (3). Anschließend wurden sie maschinell (4) und nach allgemeinen Anforderungen für BSH-Lamellen (5), wie Verformung und Baumkante, sortiert. Der letzte Schritt bildete die Sortierung nach den Anforderungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (abZ) für Buche-BSH (6).

Für die Berechnung der Produktkosten wurden folgende, tatsächlich angefallene Kosten zugrunde gelegt (€/m<sup>3</sup>): Einschnitt: 65, Trocknung: 55, Hobeln: 60, Erlös Restholz: 44. Nicht berücksichtigt sind die Kosten für Rundholztransport und Schnittholzsortierung. Die Rundholzkosten lagen für Buche zwischen 54 €/fm (2b/BC) und 111 €/fm (5/B) und für Esche zwischen 55 €/fm (2b/BC) und 150 €/fm (6/B).

## Ergebnisse

Tabelle 1 zeigt die Ausbeute der jeweiligen Produktionsschritte. Die wichtigsten Ergebnisse sind:

- Die Ausbeute an BSH-Lamellen ist gegenüber Nadelholz sehr gering. Sie beträgt durchschnittlich 22 % für Buche und 27 % für Esche. Dies führt zu durchschnittlichen Produktkosten von 700 €/m<sup>3</sup> für Buche und 630 €/m<sup>3</sup> für Esche.
- Die Qualität der erzeugten Lamellen ist sehr hoch: Bei Buche können durchschnittlich rund 90 %, bei Esche 75 % der Lamellen für BSH der Klasse GL 36 und höher verwendet werden, welche mit Fichte nicht mehr herstellbar ist.
- Tendenziell steigt die Ausbeute an Lamellen mit steigender Stärkeklasse und Qualität des Rundholzes. Zum Teil zeigte sich, dass die Ausbeute bei einem geringeren Stammdurchmesser und besserer Güteklasse höher ist als bei einem größeren Stammdurchmesser und schlechterer Güteklasse. Bei der Rundholzqualität sind vorrangig Rissfreiheit, eine geringe Krümmung und eine gute Stammform entscheidend, „normale“ Äste bzw. Astnarben beeinflussen die Ausbeute nur gering. Bei schwächerem Rundholz (Stärkeklassen 2b – 3b) sollte die Qualität nicht schlechter sein als Güteklasse B.
- Die Faktoren, welche die Ausbeute am meisten negativ beeinflussten, sind:
  - der Verbleib der markhaltigen Kernbohle,
  - eine nicht optimale Ausnutzung des Stammes durch Produktion von nur jeweils zwei Lamellenquerschnitten,
  - eine nicht optimale Ausnutzung unbesäumter Bretter durch eine wenig flexible Vielblatt-Kreissäge sowie
  - hohe erforderliche Maßzugaben für Trocknung und Hobeln.

Produkt	Produktionsschritt (PS)	Ausbeute			
		Buche		Esche	
		in m <sup>3</sup>	in %	in m <sup>3</sup>	in %
Rundholz		60,9	100	57,0	100
	(1) Einschnitt				
Bretter (nass)		29,4	48,2	28,6	50,1
	(2) Trocknung				
Bretter (trocken)		25,8	42,4	25,7	45,2
	(3) Hobeln				
Bretter (gehobelt)		19,4	31,9	21,2	37,2
	(4) Maschinelle Sortierung				
Bretter (sortiert)		16,0	26,3	18,5	32,6
	(5) Sortierung BSH-Herstellung				
Rohlamellen		13,7	22,5	15,8	27,7
	(6) Sortierung nach abZ				
BSH-Lamellen		13,2	21,7	15,3	26,9

**Tabelle 1:** Ausbeute nach Produktionsschritten für Buche und Esche über alle Stärkeklassen und Qualitäten in m<sup>3</sup> und %

# Die Verklebung - der Schlüssel zum Erfolg

**Dr. Michael Schmidt**

*Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten*

## Einleitung

Im Widerspruch zur zunehmenden forstlichen Bedeutung der Buche stehen die unzureichenden Absatzmöglichkeiten für Buchenstammholz und für das daraus gewonnene Schnittholz. Ein interessanter Bereich ist die Verwendung von Buchenholz in tragenden Bauteilen im Hochbau (z.B. BSH oder FSH aus Buche). Neue Einsatzbereiche eröffnen sich hier nicht nur auf Grund der ansprechenden Holzoberfläche, sondern auch durch die im Vergleich zu Nadelholz wesentlich höheren Festigkeitswerte. Allerdings weist Buchenholz auch Eigenschaften auf, die eine Verwendung im konstruktiven Bereich erschweren. Nachteilig sind beispielsweise das ausgeprägte Quell- und Schwindverhalten sowie die häufig anzutreffende Krummschäftigkeit der Stämme, was die Länge der Schnitthölzer reduziert. Überwinden lassen sich diese Nachteile nur, wenn man anstatt Vollholz verklebte Produkte verwendet: Die Formstabilität nimmt zu und die Abmessungen der Bauteile können den jeweiligen konstruktiven Erfordernissen angepasst werden. Die Verklebung ist somit ein zentraler Baustein, um Buchenholz im konstruktiven Bereich in den Markt einzuführen.

## Ergebnisse

Aufbauend auf grundlegenden Untersuchungen zu den verklebungsrelevanten chemischen (z.B. pH-Wert an der Holzoberfläche, Säurepufferungsvermögen) und physikalischen (z.B. Wasseraufnahmekoeffizient) Besonderheiten der Holzart Buche (inklusive Farbverkernung) wurde eine Klebetechnologie entwickelt, die eine zuverlässige Verklebung von Buchenholz mittels Melamin-Harnstoff-Formaldehyd (MUF)-Klebstoff ermöglicht. Es gelang, den Nachweis mittels sog. Delaminierungsversuchen zu führen, dass eine dauerhafte Verklebung von Buchenholz für tragende Holzbauteile möglich ist. Auch farbkerniges Material lässt sich ohne Einschränkungen - bei der gewählten Parameterkonfiguration - verlässlich verkleben. Darüber hinaus wurde mit Hilfe einer neu entwickelten Methode versucht, die auftretenden Wechselwirkungen zwischen Klebstoff und Füge teil zu erfassen. Zwar stehen eine ganze Reihe von Methoden zur Verfügung, die erlauben, das Verfestigen eines Klebstoffsystems zu beschreiben. Jedoch spiegeln die Versuchsbedingungen vielfach nicht die tatsächlichen Gegebenheiten wider. Ein verbessertes Verständnis der tatsächlich stattfindenden Prozesse ermöglicht zukünftig eine weitere Optimierung der Klebetechnologie.

## **Praktische Umsetzung**

Diese positiven Forschungsergebnisse bildeten die Grundlage für einen Antrag auf Erteilung einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung von BSH aus Buche beim Deutschen Institut für Bautechnik in Berlin. Dieser wurde bereits im Jahr 2009 positiv beschieden. Damit ist sichergestellt, dass BSH aus Buche für tragende Zwecke in Deutschland in der Nutzungsklasse 1 generell anwendbar ist.

Durch die Initiierung eines Pilotprojektes sollte die Leistungsfähigkeit von BSH aus Buche an einem konkreten Bauvorhaben demonstriert werden. Anhand dieses realisierten Pilotprojekts (LWF-Erweiterungsbau in Weihenstephan; fertiggestellt im Jahr 2014) wurden zudem wichtige praktische Erfahrungen gewonnen - insbesondere im Hinblick auf die kritischen Perioden während der Bauphase. Darüber hinaus wird in einer langfristigen Messreihe die Holzfeuchte an verschiedenen Messstellen in den Nutzungsklassen 1 und 2 kontinuierlich dokumentiert. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich die Holzfeuchten in einem tolerierbaren Bereich bewegen und keine Gebrauchseinschränkungen zu erwarten sind.

## **Danksagung**

Dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und dem Kuratorium für forstliche Forschung wird für die Initiierung und Finanzierung des Projekts (X35) an der Holzforschung München gedankt. Ebenso gilt mein Dank, Herrn Andreas Gamper (Technische Universität München, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion) für die Bereitstellung des aktuellen Datenmaterials zur laufenden Holzfeuchtemessung und deren Auswertung.

# Steigerung der Holzausbeute und Qualität von Buchenschäl furnieren für die Herstellung von Furniersperrholz

Hendrick Buddenberg

*Holzforschung München*

## Hintergründe zum Projekt

Dieses von der LWF geförderte Forschungsprojekt (Kuratoriumsprojekt) wird seit Januar 2012 im Arbeitsbereich Materialwissenschaft und Werkstofftechnologie der Holzforschung München (HFM) durchgeführt.

Die heute nur noch marginal in Deutschland existierende Buchensperrholzindustrie hatte eine lange und bedeutende Tradition in der deutschen Holzwirtschaft. Auch für die deutsche Forstwirtschaft war sie einst der wichtigste Abnehmer von Buchenstarkholz. Seit den letzten 30 Jahren ist dieser Industriezweig allerdings stark rückläufig, insbesondere seit der Öffnung der osteuropäischen Märkte Anfang der Neunziger Jahre. Heute existieren in Deutschland nur noch einige wenige Buchensperrholzunternehmen, die sich auf die Herstellung hochwertiger Sperrholzsortimente spezialisiert haben bzw. die Schäl furnierherstellung für ihre Massensortimente teilweise oder komplett im osteuropäischen Ausland fertigen lassen. Aus forstlicher Sicht wäre eine erhöhte Verarbeitung von Buchenstarkholz in Deutschland wünschenswert, da die ungenutzten Rohholzpotentiale erheblich sind und zu einer Überalterung der Buchenwaldbestände führen. Eine energetische Nutzung von Buchenstarkholz, wie sie infolge mangelnder stofflicher Nutzung in vielen Fällen regional erfolgt, ist sowohl hinsichtlich des Ziels einer Kaskadennutzung als auch aufgrund mangelnder Wertschöpfung qualitativ hochwertigen Holzes in Frage zu stellen. Auch der Export von Buchenstarkholzstämmen nach China und der anschließende Reimport von daraus gefertigtem Buchensperrholz ist weder ökologisch noch volkswirtschaftlich sinnvoll. Für die Wettbewerbsfähigkeit der Buchensperrholzherstellung in Deutschland ist die Frage der Holzausbeute und Furnierqualität von Buchenschäl furnieren von zentraler Bedeutung, da es die Wirtschaftlichkeit des Produktionsprozesses entscheidend beeinflusst. Der Herstellungsprozess von Buchensperrholz in Deutschland ist einerseits durch einen hohen Lohnkostenanteil und andererseits durch eine geringe Holzausbeute von knapp 30 %, bezogen auf 1cbm Rundholz gekennzeichnet.

## Projektziele

Die Ausbeuteverluste während der Sperrholzherstellung setzen sich wie folgt zusammen:

- Ablängen der Rundholzstämmen zu schäl fähigen Stammabschnitten
- Schäl verluste
- Trocknungsverluste
- Klippverluste

Insgesamt belaufen sich die Ausbeuteverluste bei der Schäl furnierherstellung auf ca. 50%, bezogen auf 1 cbm Rundholz. Vor diesem Hintergrund verfolgt das Projekt technologische Ansätze zu einer direkten Erhöhung der Furnierausbeute sowie zu einer Verbesserung der Furnierqualität für die weitere Verarbeitbarkeit, die sich ebenfalls in einer erhöhten Furnierausbeute niederschlägt.

## **Forschungsschwerpunkte**

- **Erhöhung der Furnierausbeute durch Simulation neuartiger Klippverfahren**

Im Rahmen von Betriebsversuchen in dem ungarischen Zweigwerk des Projektpartners OWI GmbH wurde zunächst die Ist-Ausbeute von Buchenschäl furnieren während des laufenden Herstellungsprozesses an ausgewählten Stammabschnitten ermittelt.

Demgegenüber sollte eine potentielle Furnierausbeute unter anderen angenommenen Schnittführungen beim Ausklippen simuliert werden. Die Simulation umfasst eine Fehleranalyse durch eine visuelle Furniererkennung mittels Zeilenkamera und gleichzeitiger digitaler Bildverarbeitung, mit Hilfe derer Fehlerareale einer Furnierbahn durch Anwendung eines speziellen visuellen Bildverarbeitungsprogramms erkannt und berechnet werden. Es wurden von 35 ausgewählten Stammabschnitten die Furnierbahnen zwischen Trocknungs- und Klippprozess abschnittsweise gescannt und digitalisiert. Diese Bilddateien der Furnierabschnitte werden zurzeit mit einem dem visuellen Bildverarbeitungsprogramm (nVision, Firma Impuls Imaging) analysiert. Erste Schätzungen ergeben, dass die Summe der Fehlerareale unter 5 % der Gesamtfläche der Furnierfläche beträgt. Es liegt daher die Überlegung nahe, die Trennschnitte in der Furnierbahn so durchzuführen, dass diese angenommene Obergrenze der Furnierverluste möglichst dicht erreicht wird. Dies ist nur möglich, in dem aus einem ausgeklippten Fehlerstreifen fehlerfreie Längenbereiche durch Ausschneiden quer zur Faser und anschließender Längsschäftung und Querverfü gung zu einem Furnierblatt beliebiger Größe zusammengefügt werden.

- **Anwendung eines Presstrocknungsverfahrens zum Trocknen von Buchenschäl furnieren**

Während des Trocknungsprozesses schrumpft das Furnier in der Fläche unterschiedlich und neigt daher zur Rissbildung und Welligkeit. Um eine plane, spannungsarme Furnieroberfläche zu erzielen, bietet sich hier das sogenannte Presstrocknungsverfahren an. Bei diesem Trocknungsverfahren werden die nassen Furniere in einer Presse zwischen den Pressplatten getrocknet und gleichzeitig gepresst. Das Verfahren wurde im Labormaßstab anhand unterschiedlicher Pressparameter angewandt und die Furnierqualität im Vergleich zu konvektionell getrockneten Furnieren hinsichtlich Planheit, sowie dem tangentialen Schwindverhalten untersucht. Die Untersuchungen zeigten, dass durch das Presstrocknungsverfahren die Presszeit reduziert, die Planheit der Furniere erhöht und ihr tangentiales Schwindverhalten reduziert werden können.