

1. Einleitung

Die Herausforderungen an die Holzwerkstoffindustrie für die Zukunft sind vielfältig und existenziell. Die Notwendigkeit neue, wirtschaftlichere Technologien zu etablieren geht Hand in Hand mit dem Erfordernis innovative Produkte mit speziellen Einsatzgebieten zu entwickeln. Eine besondere Herausforderung stellt dabei der optimale Einsatz von Rohstoffen und Energie an die langfristig orientierte Unternehmensplanung dar. Die Reduzierung der Energie- und Rohstoffkosten mittels neuer Technologien und Produktentwicklungen sichert das Bestehen der einzelnen Unternehmen. Dies nicht zuletzt hinsichtlich eines steigenden Kostendrucks und stark wachsender Anlagenkapazitäten (SCHÖLER, 2005). Nach MICHANICKL (2005) können die wesentlichen Herausforderungen der Holzwerkstoffindustrie auf die Bereiche Technik, Produkte, Märkte, Konkurrenz, Rohstoffe und Energie bezogen werden.

In den ersten Jahren dieses Jahrzehnts wurden in der europäischen Holzwerkstoffindustrie umfangreiche Investitionsmaßnahmen getätigt (MICHANICKL, 2005), wodurch dieser Industriezweig in der Welt heute als technisch führend gilt. Aufgrund neuer, technischer Entwicklungen treten allerdings vermehrt Konkurrenzprodukte gegenüber klassischen Holzwerkstoffen auf, die zum einen zu Veränderungen der europäischen und weltweiten Märkte und zum anderen zu einem steigenden Preis- und Entwicklungsdruck in der Holzwerkstoffindustrie führen. Nicht nur bestehende Märkte gehen verloren, auch die Wachstums-Marktanteile sind betroffen. Dabei sind die Entwicklung und die großtechnische Produktion leichter Holzverbundwerkstoffe, wie zum Beispiel die Wabenplatte, an der klassischen Holzwerkstoffindustrie bis auf wenige Ausnahmen vorbeigegangen. Damit wurde ein großer Wachstumsmarkt bisher kaum beachtet. Verstärkend wirkt sich das bereits erreichte Niveau der Rohstoffkosten (Holz und Bindemittel) auf die Konkurrenzsituation aus, die vor allem die Spanplatte durch andere Werkstoffe angreifbar machen.

Größere Flexibilität zeigen hier mittelständische Holzwerkstoffhersteller, die verschiedene Variationen leichter Verbundwerkstoffe anbieten. Aktuelle Angebote für leichte, klassische Holzwerkstoffe gehen hingegen einher mit stark reduzierten Festigkeitseigenschaften. Diese Platten werden für Anwendungen mit geringen mechanischen Beanspruchungen verwendet. Die Einschränkungen einer Rohdichtereduzierung in der Spanplattenindustrie liegen in der Verwendung schwerer, inhomogener Spanmaterialien aus

unterschiedlichen Holzangangsstoffen. Die Potentiale für eine Rohdichtereduzierung bei der MDF-Herstellung sind hingegen höher einzuschätzen.

Über die Jahrzehnte ist die mittlere Rohdichte der durchschnittlichen Spanplatte von anfänglich 570 kg/m^3 in den fünfziger Jahren auf über 700 kg/m^3 in den siebziger Jahren gestiegen (CLAD, 1982). Auch heute liegen die durchschnittlichen Rohdichten noch im Bereich von 620 kg/m^3 bis 700 kg/m^3 . Die Gründe für den Anstieg liegen in der Verknappung von Holz und dem dadurch notwendig gewordenen vermehrten Einsatz von für die Spanplattenindustrie minderwertigeren Holzsortimenten, wie Recyclingholz und Nebenprodukten der Sägeindustrie. Die Erhöhung der Rohdichte wurde zur Kompensation der auftretenden Defizite hinsichtlich der Festigkeitseigenschaften vorgenommen (KEHR, 1974). Über die Jahrzehnte stieg die Substitution des Waldholzes durch andere Holzsortimente und einhergehend stieg damit die durchschnittliche Plattenrohichte. Parallel wurden effizientere, schnell laufende Belemischer etabliert, die die Nutzung von kleinen, rieselfähigen Spangemischen ermöglichten (ENGELS, 1983).

Diese Entwicklung begünstigte zusätzlich die Entstehung höherer Schüttgewichte, die neben ungünstigeren Spangeometrien eine wesentliche Ursache zur Erhöhung der Plattenrohichte waren und noch heute sind. Weiterhin erforderte die Anwendung neuer Verfahren zur Oberflächenveredelung eine höhere Oberflächengüte der als Träger dienenden Spanplatte. Dies förderte besonders die Herstellung von Spanplatten mit Feinstdeckschichten mit niedrigen Festigkeitseigenschaften, die über Rohdicht erhöhungen kompensiert wurden (KEHR und JENSEN, 1970; ENZENSBERGER, 1969). Bei ENGELS (1983) ist eine Gegenüberstellung der durchschnittlichen Schüttgewichte üblicher Spanmaterialien aus dem Jahre 1956 mit denen aus dem Jahre 1977 zu finden. Er stellte fest, dass sich das Schüttgewicht der Deck- und Mittelschichtspäne in diesem Zeitraum um durchschnittlich 60 kg/m^3 erhöht hatte. Damit lagen die Schüttgewichte bei ungefähr 100 kg/m^3 Mittelschichtspäne beziehungsweise 125 kg/m^3 für Deckschichtspäne. Vor allem die stark reduzierte Nutzung von Flachspänen führte zu dieser Entwicklung.

SCHÖLER (2005) verweist auf die Entwicklung der anlagenbezogenen Tagesproduktion, dessen Volumen seit Anfang der siebziger Jahre von 1000 m^3 auf teilweise über 2000 m^3 hergestellte Holzwerkstoffe gestiegen ist. Die durchschnittliche, jährliche Produktionsmenge einer Spanplattenlinie liegt bei 750.000 m^3 , einer MDF-Linie bei 450.000 m^3 und einer OSB-Linie bei 500.000 m^3 (MICHANICKL, 2007). Die hohen Anlagenkapazitäten führen zu einem enormen Rohstoffbedarf, der wiederum die Verwendung unterschiedlicher

Rohstoffe notwendig gemacht hat um diesen Bedarf zu decken. Für gleichbleibende Plattenqualitäten werden die Ausgangsstoffe zu einer weitestgehend homogenen Grundmasse aufbereitet. Wie bereits erwähnt werden dadurch die Festigkeitseigenschaften der Ausgangsstoffe sehr stark minimiert.

Weiterhin sind vor dem Hintergrund steigender Anlagenkapazitäten die steigenden absoluten Herstellungskosten genauer zu betrachten. Die Holzwerkstoffindustrie ist eine energieintensive Industrie. Etwa 25 % bis 30 % der Herstellungskosten sind Energiekosten bei einer jährlichen Steigerungsrate der Energiekosten von 3 % bis 5 % (KOCK, 2005). Davon sind etwa 10 % bis 30 % allein der Zerkleinerung des Holzes zuzurechnen. Dabei ist die Zerkleinerung energieaufwändiger als die Zerspanung und die Direktzerspannung von Rundholz kostenintensiver als die Aufbereitung über Hackschnitzel zu Spänen. Einsparpotentiale auf diesem Sektor würden daher große Auswirkungen bei den Herstellungskosten bewirken.

Eine Möglichkeit der Kostenreduktion ist die Optimierung und Weiterentwicklung klassischer Holzwerkstoffe zur Bereitstellung alternativer Produkte für alte und neue Anwendungsbereiche. Holzwerkstoffe mit geringem spezifischem Gewicht könnten hier eine Lösungsmöglichkeit darstellen. Neben den Vorteilen des Produktes selbst sind auch die Möglichkeiten der Reduzierung von Rohstoff- und Energiekosten die entscheidenden Argumente zu solchen Bestrebungen, gerade auch im Hinblick auf die Kosten, die durch die Zerkleinerung des Holzes entstehen. Die zunehmende Rohstoffverknappung fordert zudem eine optimale Nutzung der eingesetzten Holzgüter. Das Thema Rohdichtesenkung bei klassischen Holzwerkstoffen ist nicht neu und wird in der Literatur immer wieder behandelt (CLAD, 1982; ERNST, 1979). Die Ausführungen beziehen sich durchweg auf technische Verbesserungen des Produktionsprozesses bei gegebenen Ausgangsrohstoffen oder behandeln eine grundlegende Veränderung der Formstruktur des Plattenwerkstoffes. Die Frage nach den geeigneten Anforderungen an den Rohstoff selbst steht dabei zumeist im Hintergrund.

Die produktorientierten Anforderungen an Technologie und Rohstoff stehen bei leichten Platten im Mittelpunkt für neue Konzeptionen. Die verstärkte Einbeziehung der spezifischen Holzeigenschaften bei der Span- und Faseraufbereitung ist bei dieser Entwicklung unumgänglich. Die wichtigsten Ansprüche, die an den Rohstoff Holz gestellt werden müssen sind zum einen die grundsätzliche Eignung für die Herstellung von leichten Holzwerkstoffen und zum anderen die Verfügbarkeit und die damit verbundenen Anschaffungskosten.

Nach THOLE (2009) bestehen drei unterschiedliche Prinzipien der Rohdichtereduzierung. Hiernach wird zwischen einer Erhöhung des intrapartikulären Porenraums, des interpartikulären Porenraums und einer Veränderung der Formstruktur unterschieden. Im Bereich der Span- und Faserwerkstoffe sind diese drei Prinzipien von der Entwicklungsseite her realisierbar oder sind bereits in der industriellen Produktion umgesetzt worden. Allen leichten Holzverbundwerkstoffen zugleich ist die Veränderung der Mittellage zur Reduktion der Rohdichte. Verschiedene Lösungen sind dabei industriell umgesetzt worden. Die technischen Probleme dieser Plattenwerkstoffe liegen bei den mechanischen Eigenschaften, den Schmalflächen und in der Montage und Verbindung dieser Platten. Diese Probleme wurden bis dato nur unzureichend gelöst oder bedürfen aufwändiger Technologien für Kanten, Beschläge und Montage (THOLE, 2009; PETUTSCHNIGG, 2004, 2005). Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Leichtbau von Seiten der Produzenten eine Absichtserklärung darstellt. Das Gewicht einer Konstruktion aus funktionalen oder ökonomischen Gründen zu reduzieren oder zu minimieren, ohne die Tragfähigkeit, die Steifigkeit oder andere Funktionen der Konstruktion zu schmälern, ist hier der zentrale Aspekt (WIEDEMANN, 1996).

Leichte, lignocellulosehaltige Rohstoffe haben den Vorteil, dass die daraus erzeugten Einzelpartikel, bei einer hohen intrapartikulären Porosität, sehr gute Festigkeiten aufweisen. Dies führt zu hohen Festigkeiten der Plattenwerkstoffe, da der Raum zwischen den Partikeln klein gehalten wird und somit höhere Festigkeiten in der Mittelschicht bestehen. Auf diesem Sektor haben sich bereits zahlreiche Rohstoffe aus Lignocellulosen etabliert, wie zum Beispiel Hanf- und Kenafschäben. Leichte Holzarten, wie zum Beispiel die Pappel, haben sich trotz positiver Eigenschaften zur Herstellung leichter Werkstoffe nicht durchsetzen können. Die Grenzen der Rohdichtesenkung bei klassischen Holzwerkstoffen liegt im Bereich der holzeigenen Rohdichte, da hier die hohe Interporosität zu geringen festigkeitsbildenden Partikelkontakten führt. Je geringer die Rohstoffdichte, desto niedriger können demnach die Werkstoffdichten sein.

Die hohen Festigkeitseigenschaften von Lignocellulosen sind begründet in der chemischen Zusammensetzung und dem strukturellen Aufbau der Zellwand (KHARAZIPOUR, 1996). Nach KHARAZIPOUR (1996) ist die Kombination von Cellulose, als Komponente der Zugfestigkeit, mit Lignin als Inkrustation und Hemicellulose als Kompatibilizer, die eine feste Verbindung zwischen den Komponenten ermöglicht, die Ursache für hohe Stabilität bei gleichzeitig maximaler Elastizität der Lignocellulosen. Die Verwendung dieser hervorragenden technischen Potentiale können zur Herstellung leichter und kostengünstiger Holzwerkstoffe eingesetzt werden. Die grundlegenden Zusammenhänge und

Gesetzmäßigkeiten zwischen Spanstruktur, Plattenrohichte und Platteneigenschaften (KLAUDITZ, 1952, 1955, 1958) bleiben dabei unberührt.

Untersuchungen an der Universität Göttingen haben gezeigt, dass thermo-mechanischer Holzstoff (TMP) aus Küstentanne sowie Späne aus Küstentanne für die Herstellung von Mitteldichten Faserplatten (MDF) beziehungsweise Spanplatten mit geringer Rohichte eingesetzt werden können (RITTER, 2007; MARTUNIS, 2008; MÖHRING, 2007; VOS, 2005; VOS und KHARAZIPOUR, 2008). Im Rahmen des Förderprogramms „Forschung für nachhaltige Waldwirtschaft“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) wurden im Rahmen dieser Arbeit vertieft Untersuchungen zum Einsatz von Küstentannen- und Buchenholz zur Herstellung von leichten MDF- und Spanplatten durchgeführt.

In den vergangenen Jahrzehnten gab es immer wieder Anbauempfehlungen für die große Küstentanne (SCHUMACHER, 1967; OTTO, 1991; NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT, 1996). Begründet wurden diese Empfehlungen unter anderem mit der guten ökologischen Integrationsfähigkeit und dem enormen Wuchspotential. Neuere Untersuchungen an der NORDWESTDEUTSCHEN FORSTLICHEN VERSUCHSANSTALT (NW-FVA) bestätigen der Küstentanne diese Eigenschaften. Die NW-FVA spricht der Küstentanne, neben der Douglasie, das Potenzial zu, zu einer der wichtigsten fremdländischen Baumarten in Deutschland zu werden. Somit kann diese Baumart bei einer positiven Weichenstellung für einen verstärkten Anbau eine bedeutende Alternative zu den bereits etablierten Nadelhölzern in Deutschland werden. Trotz der derzeit noch nachrangigen Marktbedeutung der Küstentanne, muss die Forst- und Holzwirtschaft auf die möglichen Fragen und Probleme hinsichtlich der Eigenschaften, Verwendung und Vermarktung des Holzes vorbereitet sein (WELLHAUSEN, 2003).

1.1 Ziele der Arbeit

Die vorliegende Arbeit hat den Einsatz von Küstentannen- und Buchenholz zur experimentellen Herstellung von hochwertigen Span- und Mitteldichten Faserplatten (MDF) zum Ziel. Dabei werden erstmalig gezielte Untersuchungen zur Verwendung von Küstentannenholz für die Holzwerkstoffherstellung durchgeführt. Diese Versuche sollen aufzeigen, ob die große Küstentanne auch über eine ausschließliche Massenergänzung hinaus als Ressource für die Herstellung von hochwertigen, leichten Holzwerkstoffen einsetzbar ist.

Die enge Zusammenarbeit von Wissenschaft und Industrie soll hier zu aussagekräftigen Kernergebnissen führen. Erste, richtunggebende Untersuchungen im Labor- und Pilotmaßstab sollen dabei potentielle Möglichkeiten des Küstentannenholzes für realisierbare Produktionsversuche unter industriellen Bedingungen aufzeigen. Die relevanten Produktionsdaten aller verwirklichten Industrierversuche werden zur Beurteilung der Verwendbarkeit des Holzes herangezogen. Die Auswertungen sollen kennzeichnende Holzeigenschaften der Küstentanne herausstellen und neue Entwicklungsansätze liefern, die sodann auf Technikumsebene eingehender verfolgt werden können.

1.1.1 Labor- und Technikumsmaßstab

Zur Beurteilung der speziellen Eignung des Holzes werden vorerst Literaturhinweise über die grundsätzlichen verwendungsrelevanten Eigenschaften der Küstentanne herangezogen. Dabei sollen vor allem Erkenntnisse aus der holzbe- und -verarbeitenden Industrie erste Orientierungsansätze geben. Die Reihenfolge der Schwerpunktsetzung der Untersuchungen richtet sich nach der industriellen Abfolge der Span- und Faserplattenherstellung. So ist stets ein Praxisbezug gegeben.

Die Bearbeitbarkeit des Küstentannenholzes soll hier über die Zerspanung und Zerfaserung charakterisiert werden. Sie zeigt sich zum einen im Bearbeitungswiderstand und zum anderen in der Partikelqualität nach der Zerkleinerung. Die Ermittlung und Bewertung dieser Einflussgrößen stellt einen wesentlichen Kern dieser Arbeit dar. Über chemische und morphologische Analysen sollen die entscheidenden holzspezifischen Partikelparameter herausgestellt werden. Die Bedeutung der Holzrohddichte und des Schüttgewichts der Späne für die späteren mechanisch-technologischen Eigenschaften der daraus hergestellten Platten soll in diesem Zusammenhang über Pressdruckmessungen gezeigt werden.

Ein weiterer Schwerpunkt dieser Arbeit liegt in der Entwicklung leichter Span- und Faserplatten aus Küstentannenholz sowie neuartiger Holzwerkstoffe aus Küstentannenholz in Kombination mit Buchenholz, die hier als Sandwichplatten bezeichnet werden. Das Buchenholz soll hier ausschließlich in der Mittelschicht verwendet werden. Mögliche gesundheitsgefährdende Buchenschleifstäube können so vermieden werden. Zudem soll in diesem Zusammenhang die Bedeutung der Deckschicht für die Querkzugfestigkeit erläutert werden, gerade auch im Hinblick auf eine sinnvolle Rohdichtesenkung der Platten. Dabei sollen allein die spezifischen Eigenschaften des Küstentannenholzes zu leichten

Holzwerkstoffen mit hohen Festigkeitseigenschaften führen. Es soll gezeigt werden, wie geringe Holzrohndichten in Verbindung mit geeigneten Spanstrukturen für Deck- und Mittelschicht zur Herstellung von leichten Spanplatten mit hohen Festigkeiten eingesetzt werden können. Eine Beimischung von anderen, holzfremden Füllmaterialien ist in diesem Projekt nicht vorgesehen.

1.1.2 Industrielle Produktionsversuche

Bei der Durchführung der industriellen Produktionsversuche mit Küstentannenholz ist es zunächst von primärer Bedeutung, einen reibungslosen Ablauf in allen Produktionsabschnitten zu gewährleisten. Dabei sollen alle auftretenden Schwierigkeiten dokumentiert und wenn möglich direkt oder in nachfolgenden Produktionsversuchen ausgebessert werden. Besonderes Augenmerk liegt hier in den Bereichen der Zerkleinerung, also Zerspanung und Zerfaserung, sowie im Beleimungssektor und in den Produktionsabschnitten der Streumaschinen, Vorpresse und Presse, die sensible Bereiche in der Span- und Faserplattenproduktion darstellen.

Die Zerspanung und Zerfaserung haben einen besonderen Stellenwert hinsichtlich aller weiterführenden Untersuchungen, die während der industriellen Fertigung sowie in anschließenden im Labor- und Pilotmaßstab getätigten Versuchen, durchgeführt werden. Die Qualität der Späne und Fasern ist nicht nur ausschlaggebend für die Qualität der daraus herzustellenden Span- und Mitteldichten Faserplatten, sie soll auch rückwirkend die Bearbeitbarkeit des eingesetzten Holzes der Küstentanne dokumentieren. Ein Vergleich mit anderen Holzarten, wie Fichte und Kiefer, unter Berücksichtigung aller für die Zerspanung und Zerfaserung wesentlichen Holzparameter, soll die Eigenschaften des Küstentannenholzes weiter beleuchten. Zerspaner und Refiner werden dafür mit produktionsüblichen Grundeinstellungen gefahren. Die Bearbeitbarkeit soll zusätzlich über den Energiebedarf der Zerspanung ermittelt werden.

Im weiteren Versuchsverlauf dienen diese Rohpartikel als Ausgangspunkt für alle späteren qualitativen und quantitativen Partikelbeschreibungen während des Produktionsprozesses. Durch den ausschließlichen Einsatz von Waldholz sollen so Produktionsbereiche ermittelt werden, die zu gewünschten und unerwünschten Veränderungen der Partikelgüte führen. Vertiefend soll dies bei der industriellen Spanplattenproduktion stattfinden, da hier eine gezielte aber auch eine unkontrollierte

Nachzerkleinerung und Separierung der Holzpartikel ein typisches Charakteristikum darstellt. Die Frage, wie sich Fördertechnik, Trockner, Siebmaschinen beziehungsweise Sicht-Systeme und Beleimungssysteme auf die Spangüte auswirken, soll hier von entscheidender Bedeutung sein.

Darüber hinaus stehen die zuvor genannten Produktionsbereiche unter besonderer Beobachtung. Kann eine kontinuierliche Produktion unter ausschließlicher Verwendung einer Holzart mit geringer Rohdichte und geringem Schüttgewicht gewährleistet werden? Darüber hinaus soll überprüft werden, ob die daraus produzierten Platten die positiven Festigkeitseigenschaften der Labor- und Pilotspanplatten bestätigen können.

Nicht nur die verwertungsorientierten Untersuchungen an Küstentanne sind Bestandteil der industriellen Produktionsversuche, auch hier stellt die sukzessive Kombination mit anderen Holzarten und Spangemischen einen wesentlichen Bereich der Untersuchungen dar. Vorrangig wird hier das im Projekt eingebundene Buchenholz verwendet. Von industrieller Seite kann es zudem von Bedeutung sein, ob durch die geringe Beimischung von Küstentannenspänen eine Verbesserung der Platteneigenschaften erreicht werden kann.

Auch sollen Vor- und Nachteile für die weiterverarbeitende Industrie aufgezeigt werden. Orientierend wird dazu die Zerspanbarkeit einiger ausgesuchter Span- und Faserplatten bei der Fräs- und Schleifbearbeitung untersucht. Zudem sollen Beschichtungsversuche mit HPL-Schichtstoffen und Melaminpapieren Hinweise auf eine spätere Verwendbarkeit in der Möbelindustrie liefern.