

Zusammenhang von Spanqualität und Platteneigenschaften - Eine Untersuchung von Spänen verschiedener Hersteller

Jan T. Benthien, Martin Ohlmeyer

Thünen Working Paper 52

Jan T. Benthien und Dr. Martin Ohlmeyer
Thünen-Institut für Holzforschung
Leuschnerstraße 91c
21031 Hamburg
Telefon: +49 (0)40 73962 {-652, -635}
Fax: +49 40 73962 -699
E-Mail: {jan.benthien, martin.ohlmeyer}@thuenen.de

Thünen Working Paper 52

Braunschweig/Germany, März 2016

Vorwort

Die in diesem *Thünen Working Paper* vorgestellten Versuchsergebnisse wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens mit dem Titel

„Entwicklung leichter Holzwerkstoffe unter Anwendung definierter Spanorientierung und Partikelmorphologie“

gewonnen. Mit deren Veröffentlichung wird beabsichtigt, die Ergebnisse der Charakterisierung verschiedener Deck- und Mittelschichtspäne industrieller Herstellung sowie die Eigenschaften der hieraus hergestellten Prüfspanplatten für weiterführende Forschungsaktivitäten zitierfähig nutzbar zu machen. Die hierbei diskutierten Zusammenhänge von Spanqualität und Platteneigenschaften erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern sollen lediglich erste Erklärungsansätze liefern, die in nachfolgenden Arbeiten zu vertiefen sind.

Das oben genannte Forschungsvorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) unter dem Förderkennzeichen 22005613 sowie dem Kurztitel „LeiHoWe“ gefördert.

Danksagung

An dieser Stelle ein herzliches Dankeschön

- verschiedenen Projektpartnern, von denen Späne, Klebharz und Additive bezogen wurden,
- Frau Sabrina Heldner (Thünen-Institut für Holzforschung) für die Auswertung der Daten der Rohdichteprofilmessung sowie die Anfertigung verschiedener Grafiken,
- Frau Dörte Bielenberg (Thünen-Institut für Holzforschung) für die gewissenhafte Prüfung der Spanplatten,
- Frau Martina Müller-Zumbrägel (Thünen-Institut für Holzforschung) für die Unterstützung bei der pH-Wert- und Pufferkapazitätsbestimmung,
- Frau Stefanie Warsow (Thünen-Institut für Holzforschung) für den präzisen Zuschnitt der Prüfkörper,
- Herrn Hannes Wagner (Thünen-Institut für Holzforschung) für seine tatkräftige Unterstützung der praktischen Arbeiten und
- Frau Christina Waitkus (Fachinformationszentrum, Thünen-Institut) für die Anfertigung verschiedener Fotografien.

Inhaltsverzeichnis

Abstract	1
Zusammenfassung	2
1 Einleitung	3
2 Material und Methoden	4
2.1 Späne	4
2.2 Bindemittel, Härter und Additive	5
2.3 Partikelcharakterisierung	5
2.4 Plattenherstellung	7
2.5 Prüfkörpervorbereitung und Plattenprüfung	9
2.6 Statistische Auswertung	11
2.7 Versuchsaufbau	11
3 Ergebnisse	13
3.1 Partikelcharakteristika	13
3.2 Rohdichtepprofile der Prüfspanplatten	17
3.3 Eigenschaften der Prüfspanplatten	19
4 Diskussion	27
4.1 Partikelcharakteristika	27
4.2 Zusammenhang von Spanqualität und Platteneigenschaften	29
5 Fazit und Ausblick	31
Literaturverzeichnis	32
Abbildungsverzeichnis	33
Tabellenverzeichnis	34
Anhang	35

Abstract

Particleboard properties are influenced by, *inter alia*, the quality of the face and core layer particles. Among other things, particle size - more precisely particle size distribution - is one of the most important characteristic values for particle quality. Particle size is determined primarily by sieve analysis because of its easy feasibility and similarity to the technical process of face and core layer particle fractionation in industrial practice. With the aim of finding interrelations between particle quality and panel properties, the face and core layer particles of various producers were characterized (e.g., determination of particle size distribution by sieve analysis), and three-layered particleboards with a density of 650 kg/m^3 were manufactured and the panel properties subsequently determined. Quality characterization showed that particles from different producers differ in particle size distribution and, in particular, in bulk density. Further on, the properties of such particle-manufactured panels were found to be significantly different from each other. In the case of bending properties, the particle size distribution of the face layer particles was found to be an important influencing parameter. Higher bending properties were measured with the presence of coarse particles in the face layer particle size distribution. Internal bond strength was found to be less influenced by the particle size of the core layer particles than by the density of the wood used for particle manufacture. Thickness swelling seems to be less influenced by the particle size than by the amount of waste wood used for particle manufacture.

Zusammenfassung

Die Eigenschaften von Spanplatten werden unter anderem von der Qualität der eingesetzten Deck- und Mittelschichtspäne beeinflusst. Neben anderen Merkmalen ist die Spangröße - genauer die Partikelgrößenverteilung - eine wichtige Einflussgröße für die Spanqualität. Bestimmt wird die Partikelgröße vornehmlich mit Hilfe der Siebanalyse, da deren Durchführung einfach ist und technisch mit der Fraktionierung des erzeugten Spangutes in Deck- und Mittelschichtspäne in der industriellen Praxis vergleichbar ist. Mit dem Ziel Zusammenhänge zwischen der Spanqualität und den Platteneigenschaften aufzeigen zu können, wurden an Deck- und Mittelschichtspänen verschiedener Hersteller ausgewählte Qualitätscharakteristika (z.B. Partikelgrößenverteilung nach Siebanalyse) bestimmt sowie aus diesen Spänen dreischichtige Prüfspanplatten mit einer Dichte von 650 kg/m^3 hergestellt und deren physikalische und mechanische Eigenschaften bestimmt. Anhand der untersuchten Charakteristika konnte gezeigt werden, dass Späne verschiedener Hersteller sich insbesondere in ihrer Partikelgrößenverteilung sowie Schüttdichte voneinander unterscheiden. Gleichwohl unterschieden sich die Eigenschaften der Spanplatten aus Spänen verschiedener Hersteller häufig signifikant. Im Fall der Biegeeigenschaften wurde die Partikelgrößenverteilung der Deckschichtpartikel als wichtige Einflussgröße gefunden. Mit dem Vorhandensein größerer Partikel in der Deckschicht wurden höhere Biegeeigenschaften gemessen. Die Querkzugfestigkeit wurde als weniger von der Partikelgröße in der Mittelschicht, sondern vielmehr mit der Dichte des zur Spanherstellung verwendeten Holzes in Verbindung gebracht. Die Dickenquellung scheint weniger mit der Partikelgröße, sondern vielmehr mit dem zur Spanherstellung eingesetzten Altholzanteils in Verbindung zu stehen.

1 Einleitung

Mit einer jährlichen Produktion von rund 30,2 mio. m³ im Jahr 2011 (Döry, 2012) ist Spanplatte der wichtigste Holzwerkstoff (HWS) in Europa. Für die Herstellung von Spanplatten werden vornehmlich Hackschnitzel aus Frisch- und/oder Altholz mit Hilfe von Messerringzerspanern oder Hammermühlen zerspant, die erzeugten Späne mit Klebharz und anderen Additiven beaufschlagt, zu unterschiedlich strukturierten (einschichtig, mehrschichtig oder mit stetigem Strukturübergang zwischen Deck- und Mittelschicht) Spanmatten gestreut und diese in einer Heißpresse verdichtet und ausgehärtet. Die verwendeten Späne zeichnen sich neben der Vielfalt ihrer Herkunft, Holzart, Aufbereitungsmethode und Alter vor allem durch ihre Zusammensetzung als Gemisch von Spänen unterschiedlicher Geometrie (Spandimension und -form) aus und beeinflussen so - neben den Einflussgrößen Rohdichte und Beleimungsgrad - entscheidend alle Platteneigenschaften (Dunky und Niemz, 2002).

Zur Charakterisierung und Überwachung der Qualität der Späne - hier insbesondere die Klassifizierung der Späne nach ihrer Größe bzw. Partikelgrößenverteilung - kommt häufig die Siebanalyse zum Einsatz, deren Grundlagen in DIN 66165-1:1987-4 dargestellt sind. Im Fall der Analyse von Spänen wird vornehmlich die Siebung nach dem Verfahren F - Maschinensiebung mit bewegtem Einzelsieb oder Siebsatz in gasförmigem, ruhendem Fluid - verstanden. Die Anwendung der Siebanalyse zur Charakterisierung von Spanplattenspänen ist naheliegend, da in der industriellen Praxis die Separierung des erzeugten Spangutes in Deck- und Mittelschicht-Spanfraktion - neben Windsichtern und Scheibensieben - über Rüttel-, Schwing- und Taumelsiebe (Deppe, 2003) vorgenommen wird. Eine Nachjustierung der Zerspanungsparameter erfolgt im Routinebetrieb jedoch nicht nach den Ergebnissen der Siebanalyse, sondern auf Basis des erzielten Verhältnisses von Deck- zu Mittelschichtspänen nach der Fraktionierung. Für eine gezielte Veränderung der eingesetzten Spangeometrie in Deck- bzw. Mittelschicht wären neben Veränderungen an der Zerspanung insbesondere bauliche Veränderungen im Bereich der Siebung und Sichtung erforderlich. Die Siebanalyse kann jedoch helfen, den Grad der Auslastung der Siebung und Sichtung einzuschätzen. Ein großer Anteil feiner Partikel im Mittelschichtspan deutet auf eine Überschreitung der Siebflächen- und Sichterkapazität hin, die Schichtdicke auf dem Siebboden zu groß ist, als dass eine saubere Separierung des Feinanteils erfolgen könnte.

Mit dem Ziel Zusammenhänge zwischen der Spanqualität und den Eigenschaften von Spanplatten aufzeigen zu können, wurden im Rahmen der vorliegend dargestellten Forschungsarbeit Deck- und Mittelschichtspäne verschiedener Hersteller zu Spanplatten verarbeitet und deren Eigenschaften bestimmt. Die eingesetzten Späne wurden mit Hilfe der Siebanalyse sowie beispielsweise der Bestimmung der Schüttdichte charakterisiert. Die hierbei gewonnenen Daten sollen neben einer ersten Untersuchung des Zusammenhangs von Spanqualität und Platteneigenschaften als Grundlage für weitere Forschungsaktivitäten dienen, die sich insbesondere mit bildanalytischer Partikelcharakterisierung beschäftigen.

2 Material und Methoden

2.1 Späne

Für die vorliegende Untersuchung wurden Deck- und Mittelschichtspäne verschiedener Spanplattenhersteller (A, B und C) sowie Späne aus einer kommerziellen Zerspanerlinie - die Späne fallen hier als Nebenprodukt der Schnittholzerzeugung an - (Hersteller D) verwendet.

Die Deckschichtspäne der verschiedenen Spanplattenhersteller werden im Folgenden als DS A, DS B und DS C bezeichnet, während die Mittelschichtspäne analog als MS A, MS B und MS C bezeichnet werden. Die Hersteller A und B verwenden laut eigenen Angaben für die Spanerzeugung ausschließlich Frischholz, während im Fall der Späne des Herstellers C auch Altholz zur Spanerzeugung eingesetzt wird, wie deutlich anhand von z.B. Hartfaserplattenresten im Mittelschichtspan zu erkennen ist (siehe Abbildung 1).

Die Späne aus der Zerspanerlinie wurden von Dold Holzwerke GmbH, Buchenbach, zur Verfügung gestellt. Für deren Erzeugung wurde ein Fräswerkzeug der Leuco Ledermann GmbH & Co. KG, Horb am Neckar, eingesetzt, das die Morphologie des als Nebenprodukt anfallenden Spans schon direkt bei dessen Erzeugung gezielt gestaltet. So ist das Nebenprodukt für verschiedene Sparten der Holzindustrie besonders interessant. Das Material wurde nass angeliefert und im Technikum des Thünen-Instituts für Holzforschung bei 80 °C auf einer Vorrichtung in einem Frischluft-/Ablufttrockner getrocknet, die ein Durchströmen des Materials mit warmer Luft ermöglicht. Dieser Span wird als MS D bezeichnet.

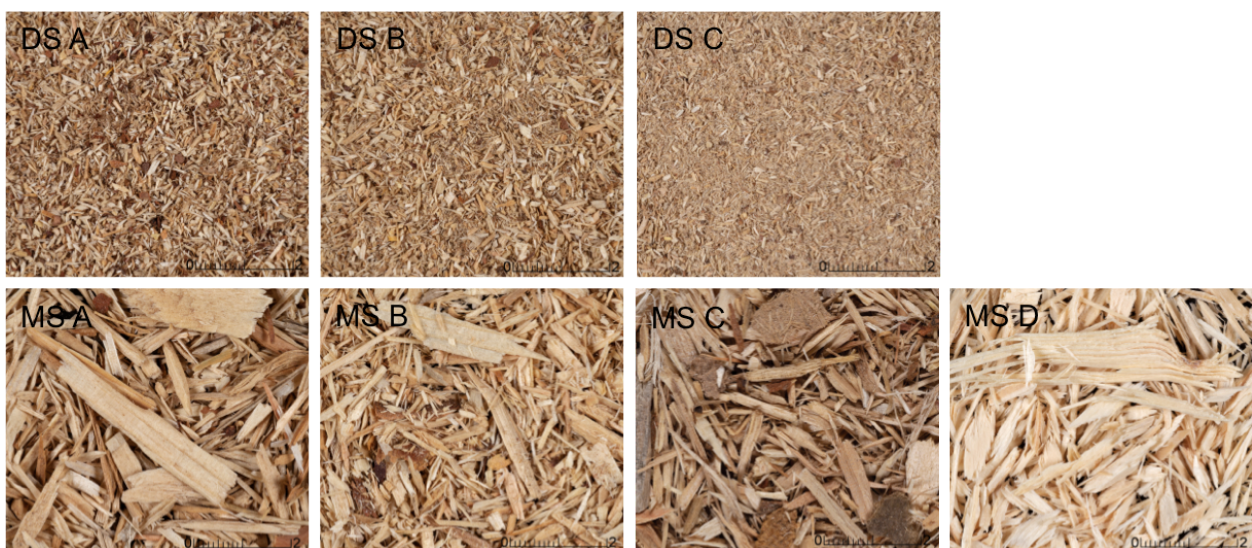


Abbildung 1: Fotografische Abbildung der verwendeten Deck- und Mittelschichtspäne.

2.2 Bindemittel, Härter und Additive

Als Bindemittel wurde ein flüssiges Harnstoff-Formaldehyd¹-Harz einer kommerziellen Spanplattenproduktion (Kronopol Sp. z o.o., Zary, Polen) verwendet. Als Härter wurde eine 40 %-ige Ammoniumnitrat²-Lösung eingesetzt. Der Feststoffgehalt des UF-Harzes betrug 67 %. Dem Bindemittel wurden weiter Paraffin-Emulsion sowie Harnstoff zugesetzt. Der Feststoffgehalt der Paraffin-Emulsion betrug 50 %.

2.3 Partikelcharakterisierung

2.3.1 Siebanalyse

Die Größencharakterisierung des Spanmaterials mittels Siebanalyse in Anlehnung an DIN 66165-1:1987-4 wurde in klimatisierter Umgebung bei 20 °C und 65 % relativer Luftfeuchtigkeit (RH³) unter Anwendung einer Plan- bzw. Horizontalsiebmaschine (AS 400 Control, Retsch, Haan) durchgeführt. Die untersuchten Spanproben wurden vorab bis zur Gewichtskonstanz klimatisiert. Es wurde eine Dreifachbestimmung vorgenommen. Die Siebdauer betrug 5 Minuten, die Drehzahl 240 U/min und die Späneinwaage wurde in Fall der Deckschichtspäne auf 41 g und im Fall der Mittelschichtspäne auf 47 g gesetzt. Die Maschenweiten der eingesetzten Analysesiebe mit einem Durchmesser von 200 mm waren im Fall der Deckschichtspänsiebung

- 0,2 mm
- 0,315 mm
- 0,5 mm
- 0,63 mm
- 0,8 mm
- 1 mm
- 2 mm
- 3,15 mm

und im Fall der Mittelschichtspänsiebung

¹ kurz UF für engl. urea-formaldehyde

² NH_4NO_3

³ kurz für engl. relative humidity

- 0,8 mm
- 1 mm
- 1,6 mm
- 2 mm
- 3,15 mm
- 4 mm
- 5 mm
- 8 mm
- 11,2 mm
- 16 mm.

Auf die Anwendung von Siebhilfen zur Vermeidung von Anhaftungen und Verstopfen der Sieböffnungen wurde aufgrund der Gefahr einer Zerkleinerung des Siebgutes im Rahmen der Siebung verzichtet.

Die Auswertung der Ergebnisse der Siebanalyse erfolgt in Anlehnung an DIN ISO 9276-1:2004-09 graphisch über die Darstellung des normierten Histogramms ($\bar{q}_3 [x]$) der Verteilungsdichte und die Verteilungssumme ($Q_3 [x]$) sowie die Kennwerte x_{10} , x_{50} , x_{90} und den Modalwert. Als Modalwert (Modus) wird hier die Klassenmitte der Modalklasse (Klasse mit der höchsten Häufigkeitsdichte) verstanden. Als x_{10} -, x_{50} -, x_{90} -Wert werden hier das 10%, 50% und 90% Quartil der Verteilungssumme verstanden. Der Kennwert x_{50} kann auch als Median bzw. mittlere Partikelgröße bezeichnet werden. Der x_{10} -, x_{50} - bzw. x_{90} -Wert ist als theoretische Maschenweite zu verstehen, die 10 %, 50 % bzw. 90 % der Spanprobe während der Siebung passiert haben. Da aufgrund des Versuchsaufbaus lediglich für die konkret verwendeten Siebböden mit den entsprechenden Maschenweiten Summenhäufigkeiten ermittelt werden können, erfolgt die Berechnung der Quartile durch lineare Interpolation zwischen den Summenhäufigkeiten, die dem 10 %, 50 % bzw. 90 % Quartil am nächsten liegen.

2.3.2 Schüttdichte

Die Schüttdichtebestimmung wurde an klimatisierten (20 °C/ 65 % RH) Spanproben in klimatisierter Umgebung in Dreifachbestimmung durchgeführt. Nach Erreichen der Gewichtskonstanz wurde in Anlehnung an Niemz (1993) ein Gefäß (Becherglas) mit einem Volumen von 2 Litern (Durchmesser 11,5 cm unten, 14 cm oben) mit Spänen gefüllt (geschüttet) und deren Masse bestimmt. Die Schüttdichte (kg/m^3) wurde als Quotient der gewonnen Messdaten (Masse/Volumen) berechnet.

2.3.3 Verdichtungsverhältnis

Das Verdichtungsverhältnis wurde als Quotient der gemessenen Strehöhe des Spankuchens und der Plattendicke berechnet.

2.3.4 pH-Wert und Pufferkapazität

Für die Bestimmung des pH-Wertes sowie der Pufferkapazität wurden die Späne in einer Mühle zu Holzmehl vermahlen. Von diesem Holzmehl wurden 5 g in einen 300 ml-Erlenmeyerkolben eingewogen, mit 150 ml destilliertem Wasser versetzt und luftdicht verschlossen für 24 h auf den Rütteltisch extrahiert. Von der abfiltrierten Lösung wurden 25 ml in ein Becherglas gegeben und hieran unter ständigem Rühren mit einer pH-Elektrode der pH-Wert bestimmt. Die Pufferkapazität wurde in mmol/100 g Holz_{atro} nach Titration mit Natriumhydroxyd-Lösung bis pH 7 bestimmt.

2.3.5 Ausgleichsfeuchte

Die Ausgleichsfeuchte der Späne nach Klimatisierung (20 °C und 65 % RH) wurde nach der Darrmethode bestimmt.

2.4 Plattenherstellung

Die Herstellung der dreischichtigen Spanplatten wurde auf einer computergesteuerten Laborheißpresse vorgenommen. Die Nenndicke der Platten betrug 16 mm. Die Beleimung der Späne wurde in einem Trommelmischer vorgenommen. Im Fall der Deckschichtspäne wurden dem Klebharz 1 % Härter, 1 % Harnstoff (beides bezogen auf den Festharzgehalt) und 0,5 % Paraffinemulsion (bezogen auf atro⁴ Holz) zugesetzt. Dem Klebharz für die Mittelschichtspäne wurde 3 % Härter zugesetzt. Unter Berücksichtigung der Feuchte der eingesetzten Späne wurde dem Klebharz jeweils soviel Wasser zugesetzt, dass eine Soll-Feuchtigkeit von 11 % in den Deckschichten und 8 % in der Mittelschicht erreicht wird. Im Fall der Deckschichten betrug der Klebharzanteil 11 % (bezogen auf atro Holz), im Fall der Mittelschicht 8 %. Die Platten-Zieldichte betrug 650 kg/m³ und das Verhältnis von Deck- zu Mittelschichtmaterial 35/65. Die beleimten Späne wurden abgewogen und in einem Streurahmen (695 x 595 mm) gestreut. Ein Anhaften der so entstande-

⁴ kurz für absolut trocken

nen dreischichtigen Spanmatte an die Pressbleche wurde durch den Einsatz von silikonbeschichtetem Trennpapier verhindert.

Die Herstellung der Prüfplatten erfolgte bei einer Presstemperatur von 200 °C und einem Presszeitfaktor von 8 sek/mm Plattendicke (128 Sekunden effektive Pressdauer). Die Schließdauer der Presse betrug 6 Sekunden. Innerhalb der ersten 20 Sekunden nach dem Schließen der Presse wurde mit einem maximalen spezifischen Druck von 4 N/mm² versucht, die Matte auf eine Dicke von 14,5 mm zu verdichten. Während der folgenden 100 Sekunden wurde der maximale spezifische Druck von 4 auf 1,5 und weiter auf 1 N/mm² reduziert, während die Presse auf Plattenzieldicke (16 mm) leicht geöffnet wurde. Weiter wurde die Plattenposition für 8 Sekunden konstant gehalten, während der spezifische Druck schrittweise weiter reduziert (0,5 N/mm² pro Schritt) wurde. Nach dem Heißpressen wurden die Platten bei Umgebungsbedingungen abgekühlt und dann in einer Klimakammer bei 20 °C und 65 % RH bis zum Probenzuschnitt gelagert.

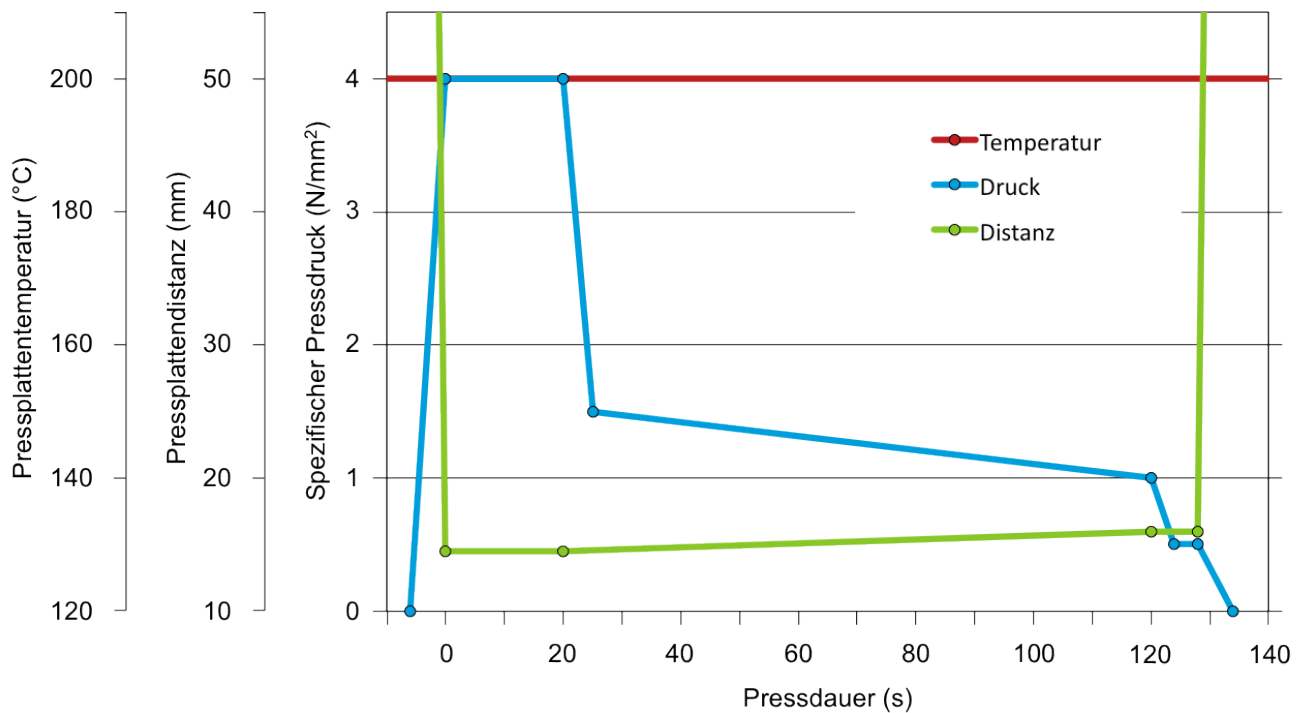


Abbildung 2: Pressdiagramm

2.5 Prüfkörpervorbereitung und Plattenprüfung

Vor dem Probenzuschnitt wurden die Prüfplatten auf eine Größe von ca. 500 x 400 mm besäimt. Die Anzahl der Prüfkörper für einen jeden Plattentyp waren

- 12 für Elastizitätsmodul (MOE⁵) und Biegefestigkeit (MOR⁶) (EN 310),
- 24 für Querkzugfestigkeit (IB⁷) (EN 319),
- 15 für Dickenquellung (TS⁸) (EN 317),
- 15 für Maßänderungen in Verbindung mit Änderungen der relativen Luftfeuchte (EN 318),
- 3 für die Bestimmung des Rohdichteprofiles
- 24 für die Bestimmung der Abhebefestigkeit (SS⁹) (EN 311) und
- 24 für die Bestimmung der Schraubenauszieh Widerstand (SW¹⁰) (EN 320).

Vor dem Test wurden die Proben in einer Klimakammer bei 20 °C und 65 % RH konditioniert.

Abweichend von EN 318 wurden Maßänderungen in Verbindung mit Änderungen der relativen Luftfeuchte an Proben mit einer Kantenlänge von 50 x 50 mm bestimmt. Die Probendicke wurde jeweils einmal in der Mitte des Prüfkörpers erfasst. Die Längenänderung wurde als Mittelwert der jeweiligen Dimensionsänderungen in Plattenebene über den gesamten Prüfkörper erfasst. Relative Änderungen in der Dicke ($\delta t_{65, 85}$)¹¹ und Länge ($\delta l_{65, 85}$)¹² in Verbindung mit Änderungen der relativen Luftfeuchte beziehen sich hierbei auf eine erste Messung nach Erreichen der Gleichgewichtsfeuchte (EMC)¹³ bei 20 °C und 65 % RH und einer zweiten Messung nach Erreichen von EMC bei 20 °C und 85 % RH. Ergänzend zu Dicken- und Längenänderung wurde weiter die Massenänderung in Verbindung mit Änderungen der relativen Luftfeuchte aufgenommen. In Anlehnung an $\delta t_{65, 85}$ und $\delta l_{65, 85}$ wird die relative Änderungen in der Masse im Folgenden als $\delta m_{65, 85}$ ¹⁴ bezeichnet. Im Anschluss an die Bestimmung der Maßänderungen in Verbindung mit Änderungen der

⁵ kurz für engl. modulus of elasticity

⁶ kurz für engl. modulus of rupture

⁷ kurz für engl. internal bond strength

⁸ kurz für engl. thickness swelling

⁹ kurz für engl. surface soundness

¹⁰ kurz für engl. screw withdrawal resistance

¹¹ kurz für engl. delta thickness

¹² kurz für engl. delta length

¹³ kurz für engl. equilibrium moisture content

¹⁴ kurz für engl. delta mass

relativen Luftfeuchte wurden die Prüfkörper gedarrt, sodass die sich bei Umgebungsklima 20 °C und 65 % RH und 20 °C und 85 % RH einstellende Ausgleichsfeuchte ermittelt werden konnte.

Die Dickenquellung der Prüfkörper wurde nach 2 h und 24 h (TS_{2h} und TS_{24h}) nach Wasserlagerung bestimmt. Parallel zur Bestimmung der Dickenquellung wurde die Massenzunahme nach Wasserlagerung bestimmt. Die Masse des aufgenommenen Wassers wird hierbei in Prozent der Ausgangsprobenmasse angegeben und wird im Folgenden als Wasseraufnahme (WA^{15}) bezeichnet.

Die Bestimmung der Rohdichtepprofile wurde nach dem radiometrischem Prinzip mit einem Itrax Wood Scanner (Cox Analytical Systems, Mölndal, Schweden) durchgeführt. Beginnend von der Plattenunterseite wurde die Dichte der Prüfkörper mit einer Schrittweite von 0,05 mm gescannt und so die Rohdaten für die Erstellung der Dichteverteilung über den Plattenquerschnitt (Rohdichteprofil) ermittelt. Die erhaltenen Datensätze aus Scanposition und Dichte wurden auf eine einheitliche Plattendicke von 16 mm normiert und ein gemitteltes Rohdichteprofil für einen jeden Plattentyp erstellt. Aus dem Datensatz wurden ermittelt:

- die maximale Deckschichtdicke (Mittelwert aus oberer und unterer Deckschicht),
- die mittlere Deckschichtdicke (Mittelwert aus oberer und unterer Deckschicht),
- die minimale Mittelschichtdicke,
- die mittlere Mittelschichtdicke und
- die Positionen des Zusammentreffens von oberer bzw. unterer Deckschicht mit der Mittelschicht.

Als Deck- bzw. Mittelschicht sind hierbei diejenigen Bereiche im Plattenquerschnitt zu verstehen, die aus Deck- bzw. Mittelschichtspänen aufgebaut sind. Ermittelt wurden die Bereiche auf Basis des gewählten Verhältnisses von Deck- zu Mittelschicht (35/65). Die Position des Zusammentreffens von unterer Deckschicht mit der Mittelschicht entspricht folglich der Position des Abtastpunktes, bis zu dem 17,5 % der Prüfkörpermasse detektiert wurden. Die Position des Zusammentreffens von Mittelschicht und oberer Deckschicht entspricht dem Abtastpunkt, an dem 82,5 % der Prüfkörpermasse detektiert wurden.

Als Kenngrößen für die Auswertung der Rohdichtepprofile wurden aus dem erhaltenen Datensatz weiter berechnet:

- die mittlere Deckschichtdicke (Mittelwert aus oberer und unterer Deckschicht),

¹⁵ kurz für engl. water absorption

- die mittlere Mittelschichtdicke,
- die Differenz aus maximaler Deck- und minimaler Mittelschichtdicke und
- die Differenz aus mittlerer Deck- und Mittelschichtdicke.

Die Dicke der unteren Deckschicht entspricht der Position des Zusammentreffens von unterer Deckschicht und Mittelschicht. Die Dicke der oberen Deckschicht ist die Differenz der Position des Zusammentreffens von Mittelschicht mit der oberen Deckschicht und der Plattendicke (16 mm). Die Mittelschichtdicke ist die Differenz der Position des Zusammentreffens von unterer Deckschicht mit der Mittelschicht und der Position des Zusammentreffens von Mittelschicht mit der oberen Deckschicht.

Der Schraubenauszieh Widerstand wurde an Prüfkörpern mit einer Kantenlänge von 50 mm bestimmt.

2.6 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Versuchsergebnisse wurde mit dem Analysetool JMP von SAS, Cary, North Carolina, USA, durchgeführt. Mit Hilfe des Tukey HSD Tests wurde überprüft, ob statistisch signifikante ($\alpha = 0,05$) Unterschiede zwischen den physikalischen und mechanischen Platteneigenschaften bestehen.

2.7 Versuchsaufbau

Aus den 3 Deckschichtspänen (DS A, DS B, DS C) und 4 Mittelschichtspänen (MS A, MS B, MS C und MS D) mit potenziell unterschiedlicher Partikelgrößenzusammensetzung wurden 6 Plattentypen hergestellt, die sich in ihrer Kombination von Deck- und Mittelschichtspan unterscheiden (siehe Tabelle 1).

Im Rahmen einer vergleichenden Betrachtung unterschiedlich kombinierter Plattentypen lassen sich

- (1) der Einfluss von Deck- und Mittelschichtspangröße (Plattentyp 1, 2 und 3),
- (2) der Einfluss der Mittelschichtspangröße (Plattentyp 1, 4, 5 und 6) und
- (3) der Einfluss der Deckschichtspangröße (Gruppe I: Plattentyp 2 und 4; Gruppe II: Plattentyp 3 und 5)

auf die Platteneigenschaften untersuchen.

Tabelle 1: Kombination von Deck- und Mittelschichtspan der hergestellten Plattentypen (1 ...6)

Plattentyp	1	2	3	4	5	6
Deckschichtspan	A	B	C	A	A	A
Mittelschichtspan	A	B	C	B	C	D

3 Ergebnisse

3.1 Partikelcharakteristika

3.1.1 Siebanalyse

Die Ergebnisse der Charakterisierung der Deck- und Mittelschichtspäne mittels Siebanalyse werden in Abbildung 3 (Siebanalyse der Deckschichtspäne), Abbildung 4 (Siebanalyse der Mittelschichtspäne) sowie Tabelle 2 (Kennwerte aus den Daten der Siebanalyse) dargestellt.

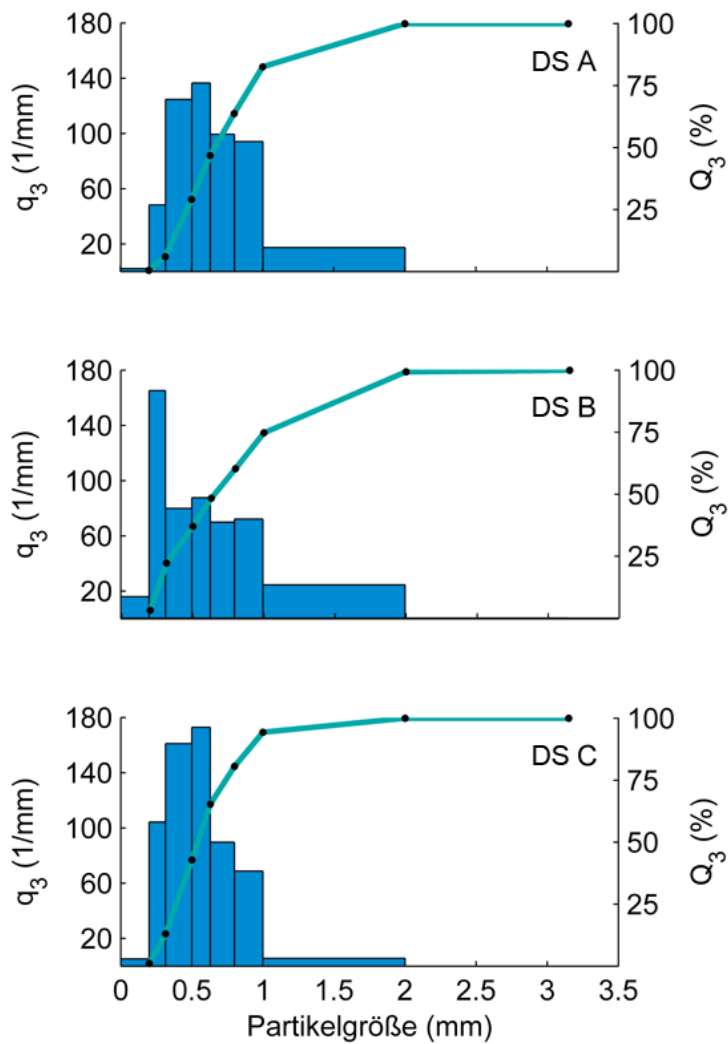


Abbildung 3: Histogramm, $\bar{q}_3(x)$, der Verteilungsdichte und Verteilungssumme, Q_3 , der Partikelgrößenverteilungsanalyse der Deckschichtspäne mittels Siebanalyse.

Die in Abbildung 3 dargestellten Ergebnisse der Siebanalyse zeigen, dass sich die verwendeten Deckschichtspäne in ihrer Partikelgrößenzusammensetzung voneinander unterscheiden. Im Vergleich zu Deckschichtspan A zeichnet sich der Deckschichtspan C durch höhere Anteile der Rückstände auf den feineren Sieben (Partikelgrößen $\leq 0,63$ mm) und geringere Anteile der Rückstände auf den gröberen Sieben (Partikelgrößen $> 0,63$) aus. Im Vergleich zu Deckschichtspan A zeichnet sich der Deckschichtspan B durch einen höheren Anteil grober Partikel (> 1 mm), einem höheren Anteil feiner Partikel ($\leq 0,315$) und in Konsequenz geringeren Anteil an Siebrückständen auf den Sieben der Maschenweiten 0,315, 0,5, 0,63 und 0,8 mm aus. Ähnlich fällt der Vergleich von DS B und DS C aus: der Deckschichtspan B ist durch einen größeren Anteil feiner und grober Partikel geprägt, während die Rückstände auf den mittleren Sieben des Siebturms geringer ausfallen.

Tabelle 2: Kennwerte aus den Daten der Siebanalyse

Span	x_{10} (mm)	x_{50} (mm)	x_{90} (mm)	Modalwert (mm)
DS A	0,40	0,66	1,43	0,57
DS B	0,24	0,65	1,62	0,26
DS C	0,29	0,54	0,94	0,57
MS A	1,12	2,39	5,01	1,80
MS B	1,11	2,08	3,93	1,80
MS C	0,83	2,47	6,73	1,30
MS D	1,31	2,62	4,95	1,80

Die in den grafischen Darstellungen beobachteten Unterschiede zwischen den Partikelgrößenzusammensetzungen der Deckschichtspäne lassen sich weitestgehend mit Hilfe der in Tabelle 2 aufgelisteten Kennwerte wieder erkennen. Die ersten 10 % der Partikel des Deckschichtspans DS A verteilen sich auf einen Bereich bis zu einer theoretischen Maschenweite von 0,4 mm (x_{10}), während sich die ersten 10 % der Deckschichtspäne von DS B und DS C auf einen Bereich bis zu einer theoretischen Maschenweite von 0,24 bzw. 0,29 mm konzentrieren. Das bedeutet, dass der Deckschichtspan DS A den geringsten und Deckschichtspan DS B den höchsten Feinanteil aufweist. Der Deckschichtspan DS C ist im Feinanteil dem Deckschichtspan DS B sehr ähnlich. Im Fall des x_{50} -Wertes ist kein Unterschied zwischen dem Deckschichtspan DS A und dem Deckschichtspan DS B zu erkennen, wohl aber zwischen den Deckschichtspänen DS A und DS B und dem Deckschichtspan DS C, der mit einem x_{50} -Wert von 0,54 mm auf einen höheren Feinanteil hinweist. Was der x_{50} -Wert im Vergleich zur grafischen Darstellung (Histogramm) hier nicht transportieren kann, ist der deutlich geringere Anteil an Partikeln auf den mittleren Sieben im Fall von Deckschichtspan DS B. Entgegen der Information, die bei der Betrachtung der Histogramme ($\bar{q}_3[x]$) gewonnen werden kann, legt die alleinige Betrachtung des x_{50} -Wertes nahe, dass sich die Partikelgrößenzusammensetzung der Deckschichtspäne DS A und DS B ähnlicher sind, als die Partikelgrößenzusammensetzung der Deckschichtspäne DS A und DS C. Ein ähnlich umfassendes Bild von der Partikelgrößenverteilung mit Hilfe von Kennwerten kann hier nur bei Betrachtung aller Perzentile (x_{10} , x_{50} , x_{90}) gewonnen werden. Hilfreich hierbei ist jedoch die Einbeziehung des Mo-

dalwertes, der anzeigt, dass Klasse mit der höchsten Häufigkeitsdichte im Fall von Deckschichtspan DS B wesentlich weiter auf Seiten der feinen Partikel (0,26 mm) liegt, als im Fall der Deckschichtspäne DS A und DS B (0,57 mm). Ein Vergleich der x_{90} -Werte bildet wiederum klar die Information ab, die aus der grafischen Darstellung der Partikelgrößenverteilung gewonnen werden können: Der Anteil an groben Spänen ist für den Deckschichtspan DS B am höchsten und für den Deckschichtspan DS C am niedrigsten.

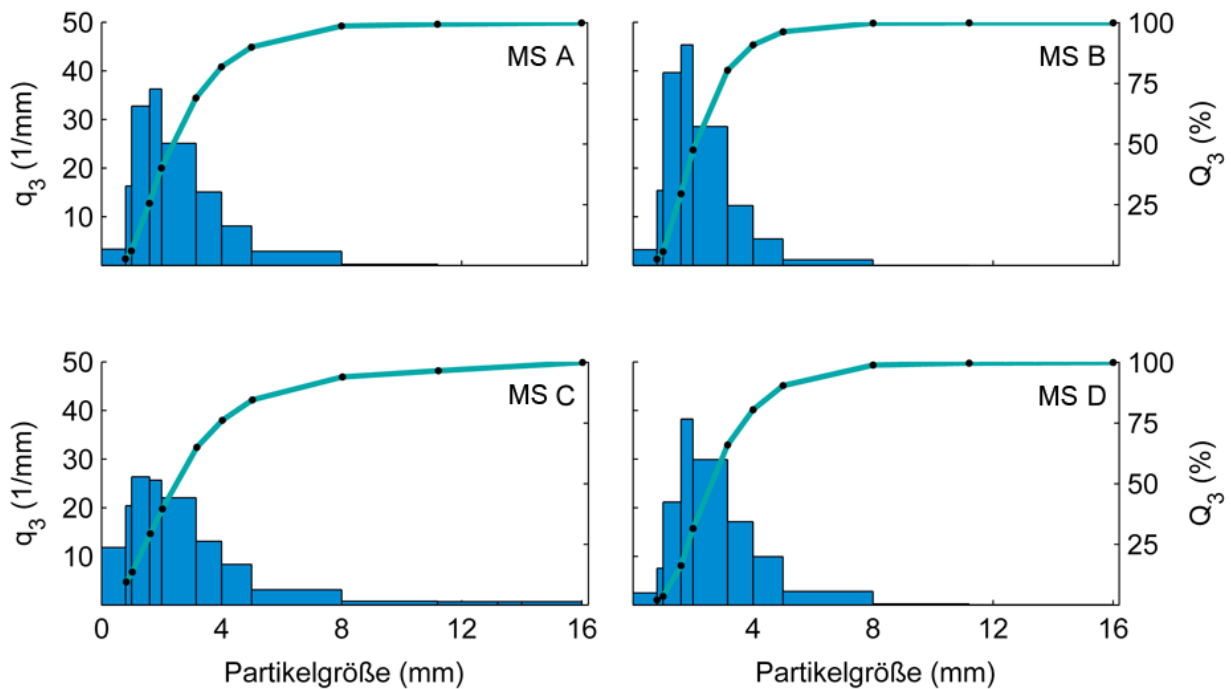


Abbildung 4: Histogramm, $\bar{q}_3(x)$, der Verteilungsdichte und Verteilungssumme, Q_3 , der Partikelgrößenverteilungsanalyse der Mittelschichtspäne mittels Siebanalyse.

Die in Abbildung 4 dargestellten Ergebnisse der Siebanalyse zeigen, dass die verwendeten Mittelschichtspäne sich in ihrer Partikelgrößenzusammensetzung voneinander unterscheiden. Im Vergleich zu Mittelschichtspan A zeichnet sich der Mittelschichtspan B durch höhere Anteile der Rückstände auf den Sieben der Maschenweiten 1,6 und 2 mm und geringere Anteile der Siebrückstände auf den Sieben der Maschenweiten 3,15, 4 und 5 mm aus. MS C unterscheidet sich im Vergleich zu MS A und MS B durch das Vorhandensein von groben Spänen (Rückstand auf den Sieben der Maschenweiten 8 und 11,2 mm) aus. Der Anteil von Spänen mit einer Partikelgröße $\leq 0,8$ mm ist im Vergleich zu DS A und DS B deutlich stärker ausgeprägt, während die Rückstände auf den mittleren Sieben des Siebturm geringer ausfallen. Der Mittelschichtspan D ähnelt dem Mittelschichtspan A stark, zeichnet sich jedoch durch einen geringeren Anteil von Partikeln mit einer Größe $\leq 1,6$ mm aus.

Die in den grafischen Darstellungen beobachteten Unterschiede zwischen den Partikelgrößenzusammensetzungen der Mittelschichtspäne lassen sich weitestgehend mit Hilfe der in Tabelle 2 aufgelisteten Kennwerte wieder erkennen. Die ersten 10 % der Partikel des Mittelschichtspans

MS C sind bereits in einen Bereich bis zu einer theoretischen Maschenweite von 0,83 mm (x_{10}) zu finden, während der x_{10} -Wert des Mittelschichtspans MS A und MS B mit 1,1 mm bestimmt wurde. Der Mittelschichtspan MS C hat also den höchsten Feinanteil der untersuchten Mittelschichtspäne. Mit einem x_{10} -Wert von 1,31 mm hat der Mittelschichtspan MS D den geringsten Feinanteil. Beim Vergleich der x_{50} -Werte von Mittelschichtspan MS A und MS B wird deutlich, dass der Mittelschichtspan MS B feiner als der Mittelschichtspan MS A ist. Im Fall des Mittelschichtspans MS C lässt sich unter Einbeziehung des x_{10} -Wertes (sehr klein) und x_{90} -Wertes (sehr groß) anhand des x_{50} -Wertes erkennen, dass die mittleren Spanfraktionen deutlich geringer vertreten sind, als es bei den übrigen Mittelschichtspänen der Fall ist. Der Modalwert deutet gegenüber den übrigen Mittelschichtspänen im Fall des Mittelschichtspans MS C auf ein feines Mittelschicht-Spanmaterial hin. Die im Vergleich zu den übrigen Mittelschichtspänen große Menge an groben Spänen wird von diesem Kennwert nicht abgebildet. Anhand des Kennwertes für den Grobanteil (x_{90}) kann abgelesen werden, dass der Mittelschichtspan MS B den geringsten Grobanteil aufweist, die Mittelschichtspäne MS A und MS D im beim Grobanteil vergleich sind und der Mittelschichtspan MS der größten Grobanteil aufweist.

Die Ergebnisse der Siebanalyse stehen im Einklang mit dem Eindruck, den man im Rahmen einer optischen Begutachtung (Abbildung 1) der Späne gewinnen würde.

3.1.2 Schüttdichte, pH-Wert, Pufferkapazität und Ausgleichsfeuchte

Die Ergebnisse der Schüttdichte-, pH-Wert-, Pufferkapazität- und Ausgleichsfeuchtebestimmung werden in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Schüttdichte und Ausgleichsfeuchte von Deck- und Mittelschichtspan bei 20 °C und 65 % relativer Luftfeuchtigkeit, sowie pH-Wert und Pufferkapazität der verwendeten Späne.

	DS A	DS B	DS C	MS A	MS B	MS C	MS D
Schüttdichte (kg/m^3)	173	209	243	158	153	176	128
pH-Wert	5,27	5,49	5,66	5,17	5,04	5,37	6,44
Pufferkapazität (mmol/100 g)	1,68	1,28	1,33	1,76	1,54	1,44	0,35
Ausgleichsfeuchte (%)	10,1	9,3	9,6	10,8	9,1	9,9	12,1

Die Schüttdichten der untersuchten Deckschichtspäne wurden als voneinander verschieden gefunden. Für den Deckschichtspan DS A wurde die niedrigste Schüttdichte gefunden, für den Deckschichtspan DS C die höchste Schüttdichte. Im Fall der Mittelschichtspäne wurde für den Mittel-

schichtspan MS D die niedrigste Schüttdichte und für den Mittelschichtspan MS C die höchste Schüttdichte gefunden. Die Schüttdichten der Mittelschichtspäne MS A und MS B unterscheiden sich nur geringfügig voneinander.

Die für die untersuchten Späne bestimmten pH-Werte sind mit Ausnahme des Mittelschichtspans MS D recht ähnlich und schwanken in einem Bereich von 5,04 bis 5,66. Für den Mittelschichtspan MS D wurde ein deutlich über diesem Niveau liegender pH-Wert von 6,44 bestimmt.

Ähnliche Tendenzen wie beim pH-Wert, sind auch für die Pufferkapazität zu erkennen. Die Pufferkapazitäten sind mit Ausnahme der des Mittelschichtspans MS D recht ähnlich und schwanken in einem Bereich von 1,28 und 1,76 mmol/100 g. Für den Mittelschichtspan MS D wurde eine deutlich geringere Pufferkapazität von 0,35 mmol/100 g bestimmt.

Auch die Ausgleichsfeuchte der untersuchten Späne folgt diesem Muster. Während die Späne aus den verschiedenen Spanplattenwerken Ausgleichsfeuchten zwischen 9,1 % und 10,8 % aufweisen, wurde für den Mittelschichtspan MS D (Nebenprodukt einer Zerspanerlinie) eine Ausgleichsfeuchte von 12,1 % ermittelt.

3.1.3 Verdichtungsverhältnis

Die für die 6 Plattentypen berechneten Verdichtungsverhältnisse werden in Tabelle 4 dargestellt. Für die Platten, die aus den Deck- und Mittelschichtspänen der Hersteller A und B aufgebaut sind, wurden ähnliche Verdichtungsverhältnisse bestimmt (3,0 und 3,1). Die Platten, die in der Mittelschicht aus Mittelschichtspänen des Herstellers C aufgebaut sind, zeigten die niedrigsten Verdichtungsverhältnisse (2,8 und 2,9). Für die Platten mit Spänen des Herstellers D in der Mittelschicht wurde mit 3,3 das größte Verdichtungsverhältnis berechnet.

Tabelle 4: Verdichtungsverhältnisse der hergestellten Prüfplatten

Plattentyp	1	2	3	4	5	6
Verdichtungsverhältnis	3,0	3,1	2,8	3,1	2,9	3,3

3.2 Rohdichtepprofile der Prüfspanplatten

Über die Bestimmung des Rohdichteprofiles konnte gezeigt werden, dass für alle Prüfspanplatten ein ausgeprägtes Rohdichteprofil erzielt wurde, das sich durch hohe Dichten der Deckschichten und eine deutlich niedrigere Mittelschichtdichten auszeichnen (Abbildung 5). Die gewählte Darstellung - grau aufgetragene Einzelmessung in Kombination mit einem schwarz abgesetzten gemittelten Rohdichteprofil - erscheint für die Auswertung zielführend und hilfreich zu sein. Das

gemittelte Rohdichteprofil erlaubt einen Vergleich des Plattentyps mit den anderen Plattentypen, während die Qualität des Messergebnisses gut einzuschätzen ist.

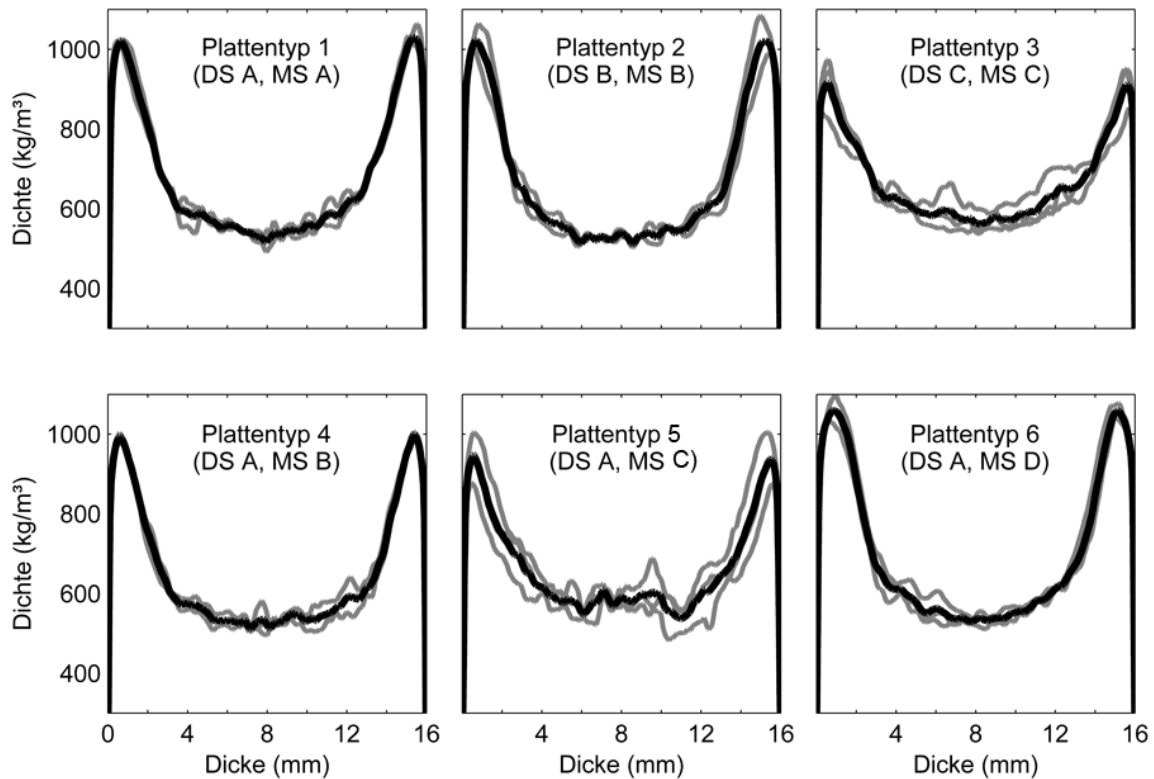


Abbildung 5: Rohdichteprofile der hergestellten Prüfspanplatten (grau) sowie gemitteltes Rohdichteprofil (schwarz) für jeden Plattentyp.

Im Fall der Variation von Deck- und Mittelschichtspan (Plattentyp 1, 2 und 3) ist für Plattentyp 1 (DS A, MS A) und 2 (DS B, MS B) nahezu kein Unterschied beim Rohdichteprofil zu erkennen. Im Vergleich zu Plattentyp 1 und 2 weisen die Prüfspanplatten des Plattentyps 3 (DS C, MS C) ein deutlich schwächer ausgeprägtes Rohdichteprofil auf. Die Deckschichtdichten fallen hier niedriger und die Mittelschichtdichte höher aus.

Im Fall der Variation des Mittelschichtspans (Plattentyp 1, 4, 5 und 6) sind die Deckschichtdichten bei alternativer Verwendung des Mittelschichtspans B anstelle des Mittelschichtspans A minimal geringer. Eine deutliche Verringerung der Deckschichtdichten kann bei der alternativen Verwendung des Mittelschichtspans C beobachtet werden. Wiederum signifikant höhere Deckschichtdichten wurden bei der Verwendung des Mittelschichtspans D erzielt.

Im Fall der Variation des Deckschichtspans (I: Plattentyp 2 vs. 4; II: Plattentyp 3 vs. 5) lassen sich keine deutlichen Unterschiede zwischen den Rohdichteprofilen erkennen.

Tabelle 5: Dichtedifferenzen zwischen Deck- und Mittelschichtdichte

	Plattentyp					
	1	2	3	4	5	6
Dichtedifferenz (kg/m^3) ($DS_{\max} - MS_{\min}$)	506	508	352	483	402	529
Dichtedifferenz (kg/m^3) ($DS_{\text{MW}} - MS_{\text{MW}}$)	316	334	191	307	212	365

Die Unterschiede zwischen den Rohdichteprofilen der Platten aus unterschiedlichen Deck- und Mittelschichtspänen lassen sich gleichwohl mit den in Tabelle 5 aufgelisteten Kennwerte (Differenz zwischen Deck- und Mittelschichtdichte) fassen. Über den Kennwert Dichtedifferenz lassen sich die Unterschiede zwischen den Rohdichteprofilen numerisch erfassen.

3.3 Eigenschaften der Prüfspanplatten

3.3.1 Variation von Deck- und Mittelschichtspan

Die Ergebnisse der Bestimmung der Eigenschaften der Prüfspanplatten aus Deck- und Mittelschichtspänen verschiedener Hersteller (A, B und C) werden in Tabelle 6 (mechanische Platteneigenschaften) und Tabelle 7 (physikalische Platteneigenschaften) dargestellt.

Die Biegeeigenschaften (MOE und MOR) der Plattentypen 1, 2 und 3 (Variation von Deck- und Mittelschichtspan) wurden als signifikant verschieden voneinander gefunden. Das größte Biege-Elastizitätsmodul sowie die größte Biegefestigkeit (Mittelwert) wurde für Platten aus Spänen des Herstellers B bestimmt. Deutlich geringere Biegeeigenschaften als die Platten aus Spänen der Hersteller A und B zeigten die Platten aus Spänen des Herstellers C.

Auch die Querkzugfestigkeit der Platten aus Spänen des Herstellers B liegt signifikant über der von Platten aus Spänen der Hersteller A und C. Anders als bei den Biegeeigenschaften besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Querkzugfestigkeiten der Platten aus Spänen der Hersteller A und C.

Die Abhebefestigkeit wurde für alle drei Plattentypen als signifikant voneinander verschieden gefunden. Für Platten aus Spänen des Herstellers B wurden die höchste Abhebefestigkeit gefunden, während für Platten aus Spänen des Herstellers C die geringste Abhebefestigkeit gemessen wurde. Gleiches gilt für den Schraubenauszieh Widerstand.

Tabelle 6: Mechanische Eigenschaften von Prüfspanplatten, die aus Deck- und Mittelschichtspänen verschiedener Hersteller hergestellt wurden.

Plattentyp		1	2	3
Deckschichtspan		A	B	C
Mittelschichtspan		A	B	C
MOE (N/mm ²)	MW	2443	2577	1949
	SD	73	158	147
	HG	B	A	C
MOR (N/mm ²)	MW	13,6	15,5	9,7
	SD	0,8	1,1	1,0
	HG	B	A	C
IB (N/mm ²)	MW	0,49	0,54	0,48
	SD	0,05	0,05	0,06
	HG	B	A	B
SS (N/mm ²)	MW	1,22	1,30	1,10
	SD	0,11	0,10	0,10
	HG	B	A	C
SW (N)	MW	1074	1159	934
	SD	107	113	146
	HG	B	A	C

Tabelle 7: Physikalische Eigenschaften von Prüfspanplatten, die aus Deck- und Mittelschichtspänen verschiedener Hersteller hergestellt wurden.

Plattentyp		1	2	3
Deckschichtspan		A	B	C
Mittelschichtspan		A	B	C
TS 2h	MW	11,8	13,2	12,5
(%)	SD	0,8	0,8	0,7
	HG	B	A	AB
TS 24h	MW	17,5	18,4	15,7
(%)	SD	1,1	1,1	1,1
	HG	A	A	B
WA 2h	MW	64,8	68,1	72,0
(%)	SD	4,0	4,3	5,4
	HG	B	AB	A
WA 24h	MW	79,5	79,9	81,2
(%)	SD	3,5	3,4	3,6
	HG	A	A	A
$\delta t_{65, 85}$	MW	5,2	5,2	4,2
(%)	SD	0,3	0,3	0,3
	HG	A	A	B
$\delta l_{65, 85}$	MW	0,3	0,3	0,3
(%)	SD	0,1	0,0	0,1
	HG	A	A	A
$\delta m_{65, 85}$	MW	5,7	5,5	5,4
(%)	SD	0,1	0,1	0,2
	HG	A	B	B

Die Unterschiede zwischen den physikalischen Eigenschaften der Plattentypen 1, 2 und 3 wurden als weniger deutlich und seltener signifikant voneinander verschieden gefunden. Dies gilt insbesondere für Maß- und Massenänderungen in Verbindung mit Änderungen der relativen Luftfeuchte.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse der Bestimmung der Dickenquellung ist auffällig, dass die Platten aus Spänen des Herstellers A im Vergleich zu Platten aus Spänen des Herstellers B langsamer Quellen (TS 2h von Plattentyp 1 signifikant geringer als von Plattentyp 2, TS 24h auf gleichem Niveau) und Platten aus Spänen von Hersteller C nach 24 h eine signifikant geringere Dickenquellung als Platten aus Spänen der Hersteller A und B aufweisen.

3.3.2 Variation des Mittelschichtspans

Die Ergebnisse der Bestimmung der Eigenschaften von Prüfspanplatten mit gleichen Deckschichtspänen (DS A) und Mittelschichtspänen verschiedener Hersteller (A, B, C und D) werden in Tabelle 8 (mechanische Platteneigenschaften) und Tabelle 9 (physikalische Platteneigenschaften) dargestellt.

Tabelle 8: Mechanische Eigenschaften von Prüfspanplatten, die aus Deckschichtspänen des Herstellers A und Mittelschichtspänen verschiedener Hersteller hergestellt wurden.

Plattentyp		1	4	5	6
Deckschichtspan		A	A	A	A
Mittelschichtspan		A	B	C	D
MOE (N/mm ²)	MW	2443	2430	2385	2761
	SD	73	151	211	164
	HG	B	B	B	A
MOR (N/mm ²)	MW	13,6	14,0	13,5	16,3
	SD	0,8	1,0	1,5	1,0
	HG	B	B	B	A
IB (N/mm ²)	MW	0,49	0,53	0,56	0,69
	SD	0,05	0,06	0,04	0,06
	HG	C	BC	B	A
SS (N/mm ²)	MW	1,22	1,28	1,37	1,36
	SD	0,11	0,12	0,13	0,08
	HG	B	B	A	A
SW (N)	MW	1074	1094	1139	1249
	SD	107	102	171	121
	HG	B	B	B	A

Die Biegeeigenschaften (MOE und MOR) der Prüfspanplatten mit Spänen des Herstellers D in der Mittelschicht wurden als signifikant höher als die der Prüfspanplatten gefunden, die mit Mittelschichtspänen der Hersteller A, B und C (nicht signifikant voneinander verschieden) hergestellt wurden.

Auch die Querkzugfestigkeit der Platten mit Spänen des Herstellers D in der Mittelschicht liegt signifikant über der von Platten mit Spänen der Hersteller A, B und C in der Mittelschicht. Die Querkzugfestigkeiten der Platten mit Spänen der Hersteller A, B und C in der Mittelschicht unterscheiden sich vergleichsweise wenig, wobei die Querkzugfestigkeit von Platten mit Spänen des Herstellers A in der Mittelschicht am niedrigsten bestimmt wurde und 0,2 N/mm² unter der von Platten mit Spänen des Herstellers D in der Mittelschicht liegt.

Die Abhebefestigkeit wurde für die Platten mit Spänen der Hersteller C und D in der Mittelschicht als signifikant höher gefunden, als die Abhebefestigkeit von Platten mit den Spänen der Hersteller A und B in der Mittelschicht gefunden.

Im Fall des Schraubenauszieh Widerstandes liegt allein der Messwert der Platten, die mit Spänen des Herstellers D in der Mittelschicht hergestellt wurden, über denen, die mit Spänen des Herstellers A, B und C in der Mittelschicht hergestellt wurden.

Tabelle 9: Physikalische Eigenschaften von Prüfspanplatten, die aus Deckschichtspänen des Herstellers A und Mittelschichtspänen verschiedener Hersteller hergestellt wurden.

Plattentyp		1	4	5	6
Deckschichtspan		A	A	A	A
Mittelschichtspan		A	B	C	D
TS 2h (%)	MW	11,8	11,2	9,0	12,6
	SD	0,8	0,7	0,7	0,8
	HG	B	B	C	A
TS 24h (%)	MW	17,5	17,4	15,4	18,1
	SD	1,1	0,8	0,9	1,2
	HG	A	A	B	A
WA 2h (%)	MW	64,8	64,5	51,9	65,7
	SD	4,0	5,0	2,0	4,3
	HG	A	A	B	A
WA 24h (%)	MW	79,5	78,2	67,5	78,5
	SD	3,5	4,3	2,0	4,2
	HG	A	A	B	A
$\delta t_{65,85}$ (%)	MW	5,2	4,8	4,1	5,3
	SD	0,3	0,2	0,3	0,1
	HG	A	B	C	A
$\delta l_{65,85}$ (%)	MW	0,3	0,2	0,3	0,3
	SD	0,1	0,1	0,0	0,0
	HG	A	A	A	A
$\delta m_{65,85}$ (%)	MW	5,7	5,4	5,3	5,5
	SD	0,1	0,1	0,1	0,2
	HG	A	BC	C	B

Die Unterschiede zwischen den physikalischen Eigenschaften der Platten mit Spänen verschiedener Hersteller in der Mittelschicht - insbesondere für Maß- und Massenänderungen in Verbindung mit Änderungen der relativen Luftfeuchte - waren deutlich weniger ausgeprägt.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse der Bestimmung der Dickenquellung ist auffällig, dass die Platten mit Spänen des Herstellers D im Vergleich zu Platten aus Spänen des Herstellers A und B

schneller Quellen (TS 2h von Plattentyp 6 signifikant höher als von Plattentyp 1 und 4, TS 24h auf gleichem Niveau). Weiter zeigen Platten mit Spänen von Hersteller C in der Mittelschicht sowohl nach 2 h als auch nach 24 h eine signifikant geringere Dickenquellung als Platten mit Spänen der Hersteller A und B in der Mittelschicht. Dies gilt ebenfalls für die Wasseraufnahme nach 2 und 24 h.

3.3.3 Variation des Deckschichtspans

Die Ergebnisse der Bestimmung der Eigenschaften von Prüfspanplatten mit gleichen Mittelschichtspänen (I: MS B, II: MS C) und Deckschichtspänen verschiedener Hersteller (I: DS A und DS B, II: DS C und DS A) werden in Tabelle 10 (mechanische Platteneigenschaften) und Tabelle 11 (physikalische Platteneigenschaften) dargestellt. Bei der in Gruppe I kombinierten Platten (Plattentyp 2 und 4) lässt sich, ausgehend von den Eigenschaften der Platten aus Deck- und Mittelschichtspänen des Herstellers B, der Einfluss der alternativen Verwendung des Deckschichtspans A auf die Platteneigenschaften untersuchen. Bei der in Gruppe II kombinierten Platten (Plattentyp 3 und 5) lässt sich, ausgehend von den Eigenschaften der Platten aus Deck- und Mittelschichtspänen des Herstellers C, der Einfluss der alternativen Verwendung des Deckschichtspans A auf die Platteneigenschaften untersuchen.

Im Fall von Gruppe I ist zu beobachten, dass der alternative Einsatz des Deckschichtspans A zu einer leichten, aber dennoch signifikanten Reduktion der Biegeeigenschaften führt. Die Querkzugfestigkeit und Abhebefestigkeit werden nicht signifikant beeinflusst. Der Schraubenausziehstand der Platten, die unter Einsatz des Deckschichtspans DS A hergestellt wurden, waren signifikant niedriger, als der Schraubenausziehstand der Platten, die unter Einsatz des Deckschichtspans DS B hergestellt wurden. Die Unterschiede zwischen den physikalischen Eigenschaften der in Gruppe I kombinierten Plattentypen sind gering, dennoch aber häufig signifikant. Auffällig ist hier, dass die alternative Verwendung des Deckschichtspans A niedrigere Dickenquellungs- und Wasseraufnahmewerte nach 2 h zeigt.

Tabelle 10: Mechanische Eigenschaften von Prüfspanplatten, die aus Mittelschichtspänen des Herstellers B bzw. C und Deckschichtspänen des gleichen Herstellers sowie des Herstellers A hergestellt wurden.

Gruppe		I		II	
Plattentyp		2	4	3	5
Deckschichtspan		B	A	C	A
Mittelschichtspan		B	B	C	C
MOE (N/mm ²)	MW	2577	2430	1949	2385
	SD	158	151	147	211
	HG	A	B	B	A
MOR (N/mm ²)	MW	15,5	14,0	9,7	13,5
	SD	1,1	1,0	1,0	1,5
	HG	A	B	B	A
IB (N/mm ²)	MW	0,54	0,53	0,48	0,56
	SD	0,05	0,06	0,06	0,04
	HG	A	A	B	A
SS (N/mm ²)	MW	1,30	1,28	1,10	1,37
	SD	0,10	0,12	0,10	0,13
	HG	A	A	B	A
SW (N)	MW	1159	1094	934	1139
	SD	113	102	146	171
	HG	A	B	B	A

Tabelle 11: Physikalische Eigenschaften von Prüfspanplatten, die aus Mittelschichtspänen des Herstellers B bzw. C und Deckschichtspänen des gleichen Herstellers sowie des Herstellers A hergestellt wurden.

Gruppe		I		II	
Plattentyp		2	4	3	5
Deckschichtspan		B	A	C	A
Mittelschichtspan		B	B	C	C
TS 2h (%)	MW	13,2	11,2	12,5	9,0
	SD	0,8	0,7	0,7	0,7
	HG	A	B	A	B
TS 24h (%)	MW	18,4	17,4	15,7	15,4
	SD	1,1	0,8	1,1	0,9
	HG	A	B	A	A
WA 2h (%)	MW	68,1	64,5	72,0	51,9
	SD	4,3	5,0	5,4	2,0
	HG	A	B	A	B
WA 24h (%)	MW	79,9	78,2	81,2	67,5
	SD	3,4	4,3	3,6	2,0
	HG	A	A	A	B
$\delta t_{65,85}$ (%)	MW	5,2	4,8	4,2	4,1
	SD	0,3	0,2	0,3	0,3
	HG	A	B	A	A
$\delta l_{65,85}$ (%)	MW	0,3	0,2	0,3	0,3
	SD	0,0	0,1	0,1	0,0
	HG	A	B	A	A
$\delta m_{65,85}$ (%)	MW	5,5	5,4	5,4	5,3
	SD	0,1	0,1	0,2	0,1
	HG	A	B	A	A

Im Fall von Gruppe II ist zu beobachten, dass der Einsatz des Deckschichtspans A zu einer deutlich signifikanten Erhöhung der mechanischen Platteneigenschaften führt. Die Unterschiede zwischen den physikalischen Eigenschaften der in Gruppe II kombinierten Plattentypen fallen - wie auch schon bei den mechanischen Eigenschaften - im Vergleich zu denen in Gruppe I wesentlich deutlicher aus. Die alternative Verwendung des Deckschichtspans A führt mit Ausnahme von TS 24h zu deutlich niedrigeren Dickenquellungs- und Wasseraufnahmewerten. Signifikante Unterschiede bei Maß- und Massenänderungen in Verbindung mit Änderungen der relativen Luftfeuchte wurden nicht gefunden.

4 Diskussion

4.1 Partikelcharakteristika

Die untersuchten Deck- und Mittelschichtspäne der Hersteller A, B und C unterscheiden sich sowohl ihres haptischen und visuellen Eindruckes (Grob- bzw. Feinheit, Staubanteil, Altholzanteil) als auch ihrer quantifizierbaren Eigenschaften (Partikelgrößenzusammensetzung und Schüttdichte) nach voneinander und erscheinen daher für die Untersuchung des Einflusses der Partikelqualität auf die Platteneigenschaften als geeignet. Die quantifizierbaren Eigenschaften des nicht nach konventioneller Spanplattentechnologie (Zerspanung von Hackschnitzeln mit Messerringzerspanner oder Hammermühle) hergestellten Mittelschichtspans MS D (Nebenprodukt des Rundholzeinschnitts auf einer Zerspanerlinie) bestätigen die auf Basis der haptischen und visuellen Begutachtung getroffenen Annahme, dass dieser Span zielführend als Mittelschichtmaterial in die Untersuchung einbezogen werden kann. Die Partikelgrößenzusammensetzung ähnelt der, die für die Mittelschichtspäne konventioneller Herstellung gefunden wurde. Lediglich Farbe (heller) und Geruch (sauerlich-frisch) des Mittelschichtspans MS D unterscheiden sich von den Mittelschichtspänen MS A, MS B und MS C, was aber auf dessen Herstellungs- und Trocknungsgeschichte zurückzuführen ist.

Mit Ausnahme der eingesetzten Partikel wurden alle platteneigenschaftsbestimmenden Parameter bei der Prüfplattenherstellung konstant gehalten, sodass auf Basis der Versuchsergebnisse der Einfluss der Spanqualität auf die Platteneigenschaften untersucht werden kann. Da nicht allein die physikalischen Späneigenschaften (z.B. Partikelgröße), sondern indirekt auch die chemischen Eigenschaften der Späne - über ein ggf. verändertes Aushärtungsverhalten des Klebharzes - die Platteneigenschaften bestimmen, wurden pH-Wert und Pufferkapazität der Späne bestimmt. Für die Späne konventioneller Herstellung wurden ähnliche pH-Werte und Pufferkapazitäten gefunden, während für den Mittelschichtspan MS D ein um ca. 1 höherer pH-Wert, aber gleichzeitig auch eine wesentlich geringere Pufferkapazität gemessen wurde. Die Einbeziehung der chemischen Späneigenschaften bei der Suche nach Ursachen für Unterschiede zwischen den Eigenschaften der Prüfplatten ist jedoch schwierig, da sich zwar die Reaktivität des Klebharzes aufgrund der unterschiedlichen pH-Werte zwischen den konventionell erzeugten Spänen und dem Mittelschichtspan MS D unterscheiden könnten, die unterschiedlich ausgeprägten Pufferkapazitäten potenziell aber derartige Effekte auch ausgleichen könnten.

Die Schüttdichte ist bei konstanter Spanfeuchte ein Maß für die Rohdichte bzw. Geometrie der Späne. Bei gleicher Rohdichte des zerspanten Holzes ist die Schüttdichte ein Maß für die Partikelgeometrie. Kleine kompakte Späne weisen eine hohe Schüttdichte auf, während Spangeometrien, die zu vielen Hohlräumen zwischen den Partikeln führen, geringe Schüttdichten zur Folge haben. Ist hingegen die Partikelgeometrie ähnlich, so hängt die Schüttdichte von der Rohdichte

des zerspannten Holzes ab. Da sich die Partikelgrößenzusammensetzungen des Mittelschichtspans MS A und MS D stark ähneln, ist zu vermuten, dass das deutlich geringere Schüttgewicht im Fall des Mittelschichtspans MS D im Vergleich zum Schüttgewicht des Mittelschichtspans MS A kein Effekt der Geometrie, sondern vielmehr ein Effekt der Rohdichte der zur Spanerzeugung eingesetzten Holzart ist (Fichte oder Tanne anstelle eines Gemisches aus Kiefer und verschiedenen Harthölzern). Im Fall der übrigen Späne liefert die Schüttdichte einen Kennwert für die Partikelgeometrie, da hier die Rohstoffbasis der Hersteller als weitestgehend vergleichbar eingeschätzt werden kann. Die Deckschichtspäne des Herstellers A wurden als am voluminösesten, die Deckschichtspäne des Herstellers C als am kompaktesten gefunden. Die Mittelschichtspäne der Hersteller A und B sind aufgrund der Ergebnisse der Schüttdichtebestimmung in ihrer Partikelgeometrie als ähnlich einzuschätzen. Der Mittelschichtspäne der Hersteller C ist der kompakteste der untersuchten Späne.

Die Siebanalyse liefert ein differenziertes Bild der Partikelgrößenzusammensetzung. Neben der grafischen Darstellung der Partikelgrößenverteilung, die einen beschreibenden Vergleich der eingesetzten Späne zulässt, kann die Partikelgrößenverteilung auch über Kennwerte, die aus dem Datensatz der Siebanalyse abgeleitet sind, numerisch erfasst werden. Während über den beschreibenden Vergleich der Partikelgrößenverteilung detaillierte Unterschiede zwischen den eingesetzten Partikeln herausgearbeitet werden können, sind diese Informationen jedoch nur schwer für die Untersuchung möglicher Zusammenhänge zwischen Partikel- und Platteneigenschaft (Korrelation) heranzuziehen. Hierfür wird eine Kennzahl benötigt, die in direkte Beziehung zu jeweils einer der erfassten Platteneigenschaften gestellt werden kann. Wie im Rahmen der Ergebnispräsentation schon zu erkennen ist, lassen sich die Unterschiede zwischen den eingesetzten Partikeln allein über einen Kennwert nur schwer abbilden. Kennwerte, wie die mittlere Partikelgröße (x_{50}) oder der Modalwert, reduzieren die verfügbare Information stark und blenden so Unterschiede in den Fein- und Grobanteilen aus. Diese Unterschiede scheinen jedoch bei der gewählten Herangehensweise (Verwendung von Spänen unterschiedlicher Hersteller, anstelle des Einsatzes von gezielt in ihrer Partikelgröße variierenden Modellspänen) jedoch von Bedeutung zu sein. Dies wird insbesondere am Beispiel der Deckschichtspäne DS A und DS B deutlich. Diese unterscheiden sich praktisch nicht in ihren x_{50} -Werten, wohl jedoch anhand der grafischen Darstellung der Partikelgrößenzusammensetzung. Hier fällt auf, dass Deckschichtspan DS B einen deutlich größeren Feinanteil als Deckschichtspan DS A aufweist. Am Beispiel der Mittelschichtspäne MS A und MS C wird deutlich, dass der x_{50} -Wert keine Aussage über die Breite der Partikelgrößenverteilung zulässt. Die x_{50} -Werte sind sich hier sehr ähnlich, während sich die Partikel stark in ihrem Fein- und Grobanteil unterscheiden. Um eine minimale Vorstellung von der Partikelgrößenverteilung über die bloße Betrachtung von Kennwerten zu bekommen, ist die Einbeziehung der z.B. 10- und 90 %-Quartile notwendig, wobei dies für Schwierigkeiten bei der Untersuchung möglicher Zusammenhänge zwischen Partikel- und Platteneigenschaft (Korrelation) sorgt. Gegebenenfalls könnte hier eine Verhältniszahl oder die Steigung einer Gerade oder Tangente helfen, die über die Quartile berechnet wurde.

Für die Diskussion, ob Zusammenhänge zwischen der Spanqualität und den resultierenden Platteneigenschaften besteht, ist zusammenfassend festzuhalten, dass der Deckschichtspan DS C der feinste der untersuchten Späne ist, der Deckschichtspan DS B die größte Partikelgrößenverteilung (viel Fein- und viel Grobanteil) zeigt und der Deckschichtspan DS A stramm um eine mittlere Deckschicht-Partikelgröße verteilt ist. Im Fall der Mittelschichtspäne ist der Mittelschichtspan MS B als feiner als der Mittelschichtspan MS A zu bewerten. Der Mittelschichtspan MS C hat die größte Partikelgrößenverteilung und damit über alle betrachteten Partikel den größten Fein- aber auch Grobanteil. Der Mittelschichtspan MS D ist aufgrund der Siebanalyse als etwas gröber als der Mittelschichtspan MS A einzuschätzen, kann aber nur schwer in die Untersuchung möglicher Zusammenhänge zwischen Partikelgröße und Platteneigenschaften einbezogen werden, da der zur Spanherstellung eingesetzte Rohstoff sich von dem der anderen Spanherstellung unterscheidet.

4.2 Zusammenhang von Spanqualität und Platteneigenschaften

Die geringsten Biegeeigenschaften wurden für Platten gefunden, für deren Herstellung der Deckschichtspan DS C (höchster Feinanteil und größten Schüttdichte) eingesetzt wurde (Tabelle 6 und Tabelle 10). Gleichsam wurden für diese Platten die am wenigsten ausgeprägten Rohdichteprofile (geringste Differenz zwischen Deck- und Mittelschichtdichte; Tabelle 5) bestimmt. Ebenfalls gering ausgeprägte Rohdichteprofile wurden für Platten bestimmt, die mit dem Mittelschichtspan MS C (breiteste Partikelgrößenverteilung und größte Schüttdichte) hergestellt wurden. Ein signifikanter Einfluss des Mittelschichtspans auf die Biegeeigenschaften konnte jedoch nur für den Mittelschichtspan MS D (höchste Biegeeigenschaften) gefunden werden (Tabelle 8). Wie aus Tabelle 10 (Gruppe II) abgelesen werden kann, ist - bei gleicher Rohstoffbasis, daher ist MS D nicht mit zu betrachten - die Qualität des Deckschichtspans für die erzielbaren Biegeeigenschaften ausschlaggebend. Der alternative Einsatz des gröberen Deckschichtspans DS A anstelle des feineren Deckschichtspans DS C führt zu einer deutlichen Erhöhung der Biegeeigenschaften. Hingegen führt die Variation des Deckschichtspans DS B (breite Partikelgrößenverteilung mit großen Fein- aber auch Grobanteilen) durch den Deckschichtspan DS A (Gruppe I) nicht zu einer Veränderung der Biegeeigenschaften, da hier durch den Spanwechsel allein der Feinanteil verringert und keine deutliche Veränderung des Grobanteils vorgenommen wurde. Weniger bedeutend als die Deckschichtverdichtung, scheint anhand dieses Beispiels die Spangröße für die Ausbildung der Biegeeigenschaften wichtig zu sein. Werden jedoch durch die Verwendung eines Spans mit besonders geringer Schüttdichte (hier aufgrund geringen Rohdichte des Ausgangsmaterials für die Spanherstellung; Mittelschichtspan MS D) ein ausgeprägteres Rohdichteprofil erzeugt (vermutlich aufgrund des größeren Verdichtungswiderstandes des Mittelschichtspans MS D), so werden auch signifikant höhere Biegeeigenschaften erzielt.

Die Querkzugfestigkeit wird als Maß für die Verleimungsqualität verstanden. Da die Festigkeiten von Spanplatte stark mit der Rohdichte in Zusammenhang stehen, erfolgt der Bruch bei der Prüfung der Querkzugfestigkeit stets in der weniger verdichteten Mittellage. Entsprechend wäre da-

von auszugehen, dass die Mittelschichtspanqualität einen Einfluss auf die Querkzugfestigkeit hat. Weder im Rahmen der Variation von Deck- und Mittelschichtspan (Kapitel 3.3.1) noch im Rahmen der Variation des Mittelschichtspans (Kapitel 3.3.2) lassen sich jedoch plausible Zusammenhänge zwischen den Partikelcharakteristika und der Querkzugfestigkeit erkennen. Möglicherweise liefert hier die Siebanalyse nicht die geeigneten Kenngrößen, anhand derer die Unterschiede in den Querkzugfestigkeiten erklärt werden können. Die signifikant höheren Querkzugfestigkeiten bei Verwendung von Mittelschichtspan MS D lassen sich - wie im Fall der Biegeeigenschaften - auf die geringere Rohdichte des Ausgangsmaterials für die Spanherstellung herleiten. Hier führt die stärkere Verdichtung der Späne beim Verdichten (größeres Verdichtungsverhältnis; Tabelle 4) zu mehr bzw. größeren Kontaktflächen zwischen den Spänen und somit zu einer höheren Querkzugfestigkeit. Ein ähnlicher Effekt ließe sich im Fall des signifikanten Anstiegs der Querkzugfestigkeit bei der alternativen Verwendung des Deckschichtspans DS A anstelle des Deckschichtspans DS C in Kapitel 3.3.3 (Tabelle 10, Gruppe II) vermuten, jedoch lässt sich dies nicht über einen starken Anstieg des Verdichtungsverhältnisses erklären.

Im Fall der physikalischen Platteneigenschaften ist auffällig, dass die Dickenquellung stets für die Platten am geringsten ausfallen, die unter Einsatz des Mittelschichtspans MS C hergestellt wurden. Als Grund hierfür ist weniger die Partikelgeometrie, sondern vielmehr der größere Anteil an Altholz für die Spanherstellung zu vermuten.

5 Fazit und Ausblick

Anhand der untersuchten Eigenschaften konnte gezeigt werden, dass sich die Späne der verschiedenen Hersteller insbesondere in ihrer Partikelgrößenverteilung sowie Schüttdichte voneinander unterscheiden. Gleichwohl unterschieden sich die Eigenschaften der aus diesen Spänen hergestellten Spanplatten häufig signifikant voneinander. Da die Herstellung der Spanplatten unter gleichen Rahmenbedingungen durchgeführt wurde (Leim, Pressprogramm), konnte anhand der Ergebnisse der Einfluss der Partikelqualität auf die Platteneigenschaften untersucht werden.

Aus den gewonnenen Daten konnte geschlussfolgert werden, dass ein Zusammenhang zwischen der Partikelgrößenverteilung des Deckschichtspans und den Biegeeigenschaften besteht. Mit dem Vorhandensein größerer Partikel in der Deckschicht wurden höherer Biegeeigenschaften gemessen. Es ist folglich nicht die Ausprägtheit des Rohdichteprofiles (Dichtedifferenz zwischen Deck- und Mittelschicht) allein für die erzielbaren Biegeeigenschaften verantwortlich, sondern maßgeblich auch die Partikelgröße. Größere Späne scheinen besser in der Lage zu sein, resultierende Druck- und Zugspannungen in der Deckschicht aufzunehmen. Die Querkzugfestigkeit wurde weniger von der Partikelgröße in der Mittelschicht, als vielmehr mit der Dichte des zur Spanherstellung verwendeten Holzes in Verbindung gebracht. Die Messergebnisse zeigen jedoch auch, dass nicht allein die Schüttdichte und somit das Verdichtungsverhältnis zu einer Steigerung der Verleimungsgüte der Mittelschichtpartikel von Bedeutung sind. Die Dickenquellung scheint weniger mit der Partikelgröße, als vielmehr mit dem zur Spanherstellung eingesetzten Altholzanteils in Verbindung zu stehen.

Bezüglich der Untersuchung des Einflusses der Spanqualität auf die Platteneigenschaften ist zu schlussfolgern, dass nicht die Verwendung von Spänen verschiedener Hersteller sondern der Einsatz von Spänen definierter Abmessungen sinnvoll wäre. Späne definierter Abmessungen (z.B. Variation der Länge) müssten jedoch gezielt hergestellt werden, da bei der Fraktionierung eines Ausgangsspangemisches mit Sieben verschiedene Kriterien für die Auftrennung in Fraktionen zum Tragen kommt. Es ließe sich entsprechend nicht der Einfluss der Spanlänge oder -breite auf die Platteneigenschaften untersuchen, sondern lediglich feststellen, welche Platteneigenschaften mit Spänen verschiedener Siebfraktionen erzielt werden können.

Für die Untersuchung des Einflusses der Spanqualität auf die Platteneigenschaften erscheint es weiter schwierig zu sein, aus dem Ergebnis der Siebanalyse (Partikelgrößenverteilung) einen geeigneten Kennwert für die Korrelationsanalyse abzuleiten.

Literaturverzeichnis

- DEPPE HJ (2003) Spänesichter, in: Holzlexikon, Band 2 S-Z. DRW-Verlag Weinbrenner GmbH & Co. Leinfelden-Echterdingen. ISBN: 3-87181-355-9
- DUNKY M, NIEMZ P (2002) Holzwerkstoffe und Leime - Technologie und Einflussfaktoren. Springer
- NIEMZ P (1993) Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe. Holz - Anatomie, Chemie, Physik, Nr. 3. Leinfelden-Echterdingen: DRW-Verlag Weinbrenner, 243 Seiten, ISBN 3- 87181-324-9
- DÖRY (2012) European panel markets and challenges for the industry. 8th European wood-based panels symposium 10-12 October 2012 Hannover, Deutschland

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Fotografische Abbildung der verwendete Deck- und Mittelschichtspäne.	4
Abbildung 2: Pressdiagramm	8
Abbildung 3: Histogramm, $q_3(x)$, der Verteilungsdichte und Verteilungssumme, Q_3 , der Partikelgrößenverteilungsanalyse der Deckschichtspäne mittels Siebanalyse.	13
Abbildung 4: Histogramm, $q_3(x)$, der Verteilungsdichte und Verteilungssumme, Q_3 , der Partikelgrößenverteilungsanalyse der Mittelschichtspäne mittels Siebanalyse.	15
Abbildung 5: Rohdichteprofile der hergestellten Prüfspanplatten (grau) sowie gemitteltes Rohdichteprofil (schwarz) für jeden Plattentyp.	18

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kombination von Deck- und Mittelschichtspan der hergestellten Plattentypen (1 ...6)	12
Tabelle 2: Kennwerte aus den Daten der Siebanalyse	14
Tabelle 3: Schüttdichte und Ausgleichsfeuchte von Deck- und Mittelschichtspan bei 20 °C und 65 % relativer Luftfeuchtigkeit, sowie pH-Wert und Pufferkapazität der verwenden Späne.	16
Tabelle 4: Verdichtungsverhältnisse der hergestellten Prüfplatten	17
Tabelle 5: Dichtedifferenzen zwischen Deck- und Mittelschichtdichte	19
Tabelle 6: Mechanische Eigenschaften von Prüfspanplatten, die aus Deck- und Mittelschichtspänen verschiedener Hersteller hergestellt wurden.....	20
Tabelle 7: Physikalische Eigenschaften von Prüfspanplatten, die aus Deck- und Mittelschichtspänen verschiedener Hersteller hergestellt wurden.....	21
Tabelle 8: Mechanische Eigenschaften von Prüfspanplatten, die aus Deckschichtspänen des Herstellers A und Mittelschichtspänen verschiedener Hersteller hergestellt wurden.	22
Tabelle 9: Physikalische Eigenschaften von Prüfspanplatten, die aus Deckschichtspänen des Herstellers A und Mittelschichtspänen verschiedener Hersteller hergestellt wurden.	23
Tabelle 10: Mechanische Eigenschaften von Prüfspanplatten, die aus Mittelschichtspänen des Herstellers B bzw. C und Deckschichtspänen des gleichen Herstellers sowie des Herstellers A hergestellt wurden.....	25
Tabelle 11: Physikalische Eigenschaften von Prüfspanplatten, die aus Mittelschichtspänen des Herstellers B bzw. C und Deckschichtspänen des gleichen Herstellers sowie des Herstellers A hergestellt wurden.....	26
Tabelle 12: Ergebnisse der Siebanalyse des Deckschichtspans DS A.	35
Tabelle 13: Ergebnisse der Siebanalyse des Deckschichtspans DS B.	35
Tabelle 14: Ergebnisse der Siebanalyse des Deckschichtspans DS C.	36
Tabelle 15: Ergebnisse der Siebanalyse des Deckschichtspans MS A.	36
Tabelle 16: Ergebnisse der Siebanalyse des Deckschichtspans MS B.	37
Tabelle 17: Ergebnisse der Siebanalyse des Deckschichtspans MS C.	37
Tabelle 18: Ergebnisse der Siebanalyse des Deckschichtspans MS D.	38
Tabelle 19: Aus dem Datensatz der Rohdichteprofilbestimmung abgeleitete Kenngrößen.....	38

Anhang

Tabelle 12: Ergebnisse der Siebanalyse des Deckschichtspans DS A.

Siebboden	Maschenweite (mm)	Klassenobergrenze (mm)	Q ₃ (%)	q ₃ (1/mm)
1	0	0,2	0,5	2,3
2	0,2	0,315	6,0	48,3
3	0,315	0,5	29,1	124,7
4	0,5	0,63	46,8	136,6
5	0,63	0,8	63,7	99,5
6	0,8	1	82,6	94,2
7	1	2	100	17,4
8	2	3,15	100	0
9	3,15	-	-	-

Tabelle 13: Ergebnisse der Siebanalyse des Deckschichtspans DS B.

Siebboden	Maschenweite (mm)	Klassenobergrenze (mm)	Q ₃ (%)	q ₃ (1/mm)
1	0	0,2	3,2	16,0
2	0,2	0,315	22,2	165,2
3	0,315	0,5	37,0	79,9
4	0,5	0,63	48,4	87,7
5	0,63	0,8	60,3	70,1
6	0,8	1	74,7	72,2
7	1	2	99,4	24,7
8	2	3,15	100	0,5
9	3,15	-	-	-

Tabelle 14: Ergebnisse der Siebanalyse des Deckschichtspans DS C.

Siebboden	Maschenweite (mm)	Klassenobergrenze (mm)	Q ₃ (%)	q ₃ (1/mm)
1	0	0,2	1,1	5,3
2	0,2	0,315	13,1	104,3
3	0,315	0,5	42,9	161,1
4	0,5	0,63	65,3	173,0
5	0,63	0,8	80,6	89,7
6	0,8	1	94,4	68,8
7	1	2	100	5,6
8	2	3,15	100	0
9	3,15	-	-	-

Tabelle 15: Ergebnisse der Siebanalyse des Deckschichtspans MS A.

Siebboden	Maschenweite (mm)	Klassenobergrenze (mm)	Q ₃ (%)	q ₃ (1/mm)
1	0	0,8	2,7	3,4
2	0,8	1	6,0	16,3
3	1	1,6	25,6	32,8
4	1,6	2	40,1	36,3
5	2	3,15	69,0	25,1
6	3,15	4	81,9	15,1
7	4	5	90,0	8,1
8	5	8	98,7	2,9
9	8	11,2	99,4	0,2
10	11,2	16	100	0,1
11	16	-	-	-

Tabelle 16: Ergebnisse der Siebanalyse des Deckschichtspans MS B.

Siebboden	Maschenweite (mm)	Klassenobergrenze (mm)	Q ₃ (%)	q ₃ (1/mm)
1	0	0,8	2,6	3,2
2	0,8	1	5,7	15,4
3	1	1,6	29,5	39,7
4	1,6	2	47,6	45,3
5	2	3,15	80,4	28,5
6	3,15	4	90,9	12,3
7	4	5	96,3	5,4
8	5	8	99,9	1,2
9	8	11,2	100	0
10	11,2	16	100	0
11	16	-	-	-

Tabelle 17: Ergebnisse der Siebanalyse des Deckschichtspans MS C.

Siebboden	Maschenweite (mm)	Klassenobergrenze (mm)	Q ₃ (%)	q ₃ (1/mm)
1	0	0,8	9,5	11,8
2	0,8	1	13,6	20,4
3	1	1,6	29,4	26,4
4	1,6	2	39,7	25,7
5	2	3,15	65	22,1
6	3,15	4	76,2	13,1
7	4	5	84,5	8,4
8	5	8	94,0	3,2
9	8	11,2	96,6	0,8
10	11,2	16	100	0,7
11	16	-	-	-

Tabelle 18: Ergebnisse der Siebanalyse des Deckschichtspans MS D.

Siebboden	Maschenweite (mm)	Klassenobergrenze (mm)	Q ₃ (%)	q ₃ (1/mm)
1	0	0,8	2,0	2,5
2	0,8	1	3,5	7,6
3	1	1,6	16,2	21,2
4	1,6	2	31,5	38,2
5	2	3,15	65,9	29,9
6	3,15	4	80,5	17,1
7	4	5	90,5	10,0
8	5	8	98,9	2,8
9	8	11,2	99,7	0,3
10	11,2	16	100	0,1
11	16	-	-	-

Tabelle 19: Aus dem Datensatz der Rohdichteprofilbestimmung abgeleitete Kenngrößen

	Plattentyp					
	1	2	3	4	5	6
Deckschichtdichte (kg/m ³) (DS _{max})	1024	1021	914	996	939	1059
Deckschichtdichte (kg/m ³) (DS _{MW})	910	915	801	876	813	970
Mittelschichtdichte (kg/m ³) (MS _{min})	518	513	562	512	537	530
Mittelschichtdichte (kg/m ³) (MS _{MW})	595	581	610	569	601	604
Deckschichtdicke (mm)	2,1	2,0	2,3	2,1	2,3	2,0
Mittelschichtdicke (mm)	11,8	11,9	11,4	11,9	11,5	12,0

Bibliografische Information:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikationen in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter www.dnb.de abrufbar.

Bibliographic information:
The Deutsche Nationalbibliothek (German National Library) lists this publication in the German National Bibliographie; detailed bibliographic data is available on the Internet at www.dnb.de

Bereits in dieser Reihe erschienene Bände finden Sie im Internet unter www.thuenen.de

Volumes already published in this series are available on the Internet at www.thuenen.de

Zitationsvorschlag – Suggested source citation:
Benthien JT, Ohlmeyer M (2016) Zusammenhang von Spanqualität und Platteneigenschaften - Eine Untersuchung von Spänen verschiedener Hersteller. Hamburg: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 38 p, Thünen Working Paper 52, DOI:10.3220/WP1454667598000

Die Verantwortung für die Inhalte liegt bei den jeweiligen Verfassern bzw. Verfasserinnen.

The respective authors are responsible for the content of their publications.



Thünen Working Paper 52

Herausgeber/Redaktionsanschrift – *Editor/address*
Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Germany

thuenen-working-paper@thuenen.de
www.thuenen.de

DOI:10.3220/WP1454667598000
urn:nbn:de:gbv:253-201602-dn056283-7