

Untersuchungen zur Herstellung dünner strukturierter Späne aus Holz durch Fräsen mit kleinen Einstellwinkeln

Gegenwärtig ist auf vielen Wissensgebieten eine intensive Forschungstätigkeit mit den Zielen der Schaffung umweltfreundlicher Produktionstechnologien und Herstellung entsprechender Erzeugnisse im Gang, wie beispielsweise zur Einsparung von Primärenergie im Produktionsprozeß, Verminderung der CO₂-Emission, Herstellung umweltgerechter Baustoffe, verstärkten Verwendung unbedenklicher natürlicher Isolationswerkstoffe, Herstellung umweltfreundlich entsorgbarer bzw. kompostierbarer Verpackungswerkstoffe aus natürlichen Rohstoffen und Substitution von schwer entsorgbaren Kunststoffen durch Naturprodukte sowie Müllvermeidung. Einige der sich mit dieser Problematik befassenden Forscher schlagen als eine Möglichkeit den Einsatz von in Handwerk und Industrie anfallenden Hobelspänen bzw. auch Miskanthus-Gras für Verpackungs- und Dämmwerkstoffe vor [1, 2, 3]. Die dabei bereits realisierten Lösungsansätze weisen schon einen hohen Entwicklungsstand auf. – Von Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Uwe Heisel und Dr.-Ing. habil. Johannes Tröger¹⁾.

¹⁾ Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. U. Heisel ist Direktor des Instituts für Werkzeugmaschinen der Universität Stuttgart mit dem Versuchsfeld für Holzbearbeitungsmaschinen. Dr.-Ing. habil. J. Tröger ist Leiter des Versuchsfeldes.

Abb. 1: Verallgemeinerung der spanenden Holzbearbeitungsverfahren als Fräsvorhaben mit kegelstumpfförmigen Werkzeugen

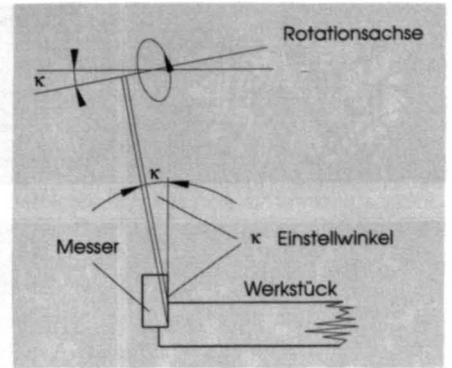
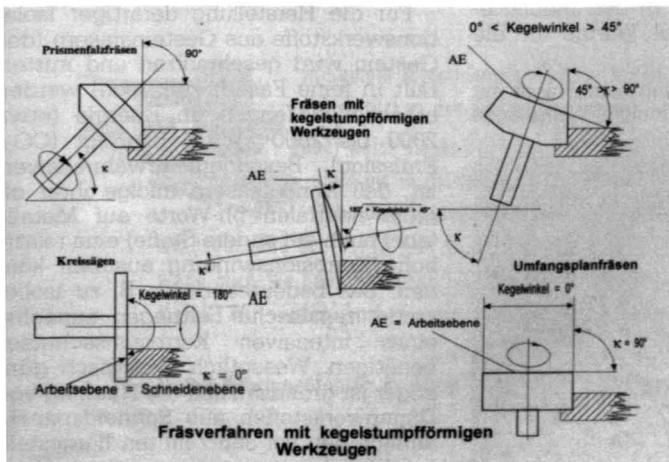


Abb. 2: Eingriffsverhältnisse des Fräswerkzeuges (Prinzipdarstellung)

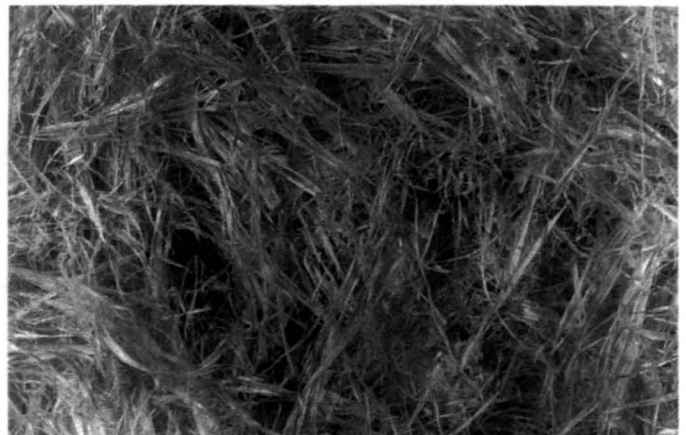
Einleitung

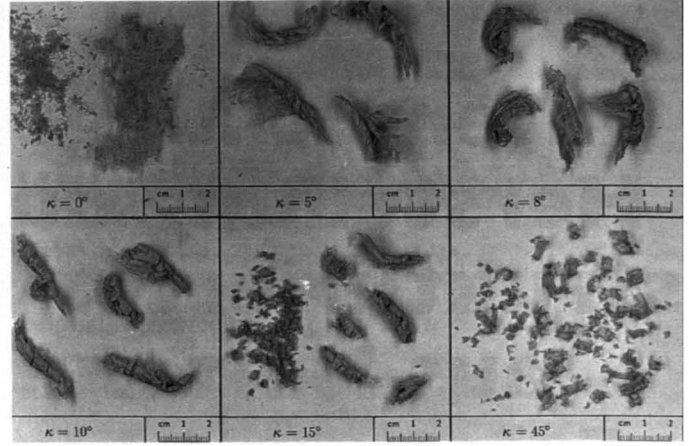
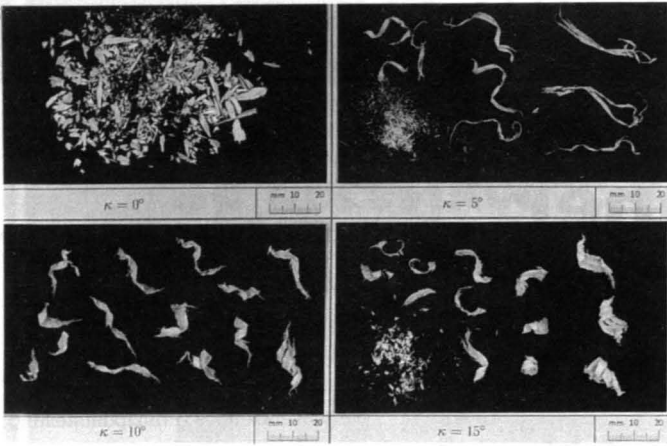
Der größte Teil der holzbe- und -verarbeitenden Betriebe in Deutschland ist handwerklich oder mittelständisch organisiert. Deshalb dürfte einer flächendeckenden praktischen Realisierung dieser umweltfreundlichen Lösungsvorschläge insofern ein Hindernis entgegenstehen, da die sortengerechte Erfassung der Hobelspäne, insbesondere die geforderte Trennung von Sägespänen und Stäuben, logistisch nicht bzw. kaum beherrschbar ist. Daher werden die Lösungsvorschläge zur Nutzung anfallender Hobelspäne nur von einigen wenigen größeren Firmen realisiert werden können, bei denen Holzspäne in einem entsprechenden sortengerechten Umfang entstehen und erfaßt werden können.

Die großtechnische Herstellung von umweltrelevanten Dämm- und Verpackungswerkstoffen erfordert eine ebensolche industrielle Herstellung von Spänen als Ausgangsmaterial. Rohstoffe hierfür stehen im forstlichen Bereich, erinnert sei an den völlig zusammengebrochenen Schwachholzmarkt, ausreichend derzeit und auch künftig zur Verfügung. Schwachholz wird bei einer forstlichen Nutzung der Wälder immer bereitgestellt werden können.

Dünne strukturierte Schneidspäne können auch dort Verwendung finden, wo gegenwärtig noch Holzfasernstoff eingesetzt wird, wie beispielsweise in der Tierhaltung als Einstreumaterial, als

Abb. 3: Darstellung einer Spanform beim Fräsen mit kegelstumpfförmigen Werkzeugen (Holzwatte)





Substitution von Gesteinswolle für die Tomatenaufzucht, als Dach- oder Wandfüllungen oder auch zur Herstellung flexibler Matten.

Holzwerkstoffe für Verpackungszwecke

Gegenwärtig wird der aus Erdölderivaten hergestellte Kunststoff Polystyrol (Styropor) sehr intensiv für Verpackungszwecke genutzt. Jährlich werden etwa 35 000 t dieses Materiales verarbeitet. Bei einem Preis von 3,50 DM/kg werden etwa 122,5 Mio. DM als Verpackungsmaterial dieser Art umgesetzt, wobei etwa nur 25% durch Recycling wieder gewonnen werden. Immerhin wandern noch 75% als Sondermüll auf die Halde. Bei einer Dichte von 20 kg/m³ entspricht dies einem Volumen von 1,3 Mio. m³/a. Mit der Zeit zerfällt Styropor zwar in kleine Partikel, diese bleiben aber erhalten und zerfallen nicht weiter und belasten die Umwelt. Sicherlich wird Styropor besonders bei hochwertigen Industriegütern ein bewährtes Verpackungsmaterial bleiben, jedoch suchen viele Firmen bereits nach Ersatzlösungen, um umweltfreundlichere Verpackungswerkstoffe einsetzen zu können.

Holzwohle als Verpackungsmaterial ist lange im erprobten Einsatz, jedoch werden zu deren Herstellung (Langhobelprozeß) bestimmte Holzsortimente benötigt. Die Späne selbst sind verhältnismäßig dick, das Verhältnis von Füllvolumen zur Holzmasse ist ungünstig. Problematisch ist das Handling. Holzwohle kann nicht wie Chips von selbst in die Verpackungsbehältnisse fallen, sie muß in der Regel in miteinander verzigten Bündeln manipuliert werden. Sehr günstig ist die Entsorgung von Holzwohle. Dies kann über Verbrennen oder Kompostieren erfolgen. Trockene Holzwohle wird bereits mit umweltfreundlicher Polyäthylenfolie umhüllt, wodurch auch längere Transportwege (Übersee) möglich werden. Die Nachteile des forminstabilen Verpackungsmaterials Holzwohle (ungünstiges Füllvolumen zur eingesetzten Holzmasse, Staub- und Splitteranteile, Handling sowie anderweitig besser verwertbare Holzsortimente als Ausgangsmaterial) werden durch eine Entwicklung der Biopack GmbH (Lippstadt) teilweise kompensiert. Geschnittenes

▲ Abb. 4: Spanformen beim Fräsen mit unterschiedlichen Einstellwinkeln (Fichte)

Stroh wird in umweltfreundlicher Papierverpackung als schwingungs- und stoßdämpfende Elemente angeboten, die mit in die Transportverpackung beigegeben werden. Allerdings enthält Stroh sehr viel silikatischen Staub, der bei einer ungewollten Zerstörung des Papierbeutels zu einer Beeinträchtigung des Transportgutes führen kann. Trotzdem besteht aber ein Handlungsbedarf an der Entwicklung umweltfreundlicherer, also biologisch völlig abbaubarer formstabiler Verpackungswerkstoffe mit ähnlichen Dämpfungseigenschaften des Styropors.

Ohne Styropor, das wegen seiner Eigenschaften ein hervorragendes Verpackungsmaterial ist, etwa vollständig ersetzen zu wollen, könnte dieses aus Erdölderivaten bestehende Material, dessen Herstellung in mehreren Verfahrensstufen auf chemischem Wege erfolgt, durch adäquate plattenförmige Werkstoffe oder Formkörper aus dünnen strukturierten Holzspänen zumindest teilweise substituiert werden.

Richter [1] schlägt vor, Formkörper für Verpackungszwecke und Dämmstoffe aus Hobelspänen durch eine Kali-Wasserglasbindung herzustellen, die in sehr kurzer Zeit durch Überströmen mit CO₂ das in Verbrennungsabgasen ausreichend zur Verfügung steht, aushärtet. Das Bindemittel in Form von Pottasche dient Pflanzen als Nährstoff und ist daher für einen Kompostierungsprozeß, aber auch für eine Verbrennung hervorragend geeignet. Bemerkenswert dabei ist, daß nach [1] die in den Industrie-rauchgasen enthaltene Wärme für die

Abb. 6: Ziehender Schnitt beim Fräsen mit kegelstumpfförmigen Werkzeugen

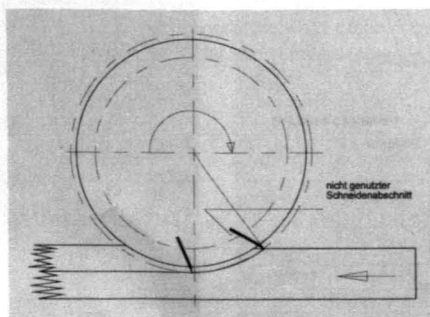


Abb. 5: Spanformen beim Fräsen mit unterschiedlichen Einstellwinkeln (Buche)

Trocknung des Dämmstoffes oder Formkörpers genutzt werden kann.

Ökologische Baustoffe aus Holz

Auch in der Baustoffindustrie werden die Forderungen nach ökologisch unbedenklichen Baustoffen immer dringlicher. So geraten Isolationswerkstoffe aus Gesteins- bzw. Schlackenwohle immer mehr in die Kritik. Asbest hat ähnliche gesundheitsschädliche Auswirkungen. Es ist bekannt, daß infolge der geringen Biegeelastizität der Mineralfasern (hohe Sprödebruchanfälligkeit) bei der Manipulation innerhalb des Fertigungsprozesses und beim Einbau hohe Anteile mineralischer Feinstäube entstehen, welche eine pathologische Wirkung insbesondere auf die Atmungsorgane ausüben können. Häufig werden zur Modifizierung der Gesteinsfasern Schmelzen und andere chemische Aktivator auf die Oberfläche aufgebracht, die gleichfalls Nebenwirkungen im menschlichen Organismus hervorrufen können.

Die Bundesfachgruppe Wärme-, Kälte-, Schall- und Brandschutz (WKSB) hat mit der Bauindustrie, den Gewerkschaften und den Berufsgenossenschaften eine Arbeitsgruppe gebildet, die sich mit dieser Problematik beschäftigen wird. Die lungengängigen faserigen Bestandteile in Dämmstoffen wurden von der WHO und der deutschen Senatskommission als im Verdacht stehend, krebserregend zu wirken, eingestuft [5].

Für die Herstellung derartiger Isolationswerkstoffe aus Gesteinsfasern (das Gestein wird geschmolzen und mittels Luft in feine Fasern zerblasen) werden erhebliche Mengen an Energie (etwa 2000 bis 2500 kWh/t) benötigt (CO₂-Emission). Besonders erwähnenswert ist, daß Mineralfasern infolge ihrer oft nicht neutralen pH-Werte auf Metalle (aber auch auf andere Stoffe) eine relativ hohe Korrosionswirkung ausüben können. Das bedeutet, daß z. B. zu isolierende metallische Leitungen zunächst eines intensiven Korrosionsschutzes benötigen. Wesentlich ökologisch günstiger ist grundsätzlich die Nutzung von Dämmwerkstoffen aus Schneidspänen, ähnlich den vor Jahrzehnten hergestell-

ten Faserdämmplatten aus Holzfaserstoff. Beispielsweise nutzt die Firma Baufritz eine Entwicklung von Prof. Schwarz (FH Rosenheim [2]), wobei Hobelspäne als Isolationsmaterial in Zwischenräume von Fertighäusern gefüllt werden. Zur Verbesserung des Brandwiderstandes werden die Späne mit Molke und mineralischem Borsalz behandelt (Patente von Baufritz in [2]). Der mit Hobelspänen erreichbare Wärmedämmwert ist etwa vergleichbar mit der Dämmwirkung von Mineralwolle oder Polystyrol. Zur Herstellung von üblichen Hobel-Industriespänen wird nach Schwarz [2] nur etwa ein Zehntel der Energie benötigt, die für die Erzeugung herkömmlicher Dämmstoffe erforderlich ist, wobei die Gesamtkosten nicht höher als bei industriell hergestellten Dämmstoffen liegen sollen.

Erinnert sei in diesem Zusammenhang an die traditionelle zementgebundene Holzwolle-Leichtbauplatte, die auch für Wärmedämmzwecke dient. Voraussetzung ist aber dabei der Einsatz von ökologisch unbedenklichen Bindemitteln.

Faserstoff aus Holz ist für die Wärmedämmung ebenfalls geeignet, jedoch ist seine Herstellung energetisch aufwendig (ca. 500 kWh/t, Quelle: Pallmann), ein Zerspanungsvorgang ist hinsichtlich des dafür erforderlichen Energie- und

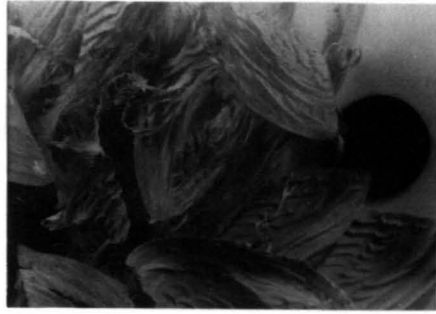


Abb. 7: Ebenflächiger strukturierter Span mit aufgeprägter Knitterstruktur

Anlagenaufwandes erheblich günstiger (bei vergleichbarer Spandicke von 0,3 mm ca. 30 kWh/t, Quelle: Pallmann).

Weitere Möglichkeiten der Verwendung von dünnen Schneidspänen

Dünne strukturierte Späne eignen sich auch prinzipiell zur Herstellung leichter Formkörper, sie zeigten im Gegensatz zu stärkeren Spänen ($h = 0,3$ mm) ein gutes Füllverhalten in Ecken. Entsprechend gestaltete Formkörper könnten für Verpackungsformen genutzt werden.

Gelegentlich werden in den USA großvolumige industrielle Abfallhobel-frässpäne bzw. speziell gerollte Späne einer Dicke von 0,3 mm [4] schon für Verpackungszwecke zum Füllen von Hohlräumen genutzt, jedoch gibt es keine Herstellung von konfektioniertem, formstabilem Verpackungsmaterial

oder von Wärmedämmwerkstoffen auf Basis dünner strukturierter Holzschneidspäne.

Im Bereich der Landwirtschaft wird Holzfaserstoff schon erfolgreich als Substrat für die Tomatenaufzucht zur Substitution von Gesteinswolle genutzt. Gesteinswolle erfordert ein großes Deponievolumen und ist nicht verrottbar. Holzfaserstoff wird auch als Einstreumaterial in der Tierhaltung mit guten Entsorgungseigenschaften genutzt, wobei bestimmte Pilzarten den Umwandlungsprozeß zu hochwertiger Garten-erde beschleunigen. Holzfaserstoff könnte auch in diesen Anwendungsfällen zumindest vom gedanklichen Ansatz her durch dünne Späne substituiert werden. Applikationsforschung für die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten ist jedoch noch erforderlich.

Aus dünnen strukturierten Spänen könnte möglicherweise ein völlig neuer Plattentyp geschaffen werden, der sowohl Eigenschaften von MdF als auch von Spanplatten aufweist. Derartige Späne haben sicherlich in bezug auf das Zeitstandverhalten völlig andere Eigenschaften als Holzfaserstoff. Auch der Einsatz von dünnen strukturierten Spänen als Deckschicht herkömmlicher Spanplatten ist denkbar. Die möglicherweise geringere Festigkeit durch den schrägen Schnitt zur Faserrichtung

könnte durch eine Erhöhung des Bindegliedanteils kompensiert werden. Die voraussichtlich etwas geringere Einzelfestigkeit der Partikeln, die ohnehin nicht in jedem Anwendungsfall benötigt wird, weil die Verbindung der Fasern untereinander schwächer gegenüber ihrer eigenen Festigkeit ist, wäre der Preis für eine erhebliche Energieeinsparung von schätzungsweise 450 kWh je Tonne Faserstoff, wodurch auch der CO₂-Ausstoß gemindert wird.

Stand der Technik auf dem Gebiet der Spanerzeugung

Hochwertige Späne zur Herstellung von Holzwerkstoffen werden großtechnisch entweder mit Hilfe des Stirnplanfräsverfahrens (Messerscheibenzerspaner) oder mittels Umfangsfräsverfahren erzeugt. Die für das Umfangfräsverfahren typischen zylindrischen Messerträgerkörper können grundsätzlich als Wellen, die die Messer auf den äußeren Umfang tragen, ausgeführt werden. Diese Gruppe ist den Messerwellenzerspanern zuzuordnen. Sie können aber auch als Hohlzylinder mit Schneiden auf dem Innenkreis, wobei die Zerspanung im Hohlzylinder selbst stattfindet, gestaltet sein. Derartige Zerspanungsmaschinen nennt man Messerringzerspaner.

Zur Herstellung von Spänen für Holzwerkstoffe hat sich das produktivere Umfangsfräsverfahren durchgesetzt, obwohl das Stirnplanfräsverfahren Späne besserer Qualität liefert. Flachspäne für Holzwerkstoffe sind für Wärmedämm- und Verpackungszwecke wegen ihrer morphologischen Eigenschaften nicht besonders gut geeignet. Mit den herkömmlichen Zerspanungsmaschinen ist es nicht möglich, Späne unter einer Dicke von 0,3 mm herzustellen.

Zu Verarbeitung von Hackschnitzeln gibt es eine Reihe von Zerspanungsmaschinen, deren Späne hauptsächlich für die Mittellage der Spanplatte verwendet werden und die sich ebenfalls aufgrund ihrer Morphologie nicht für Wärmedämm- und Verpackungszwecke eignen.

Spanerzeugung durch Fräsen mit kegelstumpfförmigen Werkzeugen

Es gibt eine Vielfalt möglicher Holzbearbeitungsverfahren [6], deren Späne sich zur Herstellung formstabiler Werkstoffe für Verpackungszwecke eignen könnten (Abb. 1). Diese Erkenntnis war Ansatzpunkt zur Entwicklung eines neuen Bearbeitungsverfahrens, das erstmals von Lang [6] beschrieben wurde. Er wies nach, daß die durch kleine Einstellwinkel bedingte Zuordnung von Werkzeug und Werkstück als eine Möglichkeit betrachtet werden kann, die Holzbearbeitung durch ein neues Verfahren mit interessanten Effekten zu bereichern.

Ausgehend vom Bearbeitungsverfahren mit Prismenfalzfräsern [8], besteht



Abb. 8: Gedrehter bzw. gelockter Span ohne bzw. mit geringfügiger Knitterstruktur



Abb. 9: Gedrehter bzw. gelockter Span mit ausgeprägter Knitterstruktur

die Möglichkeit, den Einstellwinkel soweit zu verringern, daß ein Formatbearbeitungsverfahren, ähnlich dem Kreissägen, als realisierbar erscheint, das aber noch kein Kreissägeverfahren ist. Die Werkzeuge sind kegelstumpfförmig und geneigt angeordnet (Abb. 2). Der Winkel zwischen Arbeitsebene (Ebene zwischen Schnitt- und Vorschubrichtung) und der Schneidenebene ist der Einstellwinkel (κ). Dieser Einstellwinkel bestimmt ganz entscheidend die für die Qualität verantwortliche Spandicke mit. Für die Spandicke gilt die allgemeingültige Beziehung:

$$h(\phi, \kappa) = f_z \sin(\phi) \sin(\kappa) \tag{1}$$

dabei bedeuten:

- z = Schneidenanzahl,
- ϕ = Eingriffswinkel,
- h = Spandicke,
- f_z = Zahnvorschub = $v_f / (nz)$,
- κ = Einstellwinkel,
- v_f = Vorschubgeschwindigkeit und
- n = Drehzahl.

Durch Wahl eines Einstellwinkels von beispielsweise $\kappa = 5^\circ$ wird die Spandicke auf nur 9% sonst üblicher Werte (im Vergleich zum Umfangsfräsverfahren) verringert. Um bei einem Kreissägeverfahren zu ähnlichen Spandicken zu gelangen, muß die Anzahl der im Einsatz befindlichen Schneiden etwa zehnfach höher sein.

Die Bedeutung der Spandicke für die Bearbeitungsqualität kennt jeder Praktiker. So wird die Qualität mit wachsender Spandicke schlechter (z. B. mit steigender Vorschubgeschwindigkeit, Ausfall von Schneiden, Vergrößern der Bearbeitungszugabe, Vermindern der Drehzahl, Auftreten von Rundlaufabweichungen usw.) Die Verringerung der Spandicke war schon immer eine entscheidende Möglichkeit der Verbesserung der Bearbeitungsqualität.

Die Durchdringung dieses kegelstumpfförmigen Werkzeuges mit dem Werkstück ist in der Mathematik durch die Kegelschnitte beschrieben. Auf der Oberfläche des Werkstückes entsteht eine Hyperbel [9]. Eine Annäherung dieser Hyperbel an einen Kreisbogen ergibt einen Kreis mit einem Durchmesser von etwa 2000 mm, obwohl das reale Werkzeug nur einen Durchmesser von 220 mm aufweist.

So entsteht auf dem Werkstück ein optisch wellenfreier Schnitt. Auch bei der Bearbeitung von Vollholz sind erstmalig (bei vergleichbaren Zahnvorschü-

ben) keine Messerschläge mehr erkennbar [9]. Dadurch werden verhältnismäßig lange, aber auch sehr dünne Späne erzeugt (Abb. 3).

Zum Einfluß des Einstellwinkels

Der Einstellwinkel (κ) bestimmt die Durchdringung von Werkzeug und Werkstück. Bei der Bearbeitung von mit spröden Materialien beschichteten Spanplatten mit einem sehr kleinen Einstellwinkel von $\kappa = 0^\circ$ (Kreissägeverfahren) wird der von der Schneidkeilecke gebildete Kantenausbruch nicht mehr von der nachfolgenden Schneide beseitigt. Die Schneidkeilecke markiert sich bei $\kappa = 0^\circ$ auf der erzeugten Oberfläche [6]. Mit wachsendem Einstellwinkel wird der Hyperbelbogen immer mehr gekrümmt, d. h. die von der Schneidenecke verursachten Kantenausbrüche werden von den nachfolgenden Schneiden durch die Krümmung zunächst nur teilweise und mit größer werdender Krümmung vollkommen beseitigt. Diese Krümmung (e^*) des Spanbogens werden vom Einstellwinkel (κ) und der Eingriffstiefe („e“) bestimmt [6]. Beispielsweise entsteht bei einer Eingriffstiefe von „e“ = 8 mm und bei einem Einstellwinkel von $\kappa = 5^\circ$ eine Krümmungstiefe $e^* = 0,7$ mm.

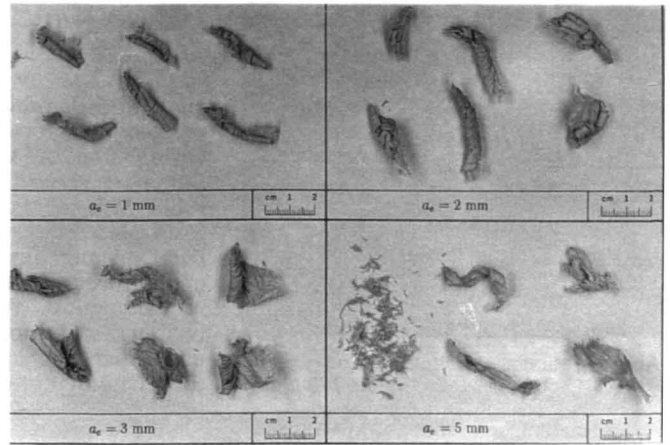
Der Einstellwinkel (κ) übt einen erheblichen Einfluß auf die Spanbildung aus. Zum Nachweis dieses Einflusses wurden Späne mittels eines einstellwinkelvariablen Werkzeuges [beschrieben in: Heisel, U.; Tröger, J.: „Qualitativ hochwertige Oberflächen durch Stirnplanfräsen, HOB 5/93, S. 80–102] mit Hilfe einer Formatbearbeitungsmaschine (vom Typ Homag FL 52) erzeugt.

Nach diesen Untersuchungen entsteht zunächst mit wachsendem Einstellwinkel ein Bröckelspan, der dann in einen regelrechten Fließspan übergeht, wobei die Feianteile immer geringer werden, um schließlich wieder in einen bröckelspanähnlichen, teilweise gekrümmten Span überzugehen, wie er etwa beim herkömmlichen Umfangsplanfräsen entsteht (Abb. 4).

Etwas anders hinsichtlich Spanbildung verhält sich hierbei Buche, wenn mit unterschiedlichen Einstellwinkeln gefräst wird. Prinzipiell ist zwar eine ähnliche Spanlänge erreichbar, jedoch wird der Buchenspan während des Spanablaufes enorm verdreht, er erhält im Vergleich zur Holzart Fichte eine ausgesprochen gelockte Struktur (Abb. 5).

Ein weiterer, für die Bearbeitungsqualität und Spanentstehung besonders günstiger Effekt entsteht auch dadurch, daß die Schneide in das Werkstück eintaucht (Abb. 6). Erstmals liegt ein echter ziehender Schnitt vor, also die Schneide schiebt sich in ihrer Längsrichtung über das Werkstück. So entstehen die bei Fräsverfahren allgemein üblichen Auskehlungen des Schneidkeiles (infolge unterschiedlich abrasiver Zonen im Werkstück) nicht mehr. Auch bei der Bearbeitung von Massivholz wird bekanntlich durch den sogenannten ziehenden Schnitt eine erhebliche Qualitätsverbesserung bewirkt. Der Keilwinkel in Schnittrichtung (Wirkeilwinkel) wird durch diese Längsbewegung der Schneide nicht mehr senkrecht zur Schneide, sondern schräg gemessen, wodurch er wesentlich schlanker wird [31, 34]. Dieser günstige Effekt kann verhältnismäßig einfach mit einem Messer demonstriert werden. Bei einer gleichzeitigen Längsbewegung des Messers parallel zur Schneide erfolgt der Schnitt bedeutend leichter als bei einer Druckbelastung senkrecht zur Schneide. Bezogen auf das Werkstück schiebt sich die Schneide über die Oberfläche hinweg, sie taucht gewissermaßen in das Werkstück hinein

Abb. 10: Spanformen (Holzart Buche) bei unterschiedlicher Bearbeitungszugabe (a_e)



(Abb. 6). Wie auch aus Abb. 6 zu entnehmen, ist die Schneide geneigt. Durch die wenn auch geringfügige Bewegung der Schneide in ihrer Längsrichtung wird nach bisherigen Erfahrungen auch eine Verbesserung der Bearbeitungsqualität erreicht.

Darstellung unterschiedlicher Spanformen

Mit kegelstumpfförmigen Werkzeugen können je nach Ausgangsbedingungen sehr unterschiedliche Spanformen (Abb. 7) erzeugt werden. Neben der Spandicke, die nach Voruntersuchungen etwa den rechnerischen Werten entspricht, können ebenflächige oder

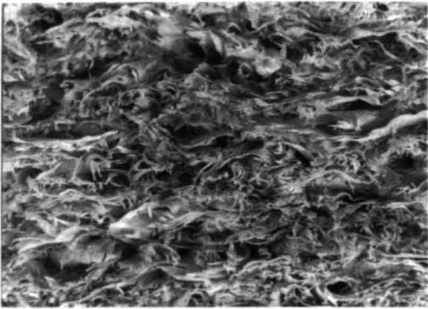
gerollte und/oder strukturierte Späne hergestellt werden. Erstere könnten als Ausgangsmaterial für Dämm- und Verpackungszwecke, letztere für Deckschichtmaterial oder Konstruktionswerkstoffe dienen. Die erreichbare geringe Spandicke von $h < 0,1$ mm entspricht etwa der Dicke von industriell erzeugten Holzfaserstoffbündeln.

Abb. 8 zeigt einen Span, der gedreht ist, aber keine bzw. nur eine geringfügig aufgeprägte Knitterstruktur aufweist. Durch Wahl geeigneter Zerspanungsbedingungen ist es möglich, einen gedrehten bzw. gelockten Span mit ausgeprägter Knitterstruktur zu erzeugen (Abb. 9).



Abb. 11: Muster aus strukturierten dünnen Schneidspänen, Dichte 170 kg/m³

Abb. 12: Querschnitt der Musterplatte



Die Bearbeitungszugabe (Eingriffsgröße a_e) spielt beim Fräsen mit kegeltumpfförmigen Werkzeugen auf den Feingutanteil der Späne eine bedeutende Rolle. Dies liegt daran, daß ab einer bestimmten Bearbeitungszugabe die Umfangsschneide des Werkzeuges zum Eingriff kommt. Diese Umfangsschneide arbeitet mit einem Einstellwinkel von $\kappa = 90^\circ$. Dabei wird entsprechend dem Schnittwinkel nahezu quer zur Faser geschnitten, so daß mit größer werdender Bearbeitungszugabe der Feingutanteil wächst. Dieses Verhalten ist in Abb. 10 erkennbar. Die Struktur des Spanes kann je nach Wahl der Zerspanungsbedingungen und der Werkzeuggestalt glatt oder gefaltet sein. Späne mit einer gefalteten Struktur besitzen ein höheres Füllvolumen, das die Wärmedämmung und das Stoßdämpfungsvermögen (Verpackungszwecke) infolge ihrer höheren Elastizität verbessert. Inwieweit eine gefaltete Struktur durch den Preßdruck ihre Bauschelastizität beibehält, ist durch spätere Untersuchungen nachzuweisen. Eine systematische Untersuchung der Spanentstehung in Abhängigkeit von den Werkzeugeigenschaften (insbesondere der Schneidengeometrie) und den Zerspanungsbedingungen erfolgte bislang nicht. Erste plattenförmige Muster (Abb. 11) zeigen ein dem Werkstoff Styropor ähnliches elastisches Verhalten. Als Kleber wurde noch Harnstoff-Melaminharz (Spanplattenleim) verwendet. Der Werkstoff ähnelt der traditionellen Faserdämmplatte, ist aber stabiler als diese.

Die Wärmeleitfähigkeit dieser ersten Musterplatte wurde grob orientierend mit 0,04 W/m²K bestimmt. Im Vergleich zu Styropor: 0,035 bis 0,04 W/m²K. Damit besitzt dieser Werkstoff aus strukturierten dünnen Holzspänen bei etwa anderthalbfacher Dicke das glei-

che Wärmedämmvermögen einer Styroporplatte und etwa das von Gesteinswolleplatten. Die verhältnismäßig guten Dämmeigenschaften werden durch eine sehr lockere Porenstruktur erreicht (Abb. 12). Erkennbar ist das große Porenvolumen. Infolge der punktförmigen Berührung der Späne untereinander ist ein gutes Wärmedämmvermögen (wenig Wärmeübertragungsbrücken) und auch Schlagdämpfungsverhalten (Elastizität) zu erwarten.

(Wird fortgesetzt)