Lärm- und staubarmer Fräsprozeß mit wendelförmigen Schneiden

Aus dem zunehmenden Einsatz von kompakten Mehrseitenfräsmaschinen und der Maschinenverdichtung auch in Kleinbetrieben der holzbe- und -verarbeitenden Industrie folgt eine latente Gefährdung der dort Beschäftigten durch Lärm- und Staubemissionen. Neben den maschinenseitigen Maßnahmen zur Vermeidung der Berufskrankheiten Lärmschwerhörigkeit und Adenokarzinom der Nasenhöhlen (Nasenkrebs) bietet sich eine aktive Lärm- und Staubminderung durch den Einsatz von Fräswerkzeugen mit wendelförmig angeordneten Schneiden an. Aufbauend auf bekannten Ergebnissen vorangegangener Versuchsreihen [1-4] wurde in einer systematischen Untersuchung die optimale Schneidengeometrie für den niedrigsten Lärmpegel und die geringste Stauberzeugung ermittelt. – Von Prof. Dr.-Ing. Uwe Heisel, Dipl.-Ing. Wilm-Henner Niemeyer und Dipl.-Ing. Edmund Weiss[1]).

Lärm und Staub, zwei bedeutende Belastungsarten

Nach einer Veröffentlichung der im Jahr 1989 erstmals mit Rente entschädigten Berufskrankheiten [5], liegt die Lärmschwerhörigkeit wiederum deutlich an erster Stelle (Abb. 1), dieses, obwohl durch ständige maschinenseitige Lärmminderungsmaßnahmen eine Schalldruckpegelminderung an der Einzelmaschine erzielt wurde. Positiv wirkt sich hier die Vorgehensweise der Holz-Berufsgenossenschaft, insbesondere des Fachausschusses Holz, aus, innerhalb der GS-Prüfungen eine Lärmmessung nach DIN 45635 Teil 1650 bis Teil 1667 durchzuführen und die Prüfzeichen-Vergabe von der Unterschreitung des Lärmgrenzwertes abhängig zu machen. Dieser berufsgenossenschaftliche Lärmgrenzwert ist definiert als Median der aus den letzten fünf Jahren ermittelten Einzelmeßwerten bei bestandener GS-Prüfung. Aus diesem Procedere folgt eine Lärmverringerung am Arbeitsplatz der Einzelmaschine zwangsläufig.

Allerdings können von diesen Normmeßbedingungen zumeist ungünstig abweichende Betriebsbedingungen eine erhöhte Arbeitsplatzbelastung herbeiführen, beispielsweise durch:

- höhere Zerspanleistungen
- dünne, breite Werkstücke, die zu starken Biegeschwingungen angeregt großflächig Lärm abstrahlen,
- abgestumpfte Schneiden,
- von der Norm abweichende Werkzeugbestückungen, beispielsweise Profilmesserköpfe mit großen Profiltiefen,
- ungünstige Raumbeschaffenheit, vor allem bei Flachräumen ohne schallabsorbierende Wände und Decken, die einen hohen Anstieg des Lärmimmissionswertes gegenüber dem ermittelten Emissionswert bewirken, und insbesondere die
- Position des Bedienmannes an der Maschine.

Diese Einflußfaktoren auf die Lärmimmission bleiben bei der Geräuschmessung nach DIN unberücksichtigt. In Verbindung mit gleichzeitiger Mehrmaschinennutzung in einem Raum können die Pegelwerte an den Arbeitsplätzen über 85 dB(A) ansteigen. Daher trägt auch die sogenannte EG-Maschinenrichtlinie – Richtlinie 89/392/EWG in Verbindung mit 91/368/EWG – der hohen Lärmexposition Rechnung und fordert die Umsetzung von Lärmminderungsmaßnahmen gemäß dem Stand der Technik.

Während bei der Festlegung der Meßbedingungen für die Lärmmessung typische, d.h. in der Praxis übliche Arbeits- und Betriebsbedingungen zugrundegelegt wurden, werden die Staubmessungen bewußt unter worst-case-Bedingungen durchgeführt. Dadurch soll im Betrieb eine dauerhafte sichere Einhaltung des geltenden TRK-Wertes für Holzstaubkonzentrationen am Arbeitsplatz garantiert werden. Mit den eingeleiteten Maßnahmen zur Reduzierung der Staubemission über eine verbesserte Staub- und Späneerfassung an Holzbearbeitungsmaschinen einschließlich Kapselung beschreiten Maschinenhersteller und -betreiber einen erfolgversprechenden Weg zur Einschränkung dieser schweren Erkrankung. Aber auch aus allgemeiner ar-

[1]) Prof. Dr.-Ing. U. Heisel ist Leiter des Instituts für Werkzeugmaschinen (IfW) der Universität Stuttgart; Dipl.-Ing. W.-H. Niemeyer ist Mitarbeiter der Abteilung F & E der Fa. Gebr. Leitz GmbH & Co., Oberkochen; Dipl.-Ing. E. Weiss ist Mitarbeiter der Abteilung Holzbearbeitung im obengenannten Institut.

Abb. 1: Aufstellung der 115 Berufskrankheiten aus Mitgliedsbetrieben der Holz-Berufsgenossenschaft, im Jahre 1989 erstmals entschädigt, nach [5]

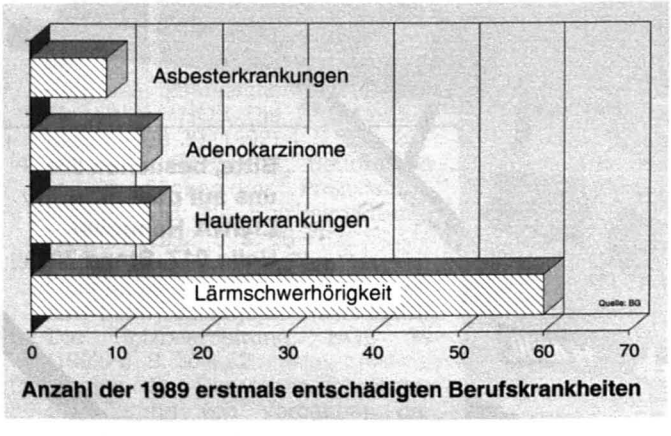
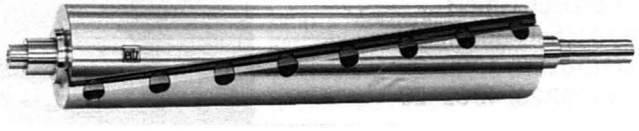
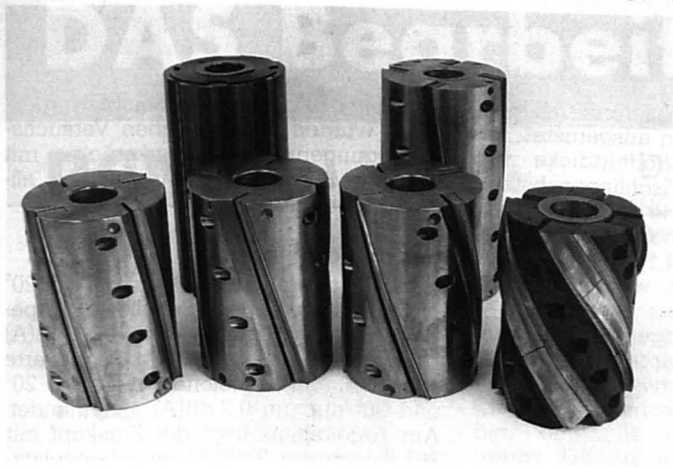


Abb. 2: Spiralmesserwelle mit rüstzeitsparendem Kassettensystem für den schnellen Wechsel des nachschleifbaren Messers





▲ Abb. 3: Eingesetzte Versuchswerkzeuge mit unterschiedlichen Neigungswinkeln (vordere Reihe: 12°, 16°, 20°, 36°, hintere Reihe: 0° und 8°

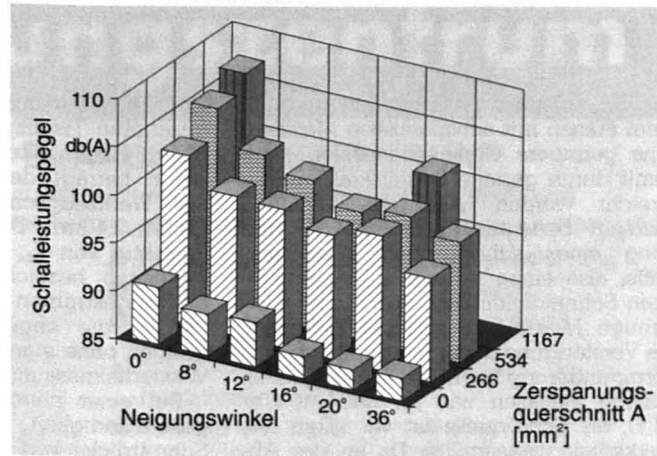


Abb. 4: Einfluß des Neigungswinkels auf den Schalleistungspegel im Leerlauf und bei Bearbeitung

beitshygienischer Sicht und Gründen der Verbesserung der Arbeitsbedingungen sind staub- und spänefreie Maschinen, Werkstücke und Arbeitsräume anzustreben. Inwieweit Fräswerkzeuge dazu beitragen können, ist Gegenstand dieser Untersuchung.

A Lärmminderung beim Fräsen

Stand der Technik

Spiralmesserwellen (Abb. 2), korrekt wegen ihrer wendelförmigen Messergestalt als Drallmesserwellen zu bezeichnen, führen bekanntlich wegen ihrer Verstetigung der Strömungsvorgänge im Leerlauf und dem ziehenden Schnitt bei Bearbeitung zu einer deutlichen Schallpegelabsenkung gegenüber den Standardwerkzeugen mit achsparallelen Messern. So konnten an einer Abrichtdickenhobelmaschine erhebliche Pegelminderungen beim Einsatz einer Messerwelle mit einem Neigungswinkel der beiden Schneiden von nur 8° nachgewiesen werden (Tafel 1) [6]. Die in Abb. 2 dargestellte Messerwelle zeichnet sich durch eine besondere Messerbefestigung aus, die das Nachschleifen des ebenen, 1 mm dicken Messers auf einer speziellen Schleifvorrichtung ermöglicht. Nach dem Schärfen wird das elastische Messer mit der wendelförmigen Spannleiste zu einer Einheit vormontiert und in den Messerwellen-Tragkörper eingesetzt.

Versuchswerkzeuge

Diese rüstzeitsparende Messerspanntechnik wurde auf Drallmesserköpfe für den Einsatz auf Mehrseitenfräsmaschinen (Kehlmaschinen) übertragen. Fräsköpfe mit Neigungswinkeln von 8°, 12°, 16° und 20° sollten zur Ermittlung des Geräuschminimums und zum Vergleich mit einem Standardwerkzeug mit achsparallelen Messern herangezogen werden (Abb. 3). Der Werkzeugdurchmesser beträgt 125 mm, der Spanwinkel 25°, die Werkzeugbreite 180 mm bzw. 230 mm. Um den Ergebnisvergleich zu vorhergehenden Versuchsreihen durchführen zu können, wurde außerdem ein Drallmesserkopf mit einem Neigungswinkel von 36° und einem Spanwinkel von 35° [3] eingesetzt. Dieser große Neigungswinkel sorgt bei diesem Fräskopf, als einzigem der untersuchten, für den ständigen Eingriff mindestens eines Messers beim Fräsprozeß. Bereits Mitte der siebziger Jahre entwickelt, konnte sich dieser lärmarme Fräskopf wegen hoher Anschaffungs- und Schärfkosten am Markt nicht durchsetzen.

Im folgenden werden die Ursachen der Lärmminderung durch die Wendelform der Messer kurz erläutert, da sie als einzige Messergeometrie eine effektive Bearbeitungs-Lärmminderung bewirkt, bei gleichzeitiger Erzeugung einer qualitativ hochwertigen, d.h. ebenen und ausrißfreien Werkstückoberfläche.

Geräuschentstehung im Leerlauf

Ursache der hohen Geräuschemission von den häufig eingesetzten Fräsmaschinen für vierseitige Bearbeitung durch Fräswerkzeuge mit achsparallelen Messern ist im Leerlauf vorrangig das hochtourig laufende Werkzeug, oft in Verbindung mit dicht angestellten Strömungshindernissen wie Tischlippen, Anschlägen, Späneleitblechen und Druckschuhen. An der ersten Bearbeitungsstation dieser Maschinen, der Abrichtspindel, ist das System Werkzeugschneide-Tischlippe der Hauptgeräuscherzeuger mit insbesondere aeropulsivem Charakter, auch bei den inzwischen üblichen, günstig wirkenden Tischnuten. Diese Aeropulsationen sind periodische Schalldruckschwankungen hoher Amplitude und als Drehklang für den Bediener bei der Aufgabe des Werkstückes auf den Abrichttisch wegen der Zuführöffnung auch bei einer Maschinenkapselung hörbar [1,2].

Während Fräswerkzeuge mit achsparallelen Schneiden beidseitig von den Stirnseiten her Ansaugzonen aufweisen und nur eine intensive Ausstoßzone etwa in Werkzeugmitte haben, bewirken gedrallte Schneiden eine gerichtete axiale Strömung: Der Drallmesserkopf besitzt nur eine Ansaug- und eine Ausstoßzone [7]. Luft wird vorwiegend auf der einen Stirnseite angesaugt und überwiegend auf der anderen abgegeben. Durch diesen Strömungsmechanismus vermindert sich die bei achsparallelen Messern größerer Breite auftetende Luftkompression im Spalt Tischlippe-Werkzeugschneide. Als Resultat werden bei Werkzeugen mit dem Neigungswinkel, der ein momentanes Passieren des Strömungshindernisses von einer nur geringen Messerbreite erzeugt, der Drehklang und weitgehend auch sämtliche lästigen tonalen Komponenten unterdrückt.

Geräuschemission bei Bearbeitung

Aufwendiger gestaltet sich die Lärmminderung bei Bearbeitung, denn je nach Werkstückbeschaffenheit – maßgeblich ist die Biegesteifigkeit – tritt eine erhebliche Pegelverstärkung gegenüber dem Leerlauf ein. Zudem transportiert das Werkstück Lärm über die Körperschallanregung aus der Maschinenkapsel [8]. Das Bearbeitungsgeräusch entsteht durch die Schnittkraftimpulse der hochtourig laufenden Werkzeuge mit kurzen Werkstückeingriffszei-

Abrichtdicken-hobelmaschine	Leerlauf			Bearbeitung		
als Abrichthobelmaschine	mit Keil leisten-welle Z2	mit Spi-ralmes-serwelle Z2	Lärmmin-derung dB	Mit Keil-leisten-welle Z2	mit Spi-ralmes-serwelle Z2	Lärmmin-derung dB
A-Schalleistungspegel L_{WA} in dB	99,1	84,5	14,6	100,6	94,1	6,5
A-Schalldruckpegel L_A in dB in Ohrnähe	85,2	72,2	13,0	89,6	83,6	6,0
als Dickenhobelmaschine						
A-Schalleistungspegel L_{WA} in dB	94,2	85,1	9,1	98,3	92,1	6,2
A-Schalldruckpegel L_A in dB						
in Ohrnähe am Einzug	80,1	69,3	10,8	81,5	77,2	4,3
in Ohrnähe am Auszug	75,9	68,8	7,1	82,7	77,7	5,0

Tafel 1: Verringerung des Schalleistungspegels und des Lärmpegels am Arbeitsplatz durch Einsatz einer Spiralmesserwelle auf einer Abrichtdickenhobelmaschine [6]

ten von weniger als einer Millisekunde beim Fräsen mit achsparallelen Messern. Eine geringere Geräuschemission kann somit durch geringe Schnittkraftimpulse erreicht werden. Auf das Werkzeug bezogen bedeutet dieses die Vermeidung eines schlagartigen Messereingriffs, also einen möglichst kontinuierlichen Schneideneingriff, wie ihn wendelförmige Messer ermöglichen. Dennoch, die Verstetigung der Schnittkräfte läßt die Lärmminderung bei Bearbeitung nicht so günstig ausfallen wie im Leerlauf (Tafel 1), als Schallquelle ist vor allem das Werkstück wirksam [8]. Da an der Abrichtspindel sowohl im Leerlauf als auch bei Bearbeitung das Hauptgeräusch entsteht, ist es hier besonders wichtig, an dieser Bearbeitungsstelle lärmarme Fräswerkzeuge einzusetzen.

Versuchsdurchführung

Deshalb wurden die Versuchswerkzeuge an der Abrichtstation einer ungekapselten Vierseitenfräsmaschine im Versuchsfeld für Holzbearbeitungsmaschinen eingesetzt und die Geräuschmessung in Anlehnung an DIN 45 635 Teil 1656 durchgeführt. Wegen der Maschinenaufstellung in Wandnähe erfolgte die energetische Schalldruckpegelmitteilung über sechs Mikrophone [2]. Die Versuchsmaschine ist mit gezahnten Tischlippen ausgerüstet. Bei einer eingestellten Schnittdicke von 3 mm beträgt der Tischlippenabstand zur Werkzeugschneide vorn 4,5 mm, hinten 2,1 mm. Die hohe Umgebungskorrektur von K_{2A} = 4,1 dB(A) kann als praxisnah bezeichnet werden. Wegen des angestrebten Werkzeugvergleiches bleiben die ungünstigen Raumbedingungen ohne signifikanten Einfluß, wie Wiederholmessungen bestätigten.

Bei einer normgerechten Vorschubgeschwindigkeit von 15 m/min und Schnittdicke von 3 mm wurden vorgehobelte Fichtenwerkstücke mit einer Breite von 87 mm und 172 mm bearbeitet. Die zuletztgenannte Werkstückbreite vermeidet weitgehend das Auftreten von Leerlaufgeräuschen durch die Zerspanung beinahe der gesamten Werzeugbreite und ermöglicht damit eine korrekte Aussage über das Bearbeitungs-Geräuschverhalten der Werkzeuge. Wenn auch die Abrichtstation die für die Lärmexposition der Bedienperson maßgebende Geräuschquelle darstellt, so sollte in einem abschließenden Vergleichstest durch eine Gesamtbestückung der Maschine mit Standard- und lärmarmen Werkzeugen der Nachweis einer Lärmverringerung bei der Vierseitenbearbeitung erbracht werden. Dazu wurden unter gleichen Versuchsbedingungen Fichtenwerkstücke mit 160 mm Breite und 48 mm Höhe allseitig bearbeitet.

Versuchsergebnisse

Im Leerlauf erreicht der Fräskopf mit 20° Neigungswinkel beim Schalleistungspegel ein Minimum von 87,1 dB(A) (Abb. 4), jedoch liegen die Pegelwerte zwischen den Versionen mit 16°, 20° und 36° nur um 0,3 dB(A) auseinander. Am Arbeitsplatz liegt der Fräskopf mit 36° jedoch um 3 dB(A) im arbeitsplatzbezogenen Emissionswert unter denen der beiden anderen. Dieses gibt einen Hinweis auf die günstige Richtcharakteristik dieses Werkzeuges in Richtung Arbeitsplatz.

Bei Bearbeitung bestätigt sich der Vorteil des Drallmesserkopfes mit 36° Neigungswinkel; unter den bauartgleichen Werkzeugen weist das Werkzeug mit 16° Neigungswinkel ein Minimum des Bearbeitungsgeräusches mit 97,9 dB(A) und 98,3 dB(A) auf. Aus diesem Grund bietet sich die Ausführung eines Drallmesserkopfes mit einem Neigungswinkel von etwa 16° an. Die Ursache für die geringen Pegelwerte des Werkzeuges mit 36° kann in der besonderen Messergeometrie mit großem Spanwinkel und kleinem Keilwinkel liegen. Wegen der HSS-Messer-Massivblockausführung (Abb. 3) scheidet diese Bauart für einen wirtschaftlichen Praxiseinsatz aus. Die Neigungswinkel-bedingten Pegelminderungen bei den übrigen Fräsköpfen betragen beim Schalleistungspegel im Leerlauf nur bis zu 3,8 dB(A) – bedingt durch die Tischlippenzahnung und die auch bei Standardwerkzeugen bereits erreichte Lärmminderung –, bei Bearbeitung bis zu 7,2 dB(A). Die allseitige Bestückung mit Drallmesserköpfen führte zu einer Pegelminderung von 6 dB(A), am Arbeitsplatz sogar von 8 dB(A). Damit sind sicherlich die erreichbaren Grenzen der Lärmminderung durch primäre Maßnahmen vorgegeben. Entscheidend für die Umsetzung der Versuchswerkzeuge in die Serienproduktion ist nicht zuletzt die Marktakzeptanz dieser kostenaufwendigeren Werkzeuge mit wendelförmigen Schneiden, die eine sichere Verringe-

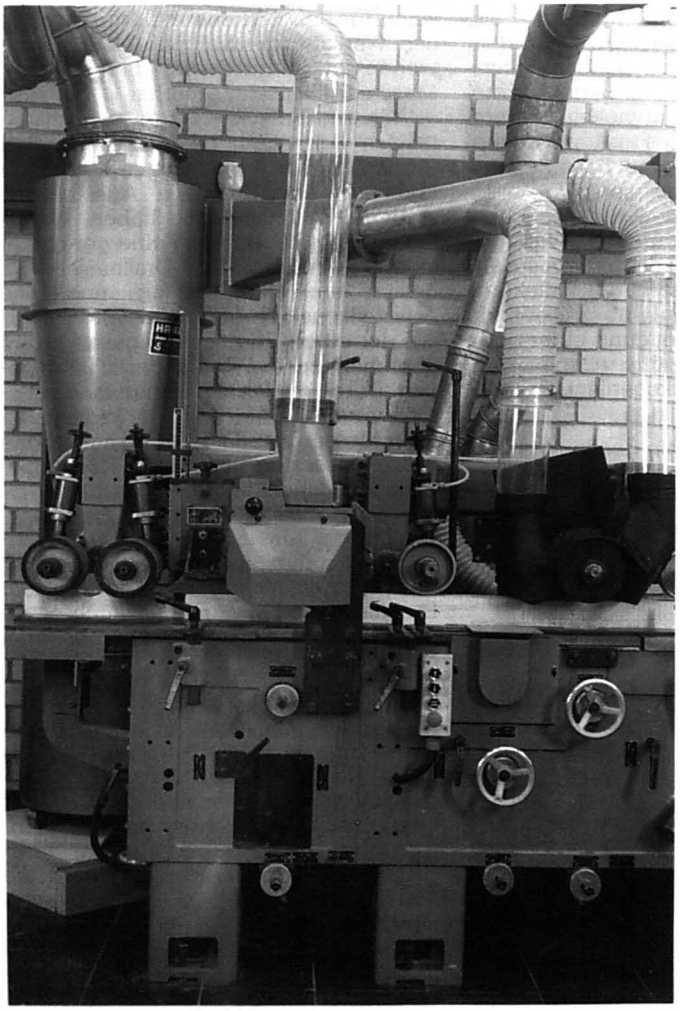
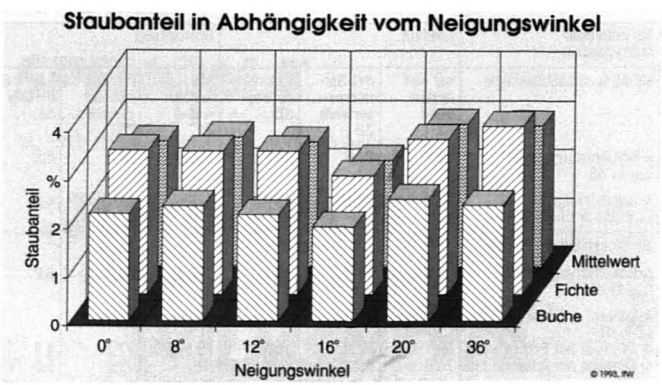


Abb. 5: Kehlmaschine mit Versuchsaufbau

Abb. 6: Einfluß des Neigungswinkels auf den Staubanteil bei Bearbeitung unterschiedlicher Werkstoffe



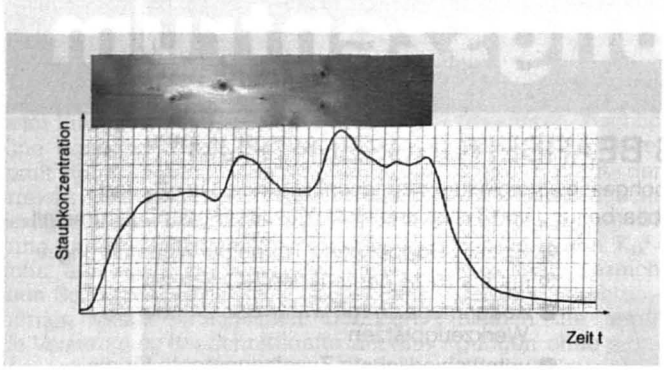


Abb. 7: Wirkung von Ästen bei der Zerspanung von Fichte auf die momentane Staubkonzentration

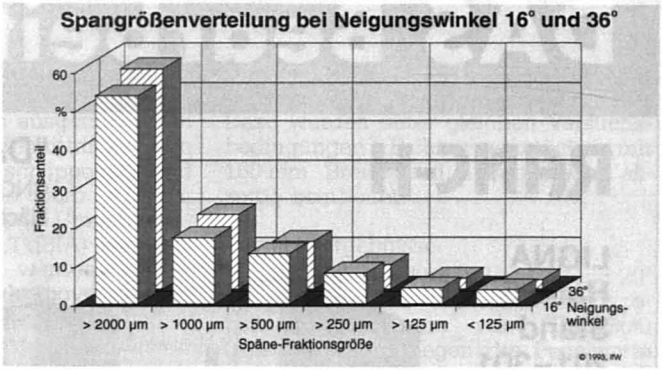


Abb. 8: Spangrößenverteilung für Fräswerkzeuge mit Neigungswinkeln von 16° und 36° (Bildnachweis: Abb. 2: Leitz, übrige: Verfasser)

rung der Lärmemisson unter Praxisbedingungen gewährleisten. Insbesondere vermeiden durchgehende wendelförmige Schneiden die Entstehung von Bearbeitungsspuren der zusammengesetzten, ebenfalls lärmarmen Werkzeugsätze und somit das Nachschleifen der Oberfläche.

B Staubminderung beim Fräsen

Stand der Technik

Bereits früher am Institut für Werkzeugmaschinen durchgeführte Untersuchungen bezüglich des Einflusses der Werkzeug- und Schneidengeometrie auf die Staub- und Späneentstehung [3,4] haben gezeigt, daß sich ein ziehender Schnitt mit wendelförmigen Schneiden günstig auf den Zerspanprozeß hinsichtlich einer geringen Staubentstehung auswirkt. Eine detaillierte Aussage über den günstigsten Neigungswinkel konnte jedoch nicht getroffen werden, da vorwiegend handelsübliche Fräser getestet wurden, die nicht nur einen unterschiedlichen Neigungswinkel besaßen, sondern sich auch bei anderen Parametern, wie beispielsweise der Spanraumgeometrie, unterschieden. Mit den zuvor beschriebenen Drallmesserköpfen, ausgestattet mit unterschiedlichen Neigungswinkeln, ansonsten aber bauartgleich, ist dies erstmals möglich.

Versuchaufbau

Die eingesetzte Versuchsanlage zur Bestimmung der Spangrößenverteilung besteht aus einem Staub- und Spänefänger mit Doppelerfassung, einem Radialzyklon zur Späneabscheidung und einem nachgeschalteten Gewebefilter zur Stauberfassung (Abb. 5).

Staub- und Spänefänger: Durch die überstehenden Schneiden fördert der Fräser ähnlich einem Ventilatorlaufrad Luft in Umfangsrichtung. Dieses Strömungsfeld bewirkt, daß ein geringer, für diese Untersuchungen jedoch nicht zu vernachlässigender Anteil von Staubpartikeln mit dem Fräser umläuft und nicht an der Zerspanungsstelle tangential zum Fräser davongeschleudert wird. Durch eine zweite Erfassungsstelle oberhalb der Werkstückoberfläche gelingt es, diese umlaufenden Partikeln anzusaugen.

Radialzyklon: Der Radialzyklon dient zur Abscheidung des entstehenden Zerspangutes. Durch eine anschließende Siebanalyse kann dieses fraktioniert werden, um eine Aussage über dessen Spangrößenverteilung zu erhalten.

Gewebefilter: Der Zyklon ist so ausgelegt, daß Partikel bis zu einer Größe von ca. 80 µm abgeschieden werden. Um auch die kleineren Teilchen aufzufangen, welche den Zyklon wieder verlassen, dient ein nachgeschalteter Gewebefilter mit der Filterkategorie G. Mit diesem Versuchsaufbau ist es somit möglich, das entstehende Staub- und Spänegemisch weitgehend vollständig zu erfassen und hinsicht seiner Korngrößenverteilung zu analysieren.

Versuchsdurchführung

Mit jedem der oben genannten Fräswerkzeuge wurde eine jeweils identische Versuchsreihe mit unterschiedlichen Bearbeitungsparametern durchgeführt. Dabei wurden die Holzarten Buche und Fichte zerspant, wobei die Vorschubgeschwindigkeit v_f zwischen 6 und 12 m/min und die Schnittdicke a_e zwischen 1 mm und 3 mm variiert wurde. Die nachfolgend genannten Werte für den Staubanteil sowie für die Korngrößenverteilung stellen somit statisch gesicherte Mittelwerte aus mehreren Einzelversuchen dar.

Versuchsergebnisse

Für den Werkstoff Holz ist im Hinblick auf ein potentielles Nasenkrebsrisiko der sogenannte Gesamtstaub entscheidend. Dieser Gesamtstaub ist definiert als der Anteil des Staubes, der durch ein Meßgerät mit einer horizontalen Ansauggeschwindigkeit von 1,25 m/s ± 10 % erfaßt wird [9]. Es existiert somit keine exakte Festlegung der Partikelgröße. Für die vorliegende Untersuchung wurden als Staubanteil diejenigen Partikel herangezogen, welche bei der Siebanalyse nach DIN 4188 eine Teilchengröße kleiner 125 µm aufwiesen, sowie die im Gewebefilter zurückgehaltene Staubmenge. Diese Staubpartikel entsprechen in grober Annäherung der Gesamtstaubdefinition.

In Abb. 6 ist der prozentuale Staubanteil für sämtliche Fräswerkzeuge dargestellt, und zwar getrennt für die Werkstoffe Buche und Fichte, sowie der daraus resultierende Mittelwert. Vorangegangene Untersuchungen [10,11] haben eindeutig nachgewiesen, daß bei der Zerspanung von Hartholz, z.B. Buche, und ansonsten identischen Bearbeitungsparametern ein deutlich höhere Staubanteil anfällt als bei einer Weichholzart, wie z.B. Fichte. Der im vorliegenden Fall höhere Staubanteil für den Werkstoff Fichte resultiert zum einen aus der unterschiedlichen Holzfeuchte der eingesetzten Werkstücke (Fichte 6,9 %, Buche 7,8 %). Zum anderen wies das Fichtenholz im Gegensatz zum Buchenholz eine sehr starke Astigkeit auf. Messungen mit einem optischen on-line-Feinstaubmeßgerät haben gezeigt, daß bei der Zerspanung von astigem oder rissigem Holz ein deutlicher Anstieg des momentanen Staubanteils erfolgt (Abb. 7).

Bei Verwendung eines geringen Neigungswinkels von 8° konnte keine signifikante Veränderung des Staubanteiles gegenüber dem Fräskopf mit achsparallelen Schneiden festgestellt werden. Erst mit größer wedendem Neigungswinkel nimmt der Staubanteil deutlich ab und erreicht bei 16° ein Minimum. Wird der Neigungswinkel weiter erhöht, steigt der Staubanteil wieder an. Besonders deutlich ausgeprägt ist dieser Anstieg für den Werkstoff Fichte. Hier ergeben sich für große Neigungswinkel sogar höhere Staubanteile als bei achsparallelen Schneiden. In Analogie zu den Ergebnissen der Geräuschmessung zeigt sich also, daß bei einem moderaten Neigungswinkel von ca. 16° die günstigste Spanabnahme mit dem geringsten Staubanteil erfolgt. Bei größeren Neigungswinkeln nimmt der aus der Schrägstellung der Schneiden resultierende, in Axialrichtung wirkende Anteil der Zerspankraft, die Passivkraft, rasch zu und bewirkt eine starke Stauchung des Werkstoffes bzw. des Spanes und damit eine Verschiebung der Spangrößenverteilung hin zu kleineren Werten. Verdeutlicht wird dieses auch bei der Gegenüberstellung der Spangrößenverteilung für die beiden Fräswerkzeuge mit den Neigungswinkeln von 16° und 36° (Abb. 8).

Zusammenfassung

Sowohl bei der Geräusch- als auch bei der Staubemission können neben Sekundärmaßnahmen an der Maschine wie beispielsweise Kapselungen auch primäre Maßnahmen, welche direkt am

Werkzeug ansetzen, zu einer Reduzierung der Belastungssituation führen. Im Rahmen der vorgestellten Untersuchung wurde der Einfluß des Neigungswinkels im Bereich von 8° bis 20° bei bauartgleichen Umfangsplanfräsern für Mehrseitenfräsmaschinen untersucht. Bei einem Neigungswinkel von 16° liegt ein Geräuschminimum bei Bearbeitung vor. Auch für den Staubanteil am Zerspangut wurde für diesen Neigungswinkel ein Minimum nachgewiesen. Neigungswinkel über 16°, die konstruktiv eher nur kostenintensiv zu verwirklichen sind, führen zu keiner weiteren Verbesserung der Arbeitssituation.

Literatur

[1] Niemeyer, W.-H.: Einflüsse auf die Geräuschemission von Fräswerkzeugen mit gleicher und ungleicher Schneidenanordnung. In: HOB – Die Holzbearbeitung 36 (1989) Nr. 5, S. 56-66.

[2] Niemeyer, W.-H.: Einflüsse auf die Geräuschemission von Fräswerkzeugen für die Holzbearbeitung bei Verwendung von Werkzeugen mit zeitlich ungleichen Abständen des Schneideneingriffs. BMFT-PT HdA 01HK465, TIB. Hannover 1991.

[3] Heisel, U.; Weiss, E.: Die Fräserbauart beeinflußt bei Kehlmaschinen die Staub- und Späneentstehung. In: HOB – Die Holzbearbeitung 36 (1989) Nr. 11, S. 23-29.

[4] Heisel, U.; Weiss, E.: Einfluß von Schneidengeometrie und Bearbeitungsparameter auf die Staubentwicklung bei Kehlmaschinen. In: HOB – Die Holzbearbeitung 36 (1989), Nr. 12, S. 14-21.

[5] N.N.: Die neuen Technischen Regeln für Gefahrstoffe „Holzstaub" (TRGS 553). In: HBG-Mitteilungen 71, Oktober-Dezember 1992, München 1992.

[6] Mader: Neuartige Spiralmesserwelle für geräuscharmes Hobeln. In: HBG-Mitteilungen 42, Juli-September 1985, München 1985.

[7] Kotěšovec, V.: Das Strömungsfeld von Fräswerkzeugen. In: Holztechnologie 29 (1988) Nr. 3, S. 151-159.

[8] Rajčan, E.; Krontorád, K.: Einige Sonderheiten der Lärmminderung in der Holzbearbeitungsindustrie. In: Fortschritte der Akustik – DAGA '92, Teil A, Seite 389-392. Bad Honnef: DPG-GmbH 1992.

[9] TRGS 900: Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen und biologische Arbeitsstofftoleranzen (MAK- und BAT-Werte).

[10] Heisel, U.; Weiss, E.: Entstehung, Erfassung und Messung von Holzstaub. In: HOB – Die Holzbearbeitung 36 (1989), Nr. 11, S. 23-29.

[11] Heisel, U.; Lang, E.: Das kommt nur in die Tüte – Staubabsaugung an Elektrowerkzeugen. In: Trockenbau 7/92, S. 57-67.

HOB-KENNZIFFER **110**