

Einflußgrößen auf die Staubemission von Handoberfräsen

Handoberfräsmaschinen sind sehr vielseitige Elektrowerkzeuge, die für die handwerkliche Tätigkeiten im Innenausbau und im Möbelbau eingesetzt werden. Mit den Oberfräsen lassen sich in Vollholz, in Holzwerkstoffen und in Kunststoffen sehr vielseitige Fräsarbeiten durchführen. Die hochtourig laufenden Frässpindeln erzeugen hohe Schnittgeschwindigkeiten und hohe Zeitspanvolumen, so daß teilweise hohe Staubemissionen entstehen und viele Oberfräsen den zulässigen TRK-Wert von 2 mg/m^3 nicht einhalten können. Die Maschinen lassen sich nur extern über einen Saugschlauch absaugen. Sie gehören neben den Handkreissägen zu den staubkritischen

Maschinen. Nach Staubmessungen des Fachausschuß Holz liegt der statistisch gesicherte Mittelwert bei den Oberfräsmaschinen unter worst-case-Bedingungen oberhalb des zulässigen TRK-Werts bei $3,7 \text{ mg/m}^3$. Die hohe kinetische Energie des entstehenden Spänestrahls und die bei der Zerspanung sehr stark wechselnden Spänestrahrichtungen schaffen in Hinblick auf die Stauberfassung Probleme. Besonders kritisch ist der Wechsel zwischen dem Gleich- und Gegenlaufräsen. Hohe Staubemissionen entstehen sowohl bei der Kantenbearbeitung als auch beim Nuten und Falzen mit großen Schnitttiefen. – Von Prof. Dr.-Ing. U. Heisel und Dipl.-Ing. E. Lang¹⁾.

¹⁾ Professor Dr.-Ing. U. Heisel ist Leiter des Institutes für Werkzeugmaschinen (IfW) der Universität Stuttgart, Dipl.-Ing. E. Lang ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an diesem Institut.

Untersuchungen der Staubemission

Am Institut für Werkzeugmaschinen der Universität Stuttgart werden seit 1987 Staubemissionsmessungen an handgeführten Elektrowerkzeugen und Kleinmaschinen im Staubmeßstand des Instituts nach DIN 33891 Teil 1 [1] durchgeführt (Abb. 1). In diesem Prüfstand wurden im Rahmen mehrerer Forschungsvorhaben die Staubemissionen von mehr als 80 Elektrowerkzeugen, Parkettschleifmaschinen und stationären Kleinmaschinen, wie beispielsweise Kappgehrungssägen, untersucht.

Versuchseinrichtungen, Staubmeßstand und Staubmeßgeräte

Der Staubmeßstand besteht aus einer Meßkabine mit einem Raumbolumen von $39,6 \text{ m}^3$ ($h = 2,2 \text{ m}$, $l = 6 \text{ m}$, $b = 3 \text{ m}$), einem Einzugstrichter und einem 4 m

langen horizontal angeordneten quadratischen Meßkanal ($0,8 \text{ m} \times 0,8 \text{ m}$). Zur Ermittlung der Staubemissionsrate werden die handgeführten Maschinen im Staubquellenbereich der Meßkabine auf einem 750 mm hohen Arbeitstisch mit hohen Zerspanleistungen betrieben. Die Zerspan- und Arbeitsbedingungen sind als worst-case-Bedingungen mit hohem Zerspanvolumen in den maschinenspezifischen Festlegungen der DIN 33891 Teil 2 [2] für Schleifmaschinen bzw. in DIN 33891 Teil 3 [3] für Säge- und Fräsmaschinen festgelegt.

Durch Einstellung einer hohen Luftwechselzahl von $LW = 150$ bzw. $5800 \text{ m}^3/\text{h}$ an der Zentralabsaugung wird innerhalb der Meßkabine eine gleichmäßige

gerichtete, turbulenzarme Verdrängungsströmung von 0,25 m/s erzeugt. Mit der konstanten Verdrängungsströmung werden alle einatembaren Holzstaubanteile, die von der Oberfräse erzeugt und der externen Staubabsaugung (Kleinentstauber) nicht erfaßt werden, über dem Meßkanal dem Meßpunkt I zugeführt, während alle nicht einatembaren schweren Staubpartikel und Späne aufgrund ihrer Schwerkraft bereits in der Meßkabine aussedimentieren. Dies hat zur Folge, daß im Meßkanal nur die gesundheitsgefährdende Staubfraktion eingeleitet und bewertet wird.

Gravimetrische Staubmessung

Für die Holzstaubmessung werden gravimetrische Staubkonzentrationsmessungen durchgeführt. Bestimmungsgröße ist die Gesamtmasse aller erfaßten luftgetragenen Teilchen. Zur Beurteilung der Staubkonzentration werden jeweils vier Gravikons VC 25 der Firma Ströhlein, Kaarst eingesetzt. In der Übersichtstafel 1 sind die verschiede-

| Staubmeßpunkte | Anordnung | Kenn- und Beurteilungsgröße |
|----------------|---|--|
| Gravikon I | Höhe 1,1 m, auf Symetrieachse im Meßkanal, 3 m entfernt vom Einzugstrichter | Norm-Meßpunkt (DIN 33891 Teil 1) Ermittlung der Staubemissionsrate handgeführter Elektrowerkzeuge |
| Gravikon II | Höhe 1,1 m, in der Meßkabine 2 m entfernt vom Staubquellenbereich, auf Symetrieachse im Trichtermittelpunkt | worst-case-Meßpunkt (DIN 33892) höchste auftretende Staubemission im zu erwartenden Spänestrahlfeld |
| Gravikon III | Höhe 1,65 m, 0,4 m rechts vom Bediennmann, in der Meßkabine 1 m entfernt vom Staubquellenbereich | Nasenpunkt des Bediennannes maschinenbezogener Grenzwert nach FA-Holz, maximale Arbeitsplatzbelastung |
| Gravikon IV | Höhe 1,65 m, 0,4 m links vom Bediennmann, in der Meßkabine 1 m entfernt vom Staubquellenbereich | Nasenpunkt des Bediennannes maschinenbezogener Grenzwert nach FA-Holz, maximale Arbeitsplatzbelastung |
| Gravikon V | Höhe 1,65 m, in der Meßkabine, 1 m entfernt vom Einlaßfilter | Kontrollpunkt „Reststaubemission“ zur Erfassung der Grundbelastung |

Tafel 1: Anordnung der Staubmeßpunkte im Staubmeßstand

nen Meßpunkte und ihre Anordnung kurz dargestellt.

Der erste Meßpunkt beurteilt die Staubemissionrate der Elektrowerkzeuge. Er entspricht der DIN 33891 Teil 1 [1] und befindet sich auf der Symetrieachse des Meßkanals, 3 m entfernt vom Einzugstrichter. Der zweite Meßpunkt beurteilt die höchste auftretende Staubemission im zu erwartenden Spänestrahlfeld. Dieser worst-case-Meßpunkt befindet sich nach DIN 33892 [4] auf der Symetrieachse des Staubmeßstandes im Trichtermittelpunkt auf 1,1 m Höhe in etwa 2 m Entfernung von der Zerspanungsstelle. Der dritte und der vierte Meßpunkt beurteilen die höchste zu erwartende Staubbelastung im „Nasenpunkt“ des Bediennannes. Beide Meß-

punkte befinden sich in unmittelbarer Nähe zum Staubquellenbereich 0,4 m rechts und links vom Bediennmann in 1,65 m Höhe.

Damit nur die Staubemissionrate aus dem Zerspanungsversuch beurteilt wird, ist im Einlaßbereich des Staubmeßstandes eine großflächige hochwertige Filtermatte (EU5) angeordnet, die Fremdpartikel aus dem Außenbereich des Staubmeßstandes abschirmt. Ein fünfter Meßpunkt befindet sich innerhalb der Meßkabine in 1,65 m Höhe und 1 m Entfernung von dieser Filtermatte. Dieses Gravikon dient als Kontrollgerät. Es wird jeweils vor Beginn der Staubmessungen der Elektrowerkzeuge für eine Stunde betrieben und beurteilt eine eventuell von außen wirkende

Reststaubemission. Zudem beurteilt dieses Gravikon den noch eventuell vorhandenen Reststaubgehalt nach dem Abreinigungsvorgang der Meßkabine. Mehrere Staubmessungen mit diesem Kontrollgerät belegen, daß bei einem ordnungsgemäßen Betrieb die noch wirksame Reststaubemission innerhalb der Meßkabine unterhalb von 0,05 mg/m³ bzw. unterhalb der Nachweisgrenze des Staubmeßverfahrens liegt.

Beim Staubsammelkopfgerät Gravikon VC 25 wird über einen horizontalen Ringspalt die staubhaltige Luft mit einem definiertem Volumenstrom angesaugt und an einem hochwertigen Glasfaserfilter abgeschieden. Der defi-

nierte Luftvolumenstrom des Gravikons beträgt 22,5 m³/h, sein Filterdurchmesser 150 mm. Zur Bestimmung der Staubkonzentration wird die abgeschiedene Staubmasse aus der Filterbelegung durch Differenzwägung auf einer elektronischen Analysewaage ermittelt. Nach einer einstündigen Probenahme hat das Staubmeßverfahren mit dem Gravikon VC 25 eine relative Nachweisgrenze von 0,01 mg/m³.

Versuchsdurchführung

Die Staubbmessungen erfolgten nach den maschinenspezifischen Einstellbedingungen der DIN 33891 Teil 3 (Tafel 2) mit der Oberfräse Typ LO 65 E der Maschinenfabrik Mafell, Oberndorf (Abb. 2). Die Nennaufnahme der Oberfräse beträgt 600 W, die Abgabeleistung 330 W, das Maschinengewicht 2,8 kg. Bis auf die Versuche zur Ermittlung des Zahnvorschubeinflusses, wurde die Oberfräse nach Norm mit maximaler Spindeldrehzahl 20 000 min⁻¹ betrieben. Als Werkzeuge standen zweischneidige HM-Nutfräser mit 12 mm Durchmesser und einschneidige Wendeplatten-Nutfräser mit dem gleichen Durchmesser für Handvorschub der Firma Leitz, Oberkochen, zur Verfügung. Die Vorschubgeschwindigkeiten variierten bei den Versuchsreihen in einem Bereich von 0,8 bis 6 m/min, der Zahnvorschub im Bereich von 0,03 bis 0,3 mm. Für die externe Staubabsaugung der Oberfräse wurde ein Industriestaubsauger Typ SR 12 E der Festo KG, Esslingen, mit einem flexiblen Saugschlauch mit 40 mm Innendurchmesser und einer Schlauchlänge von 4 m eingesetzt. Die Nennaufnahme des Industriestaubsaugers beträgt 1100 W, der Absaugvolumenstrom 340 l/min und der maximale Unterdruck 260 mbar. Der Anschlußstutzendurchmesser am Erfassungselement des Maschinentisches der Oberfräse, an dem nach DIN 33891 Teil 3 eine Absauggeschwindigkeit von 20 m/s einzustellen ist, beträgt 41 mm.

Als Werkstoffe werden konditionierte Vollhölzer mit einer Holzfeuchtigkeit von 8 % in den Faserschnittrichtungen längs und quer sowie konditionierte Holzwerkstoffplatten aus MDF- und FPY-Platten untersucht. Standardwerkstoff sind 19 mm dicke FPY-Dreischicht-Flachpreßplatten nach DIN 68761 Teil 1 mit einer Feuchtigkeit von 8 %. Tafel 3 zeigt die technischen Daten der Versuchseinrichtung.

Arbeitszyklus nach DIN 33891 Teil 3

Zerspannt wurden 19 mm dicke 400 mm breite konditionierte Werkstücke. Der Vorschubweg betrug bei allen Meßreihen 40 m. In einer Stunde wurden 100 Frässchnitte à 0,4 m durchgeführt, davon jeweils 50 Schnitte im Gegenlauf und 50 Schnitte im Gleichlauf. Durch die konstante Einstelltiefe von 8 mm werden mit den 12-mm-HM-Nutfräsern bei

| | |
|---------------------------------|---|
| Maschinenart | Handoberfräse |
| Arbeitsgang | Nuten von Spanplatten |
| Arbeitsablauf | es werden mindestens 2 Messungen zu je 1 h durchgeführt, pro Messung 5 Arbeitszyklen à 10 min spanen, 2 min Pause |
| Werkstück Werkstoff | FPY-Flachpreßplatte nach DIN 68761 Teil 1 mit einer Dicke von 19 mm bestehend aus drei Schichten |
| Abmessungen | Ausgangsmaß 800 mm × 400 mm × 19 mm |
| Holzfeuchte | Feuchtegehalt von 8 ± 2 % |
| Werkzeug Art | vom Hersteller für Spanplatten empfohlener Nutfräser |
| Maße | 12 mm Durchmesser |
| Schärfezustand | fabrikneu bzw. frisch geschärft |
| Einstellbedingungen Drehzahl | höchstmögliche Drehzahl |
| Zerspanvorgang | Nuten, (pro Messung 100 Schnitte à 0,4 m, im Gleichlauf 50 Schnitte und im Gegenlauf 50 Schnitte) |
| Einstellung | Nuttiefe 8 mm, Führen der Maschinen am Anschlag |
| Schnitttiefe | 8 mm |
| Schnittbreite | 12 mm |
| Vorschubgeschwindigkeit | zügig, ohne die Maschine zu überlasten |
| Vorschubweg | 40 m |
| Staubabsaugung | bei externer Absaugung mittlere Luftgeschwindigkeit am Saugstutzen bei ausgeschalteter Maschine mindestens 20 m/s und bei dem vom Hersteller angegebenen Mindestvolumenstrom |
| Meßanordnung | Im Staubquellenbereich der Staubmeßkabine nach DIN 33891, Werkstück auf einem Tisch 750 mm hoch, sonst Tisch nach DIN 45635 Teil 21, Vorschub in Kabinenlängsrichtung zum Trichter. |

allen Schnittversuchen unabhängig vom Werkstoff konstante Zerspanvolumen von 384 cm³ erzeugt. Die Frässchnitte erfolgten bei maximaler Werkzeugdrehzahl auf einer Tischbasis am Anschlag, so daß die Vorschubrichtung parallel zur Längsachse des Staubmeßstandes liegt. Der Arbeitszyklus einer einstündigen Messung besteht aus fünf Zyklen mit je 10 min Fräszeit und 2 min Pause.

Ermittlung zerspanungstechnischer Kenngrößen

Durch Auswiegen der Werkstücke und Staubsäcke vor und nach dem Zerspanungsvorgang werden wichtige Kenngrößen wie z.B. die zerspannte Masse, die erfaßte Masse und die Erfassungseistung ermittelt. Beim „stationären“ Einsatz der Handoberfräsmaschine auf einer pneumatischen Vorschubeinheit (Abb. 3) wurden weitere wichtige prozeßbeschreibende Kenngrößen, wie z.B. die Spindeldrehzahl, die Maschinenaufnahmeleistung und die Vorschubgeschwindigkeit, online während des Zerspanungsvorgangs von einem Rechner erfaßt und ausgewertet. Gleichzeitig wurde der Einfluß der Bedienperson erheblich vermindert, da zum einen unabhängig vom Gleich- und Gegenlaufpräsen präzise parallele Schnitte mit konstantem Abstand gefräst, anderer-

Tafel 2: Maschinenspezifische Festlegung zur Bestimmung der Staubemissionsrate von Handoberfräsen nach DIN 33891 Teil 3

seits die Vorschubgeschwindigkeit unabhängig vom Werkstoff und Bediennmann konstant gefahren wurde. Außerdem konnten durch die exakte Voreinstellung der Vorschubgeschwindigkeit in einem Bereich von 0,8 bis 8 m/min reproduzierbare Untersuchungen der Haupteinflußgrößen, wie z.B. Zahnvorschub und Werkstoff, durchgeführt werden.

Fertigungsfähigkeit der Bedienperson beeinflusst Staubemission

Abbildung 4 zeigt den Einfluß der Bedienperson auf die mittlere Staubkonzentration im „Nasenpunkt“ bei einem Zerspanungsversuch nach DIN 33891 Teil 3 mit einem eingestellten Luftwechsel in der Kabine von LW = 2,5. Bei der ersten Versuchsreihe (Meßzyklus 1) haben acht Personen, vier geübte und vier ungeübte Bediener teilgenommen. Jede Versuchsperson hat eine einstündige Staubkonzentrationsmessung nach DIN mit der extern abgesaugten Oberfräse LO 65 E durchgeführt. In der Staubmeßkabine wurden mit zwei Gra-

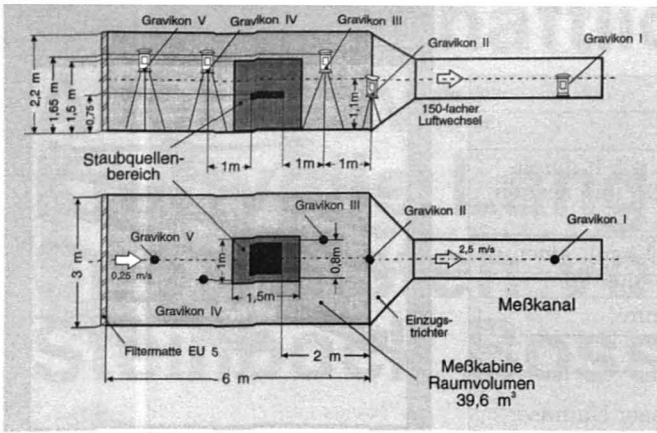


Abb. 1: Staubmeßstand nach DIN 33891

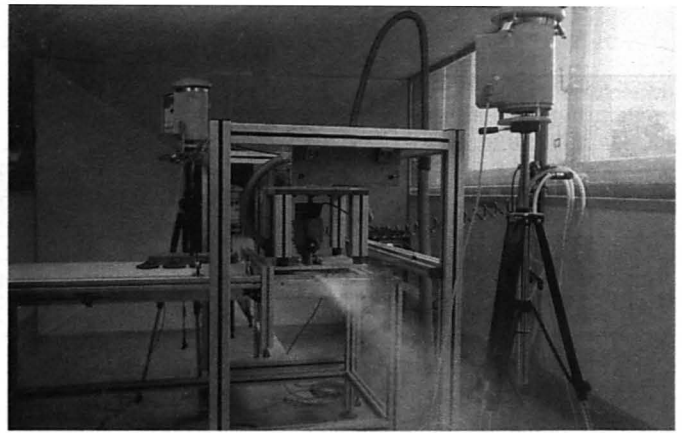


Abb. 3: Systematische Untersuchungen der Einflußgrößen auf die Staubemission mittels stationärer Vorschubeinheit

vikons der „Nasenpunkt“ des Bediener rechts und links vom Bediener ermittelt, außerdem der worst-case-Meßpunkt (Trichtermeßpunkt). Beim worst-case-Meßpunkt streuten die mittleren Staubkonzentrationen zwischen 2,31 und 9,9 mg/m³, in den beiden „Nasenpunkten“ dagegen nur zwischen 0,934 und 3,74 mg/m³. Der worst-case-Meßpunkt weist gegenüber den „Nasenpunkten“ eine dreifache Staubbelastung auf. Betrachtet man die Fertigungsfähigkeiten der Bediener, so erkennt man, daß die mit der Handhabung von Oberfräsen vertrauten Personen P3 und P4 (Schreiner) sowie P5 und P8 gegenüber den ungeübten Personen P1, P2, P6 und P7 deutlich niedrigere Staubemissionen und Meßstreuungen aufweisen. Geübte Personen erzeugen niedrigere Staubkonzentrationen. Jeder weitere Meßzyklus verringert die mittlere Staubkonzentration, so daß z.B. der Einfluß der Bedienerperson beim zweiten und dritten Meßzyklus (P1 bis P5) nicht mehr markant zum Tragen kommt. Im zweiten Meßzyklus streuen die Staubkonzentrationen im „Nasenpunkt“ zwischen 1,21 mg/m³ und 0,80 mg/m³, im dritten Meßzyklus nur noch zwischen 0,60 mg/m³. Nach einer statistischen Auswertung (Student t-Verteilung 95 %, siehe Tafel 4) ergeben die Meßwerte für die Oberfräse LO 65 E, daß alle geübte Personen die TRK-Werte sicher einhalten können.

Fazit: Die Handhabung der Oberfräse beeinflusst das Meßergebnis. Geübte Personen können den TRK-Wert von 2 mg/m³ einhalten, ungeübte Personen aufgrund der hohen Standardabweichungen ihrer Meßreihen nicht. Mit reproduzierbaren Versuchsbedingungen auf einer stationären Vorschubeinheit werden die niedrigsten Meßwerte und Standardabweichungen erzielt.

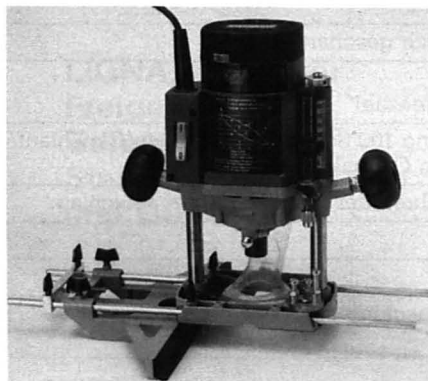


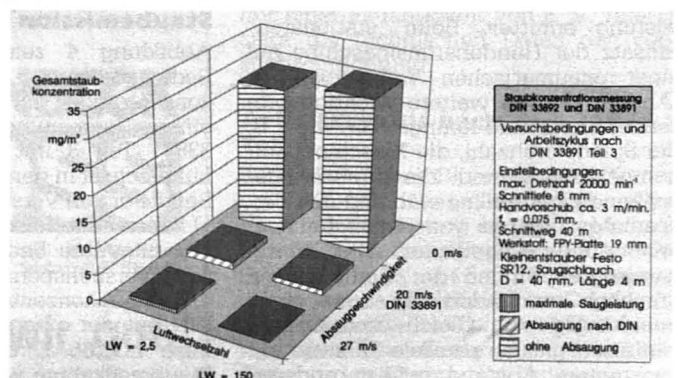
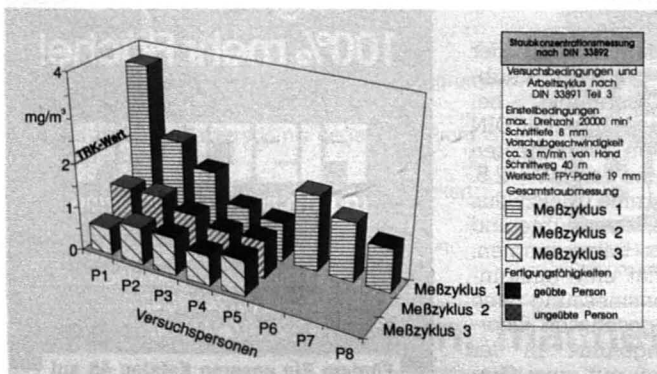
Abb. 2: Versuchsmaschine Oberfräse Mafell LO 65 E (Bildnachweis: Mafell)

chungen ihrer Meßreihen nicht. Mit reproduzierbaren Versuchsbedingungen auf einer stationären Vorschubeinheit werden die niedrigsten Meßwerte und Standardabweichungen erzielt.

Einfluß der Absaugleistung

In Abb. 5 ist für den worst-case-Meßpunkt bei 2,5fachem Luftwechsel und bei 150fachem Luftwechsel der Einfluß der externen Absaugleistung auf die Staubemission dargestellt. Ohne Staubabsaugung werden unabhängig von der Luftwechselzahl im Staubmeßstand sehr hohe Staubkonzentrationen von über 30 mg/m³ erzielt. Dies hat zur Folge, daß beim Betrieb der Oberfräse ohne Staubabsaugung der Betreiber oder unbeteiligte Personen in der Nähe selbst bei guter Belüftung im Freien sehr hohen

Abb. 4: Einfluß der Fertigungsfähigkeiten der Bedienerperson



Einfluß der Vorschubgeschwindigkeit und des Zahnvorschubs

Erfahrungsgemäß hat die Größe der Vorschubgeschwindigkeit einen starken Einfluß auf die entstehende Staubemission und die erzielbare Schnittqualität. Hohe Vorschubgeschwindigkeiten bzw. große Zahnvorschübe reduzieren aufgrund der Mittenspanndicke die Staubkonzentration, verringern aber gleichzeitig die Schnittqualität der Werkstückkanten. In Abbildung 6 er-

Abb. 5: Einfluß der Absaugleistung und Luftwechselzahl auf die Staubkonzentration

kennt man, daß sowohl der Zahnvorschub (X-Achse) als auch die Anordnung der Meßgeräte (Y-Achse) und die Ausbreitungscharakteristik des Spänestrahls bei konstantem Zerspanvolumen einen Einfluß auf die Staubkonzentration haben. In Richtung des entstehenden Spänestrahls (im worst-case-Meßpunkt, 2 m entfernt vom Staubquellenbereich) steigt die Staubkonzentration von 0,71 mg/m³ (v_t = 6 m/min; f_s = 0,15 mm) auf 2,4 mg/m³ (v_t = 1,5 m/min; f_s = 0,037 mm) um über das Dreifache an, während im „Nasenpunkt“ (nach Fachausschuß Holz nur 1 m entfernt vom Staubquellenbereich) der Anstieg der Staubkonzentration deutlich flacher verläuft. Dort liegen die Staubkonzentrationswerte zwischen 0,67 mg/m³ (v_t = 6 m/min) und 1,11 mg/m³ (v_t = 1,5 m/min), so daß bei diesen Messungen der TRK-Wert nicht überschritten wird. Da aufgrund der Versuchsbedingungen die Kenngrößen für den zerspannten, erfaßten sowie für den in den Raum emittierten Massenstrom annähernd konstant sind, ist der Anstieg der Staubkonzentration allein von der mittleren Spandicke (X-Achse) und von der kinetischen Energie des entstehenden Spänestrahls abhängig.

Von Interesse ist der Einfluß des Zahnvorschubs beim Gegenlaufräsen von Spanplatte auf die Feinheit der entstehenden Spänefraktion. Durch Variation der Vorschub- und der Schnittgeschwindigkeit wurde der Zahnvorschub in einem Bereich von 0,037 bis 0,3 mm variiert. Mit der erfaßten Span- und Staubmenge aus jeweils 4 m Schnittweg wurde eine Korngrößen-Trockensiebung nach DIN mit einer Laborsiebmaschine Typ Vibro der Firma Retsch, Haan, durchgeführt. Das Ergebnis der Korngrößenanalyse (Abb. 7) zeigt, daß mit einem kleinen Zahnvorschub mehr Staub erzeugt wird und der Anteil der einatembaren Staubfraktion ansteigt. Ab einem Zahnvorschub kleiner 0,16 mm entsteht mehr als 10 % einatembare Staub.

Einfluß der Einstelltiefe auf die Staubkonzentration

In Abb. 8 ist der Einfluß der Einstelltiefe auf die Staubemission dargestellt. Dabei wurde die Einstelltiefe bei der Oberfräse LO 65 E nur in dem für die externe Absaugungsleistung kritischen Bereich variiert, also in einem Frästiefenbereich von 7,8 bis 8,2 mm. Gut erkennbar ist, daß mit zunehmender Nuttiefe sich der Erfassungsgrad von 92 % (7,8 mm) auf 58 % (8,2 mm) verringert, gleichzeitig die Staubkonzentration von 0,31 mg/m³ (7,8 mm) auf 6,9 mg/m³ (8,2 mm) überproportional stark ansteigt.

Beim Fräsen von Nuten bis 5 mm Nuttiefe ist die Nut staubfrei. Dann treten teilweise Staubablagerungen in der Fräsnut auf. Diese Staubablagerungen können bis zu einer Nuttiefe von 7,8 mm zum größten Teil beim nächsten

| | | |
|----------------------------|--|-------------------|
| Maschinenkombination | Handoberfräse mit externer Absaugung | |
| Hersteller | Maschinenfabrik Mafell, Oberndorf | |
| Maschinenart | Handoberfräse Typ LO 65 E | |
| Nennaufnahme | 600 W | |
| Abgabeleistung | 330 W | |
| Maschinengewicht | 2,8 kg | |
| Baujahr | 1991 | |
| Absaugstutzen | 41 mm | |
| Werkzeughersteller | Leitz, Oberkochen | |
| Werkzeugtyp (fabrikneu) | HM-Nutfräser | WSP-Nutfräser |
| Schneidstoff | Hartmetall K 15 | Wendeschnidplatte |
| Abmessungen | | |
| Durchmesser | 12 mm | 12 mm |
| Plattensitzlänge | 20 mm | 20 mm |
| Zähnezahl Z | 2 | 1 |
| Spanwinkel γ | 15° | 7,6° |
| Einstellwinkel κ | 15° | 30° |
| Kleinentstauber | | |
| Hersteller, Typ | Festo KG, Oberesslingen; Typ SR 12 E | |
| Nennaufnahme | 1100 W | |
| Abgabeleistung | 330 W | |
| Absaugvolumenstrom | 340 l/min | |
| maximaler Unterdruck | 260 mbar | |
| Maschinengewicht | 2,8 kg | |
| Saugschlauch | Innendurchmesser 40 mm, Länge 4 m | |
| Werkstück | | |
| Werkstoffe (Konditioniert) | FPY-Platte MDF-Platte Buche Fichte | |
| Abmessungen | Ausgangsmaß: Länge 800 mm – 1000 mm Breite 400 mm, Höhe 19 mm, Feuchtegehalt 8 ± 2 % | |
| Holzfeuchte | | |

Frässchnitt in Gegenrichtung von der „Saugglocke“ erfaßt und abgesaugt werden, so daß ein sehr hoher Erfassungsgrad und entsprechend niedrige Staubkonzentrationen vorliegen. Sichtbare Staubemissionen treten beim Fräsen vor allem beim Anschnitt des Fräsers auf. Zu beobachten ist hierbei, daß sich mit steigender Nuttiefe, aufgrund des höheren Zerspanungsvolumens, auch die in den Raum emittierte Staubwolke des Anschnittvorgangs in Vorschubrichtung vergrößert. Ab 8 mm Nuttiefe steigen die Staubkonzentrationswerte stark an, und der Erfassungsgrad bricht ein. Bei 8,2 mm Nuttiefe liegt der Erfassungsgrad unterhalb 60 %, so daß die Staubablagerungen bis zum Ende des Meßzyklusses in der Nut

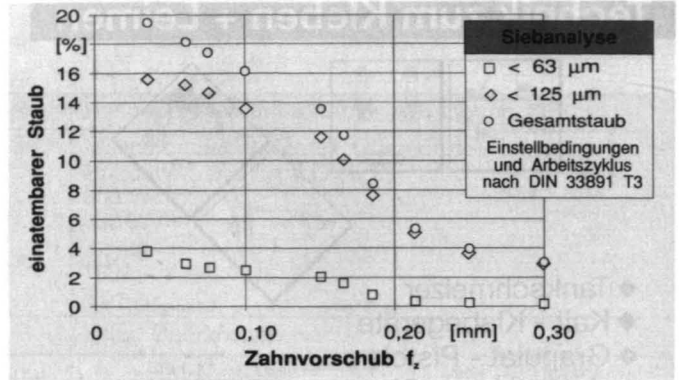
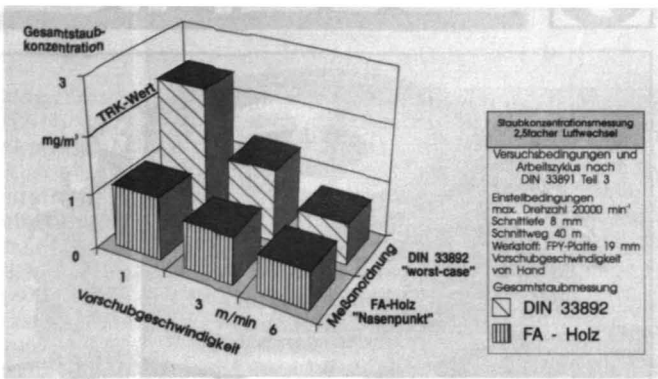
Tafel 3: Zusammenstellung der technischen Daten

verbleiben. Zudem wird ein Teil der Staubablagerungen vom Kühlluftstrom des Elektromotors aufgewirbelt und abgeblasen, so daß der Einbruch der Erfassungsleistung im Worst-case-Meßpunkt einen überproportionalen Anstieg der Staubkonzentration von 0,31 auf 6,9 mg/m³ zur Folge hat.

Fazit: Mit Zunahme der Nuttiefe

Tafel 4: Die statistisch ermittelten Staubkonzentrationswerte der Oberfräse LO 65 E sind stark abhängig von den Fertigungsfähigkeiten (- ungeübte/ + geübte) der Versuchspersonen

| Person Handhabung -/+ | Staubkonzentration Mittelwert X _i [mg/m ³] | Standardabweichung S _x [mg/m ³] | Statistisch gesicherter Meßwert nach Student-t [mg/m ³] |
|------------------------------|---|--|---|
| P1 - | 1.852 | 1.665 | 4.66 |
| P2 - | 1.402 | 0.683 | 2.55 |
| P3 + | 1.157 | 0.434 | 1.89 |
| P4 + | 0.858 | 0.227 | 1.24 |
| P5 + | 0.831 | 0.029 | 0.881 |
| „stationäre“ Vorschubeinheit | 0.724 | 0.027 | 0.770 |



steigt das zerspannte Volumen und die Staubkonzentration proportional an. Ab einer bestimmten Nuttiefe reicht die externe Absaugleistung nicht mehr aus. Es entstehen Staubablagerungen in der Nut, die teilweise vom Kühlluftstrom des Elektromotors abgeblasen und aufgewirbelt werden, so daß ein überproportionaler Anstieg der Staubkonzentration auftritt.

Werkstoffeinfluß auf die Staubemission

In einer Versuchsreihe wurde die Staubemissionsrate der Oberfräse LO 65 E nach DIN 33891 Teil 3 beim Nuten verschiedener Werkstoffe ermittelt. Die Emissionsrate errechnet sich aus der mittleren Staubkonzentration und dem abgesaugten Hauptvolumenstrom des Staubmeßstandes. Man erkennt in Abb. 9, daß die Holzwerkstoffe MDF und FPY gegenüber den Vollhölzern sehr hohe Staubemissionen erzeugen. Ein besonders kritischer Werkstoff ist MDF. Bei den Vollhölzern treten in Faserlängsrichtung gegenüber dem Querschnitt höhere Staubemissionen auf. Die Staubemissionsraten vom Weichholz zu Hartholz Buche stehen im Verhältnis 1:2,5.

| Werkzeugtyp | HM-Nutfräser | WSP-Nutfräser |
|------------------|-----------------|-------------------|
| Schneidstoff | Hartmetall K 15 | Wendescheidplatte |
| Abmessungen | | |
| Durchmesser | 12 mm | 12 mm |
| Plattensitzlänge | 20 mm | 20 mm |
| Zähnezahl Z | 2 | 1 |
| Spanwinkel γ | 15° | 7,6° |
| Einstellwinkel κ | 15° | 30° |

Abb. 7: Einatembare Staubanteil beim Nutfräsen von FPY-Spanplatte, abhängig vom Zahnvorschub

Abb. 6: Einfluß der Vorschubgeschwindigkeit und des Zahnvorschubs

Abb. 10 zeigt die Anteile der einatembaren Staubanteile im Verhältnis zur gesamt zerspannten Masse abhängig vom Holzwerkstoff und vom Zahnvorschub. Nach der Korngrößenanalyse sind die kritischen Werkstoffe MDF, FPY und Buche in Faserlängsrichtung. Der einatembare Staubanteil erhöht sich mit kleiner werdendem Zahnvorschub. Eine Verringerung des Zahnvorschubs f_z von 0,15 mm auf 0,0375 mm hat eine Verdopplung der einatembaren Staubanteile zur Folge.

Werkzeugeinfluß

Einen erheblichen Einfluß auf die Staubemission hat das eingesetzte Fräs Werkzeug. Bei den in Abb. 11 dargestellten Staubemissionen wurde jeweils ein zweischneidiger 12 mm HM-Nutfräser und ein 12 mm Wendeschneidplatten-Nutfräser unter gleichen Einsatzbedingungen in MDF- und FPY-Platte untersucht (Tafel 5). Bei konstanten Randbedingungen und einem Zahnvorschub von $f_z = 0,15$ mm erzeugt der WSP-Nutfräser gegenüber dem HM-Nutfräser

ser eine etwa vier- bis fünffache Staubemission.

Dies kann teilweise mit der kinetischen Energie des Spänestrahls und dem Strömungsfeld der Fräs Werkzeuge erklärt werden. Mit dem WSP-Nutfräser entsteht ein starker Spänestrahl in der Nut, so daß Staubablagerungen in der Nut eingetragen werden. Aufgrund der veränderten Ausbreitungscharakteristik des Spänestrahls sinkt der Erfassungsgrad des Kleinentstaubers bei Spanplatte und MDF von 83 auf unter 44 %.

Fazit: Die Bauart des Fräasers (Spanraumgestaltung und das entstehende Strömungsfeld) hat einen Einfluß auf die Staubemission. Wird der entstehende Spänestrahl nicht vom Erfassungselement erfaßt, so entstehen aufgrund der hohen kinetischen Energie des Spänestrahls hohe Staubemissionen.

Zusammenfassung

Handgeführte Oberfräsmaschinen gehören zu den staubintensiven Elektrowerkzeugen. Sie erzeugen hohe Staubemissionen, so daß extern abgesaugte Oberfräsmaschinen bei der staubtechnischen Prüfung im Durchschnitt über dem zulässigen TRK-Wert von 2 mg/m³ liegen. Durch konstruktive Maßnahmen am Erfassungselement und am Fräs Werkzeug lassen sich die Staubemissionen erheblich reduzieren. Zum Beispiel kann mit einer engen Einhausung der Fräs Werkzeuge und mit einem hohen Absaugvolumenstrom ein sehr guter

Tafel 5: Geometrische Daten der untersuchten Nutfräser

Abb. 8: Einfluß der Nuttiefe auf die Staubkonzentration

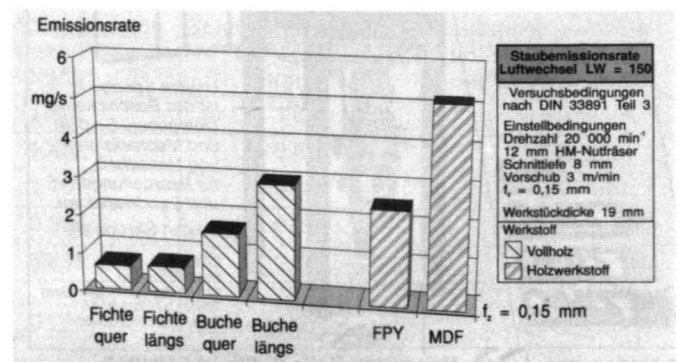
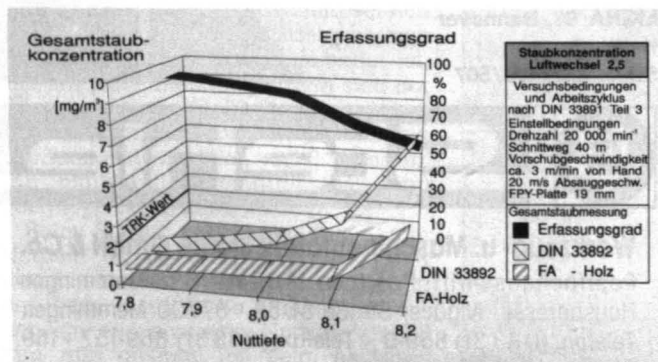
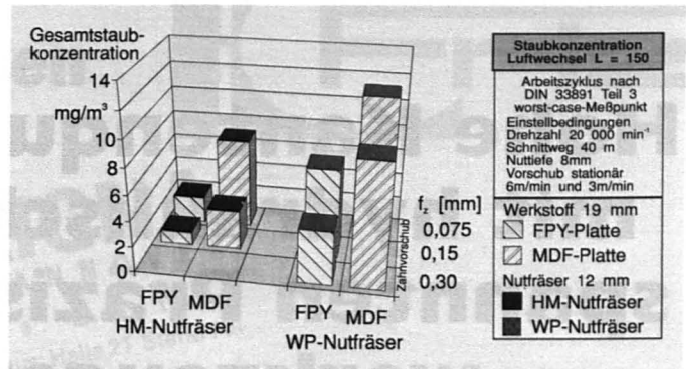
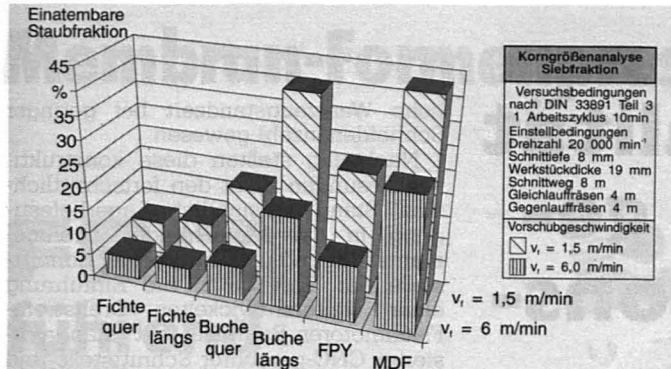


Abb. 9: Staubemissionsrate der Oberfräse, abhängig von der Faserschnitttrichtung und vom Werkstoff



Erfassungsgrad erzielt werden, so daß die Handoberfräsmaschinen den 2-mg/m³-Wert sicher einhalten.

Staubkritische Arbeitsgänge sind nach den vorliegenden Untersuchungen der Fräsanschnitt, der Wechsel zwischen dem Gleich- und Gegenlauffräsen, die Kantenbearbeitung sowie Nuten und Falzen mit großen Schnitttiefen. Einen erheblichen Einfluß auf die Staubemission hat der Werkstoff. Vor allem die Holzwerkstoffplatten MDF und FPY erzeugen gegenüber den Vollhölzern Buche und Fichte sehr hohe Staubemissionen. Ein besonders kritischer Werkstoff ist MDF, bei dem verstärkt einatembare Staub erzeugt wird.

Bei den vom Bediener frei wählbaren Einstellgrößen hat der Zahnvorschub die größte Bedeutung. Der Zahnvorschub ist abhängig von der Maschinendrehzahl, der Zähnezahl und der Vorschubgeschwindigkeit. Er bestimmt sowohl die Schnittqualität und die Staubemission. Mit kleiner werdendem Zahnvorschub f_t erhöht sich die Schnittqualität und die Staubemission, dabei wird z.B. der Anteil der einatembaren Staubfraktion in Spannplatte z.B. von 6 auf über 30 % erhöht.

Eine weitere wichtige Einstellgröße ist die Einstelltiefe bzw. Nuttiefe. Mit Zunahme der Nuttiefe steigt das zerspante Volumen und die Staubkonzentration proportional an. Ab einer bestimmten Nuttiefe reicht die externe Absaugleistung nicht mehr aus, so daß Staubablagerungen in der Nut entstehen. Diese Ablagerungen werden vom Kühlluftstrom des Elektromotors durch Abblasen und Aufwirbeln in die umgebende Raumluft eingetragen, so daß ein überproportionaler Anstieg der Staubkonzentration entsteht.

Des weiteren beeinflusst die Handhabung der Oberfräse das Meßergebnis. Bei geübten Personen liegen die Staubemissionen und Standardabweichungen gegenüber ungeübten Personen deutlich niedriger. Mit reproduzierbaren Versuchsbedingungen auf einer stationären Vorschubeinheit werden die niedrigsten Meßwerte und Standardabweichungen erzielt.

Literatur

[1] DIN 33891 Teil 1, Feb. 1989. Staubemission technischer Arbeitsmittel – Bestimmung der Staubemissionsrate – Basisverfahren. Beuth Verlag GmbH, Berlin.

▲ Abb. 10: Einatembare Staubanteil beim Nutfräsen unterschiedlicher Werkstoffe

Abb. 11: Einfluß der Fräswerkzeuge unterschiedlicher Werkstoffe (Bildnachweis: außer Abb. 2 IfW)

[2] Heisel, U.; Lang, E.; Weiss, E.: Verringerung der Staubemission bei der Holzbearbeitung mit – Teil A: Elektrowerkzeugen, Teil B: Fräs- und Hobelwerkzeuge von Stationärmaschinen. Endbericht AiF-Forschungsvorhaben 7126.

[3] DIN 33891 Teil 2, Juli 1991. Staubemission technischer Arbeitsmittel; Bestimmung der Staubemissionsrate handgeführter Schleifmaschinen. Beuth Verlag GmbH, Berlin.

[4] DIN 33891 Teil 3, Juli 1991. Staubemission technischer Arbeitsmittel; Bestimmung der Staubemissionsrate handgeführter Säge- und Fräsmaschinen. Beuth Verlag GmbH, Berlin.

[5] Entwurf DIN 33892, Aug. 1990. Staubemission technischer Arbeitsmittel; Bestimmung der Staubkonzentration unter Worst-case-Bedingungen – Basisverfahren. Beuth Verlag GmbH, Berlin.