

Wege und Lösungen zur Konstruktionsoptimierung von Maschinen für die Holzbearbeitung

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. U. Heisel

IfW, Institut für Werkzeugmaschinen, Universität Stuttgart

Abstract

The quality of a machined surface is considerably influenced by the dynamic behaviour of the machine tool. This paper deals with approaches to optimize woodworking machines and processes. Methods and results are presented with help of examples from the modal analysis and the running mode analysis, a newly developed method for the evaluation and analysis of machined surfaces, and with examples of the Finite Element Analysis. Furthermore a procedure to develop efficient machine concepts based on lightweight construction is discussed.

Machining quality can be improved by an optimization of the machine but also by the use of new technologies. In case of face milling with tapered tools high cutting qualities can be reached so that follow-on operations can be omitted. New disposal concepts for chips and dust as well as a concurrent reduction of harmful noise emission define new standards in the environmental behaviour of the woodworking industry.

1 Einleitung

Der allgemeine Kostendruck in der Industrieproduktion schlägt sich auch im Bereich der Holzbearbeitung nieder. Geringe Produktionskosten bei gleichzeitig steigenden Qualitätsanforderungen und höherer Ausbringung erfordern flexible Strukturen in der Planung, der Logistik und vor allem in der Fertigung. Dabei zeigt sich speziell in der Holzbearbeitungsindustrie ein Trend zu kleineren Losgrößen, der Flexibilisierung von Fertigungsanlagen und der Reduzierung von Maschinenlaufzeiten. Nicht alle installierten Holzbearbeitungsmaschinen und

Anlagen können diesen Anforderungen vollständig gerecht werden, da sie konstruktionsbedingt in den häufigsten Fällen nur unter erheblichem Zeitaufwand umgerüstet werden können.

Neben der automatisierten Fertigung läßt sich in der Holzbearbeitungsindustrie auch in näherer Zukunft eine Vielzahl manuell zu verrichtender Tätigkeiten nicht vermeiden. So zählen beispielsweise heute Arbeiten bei der Maschinenbeschickung zu denen am meist gesundheitsgefährdeten Bereichen. Neben einer hohen Staubbelastung unterliegt das Bedienpersonal zusätzlich einer großen Lärmemission und der Gefahr, Opfer schnelldrehender oder berstender Werkzeuge zu werden. Problematisch erweist sich der erhebliche finanzielle Aufwand für den Maschinenhersteller und den Betreiber für effektive Schutzmaßnahmen gegen Staub, Lärm und Bedienschutzeinrichtungen. Sie stellen einen wesentlichen Kostenfaktor dar, sind dennoch für die moderne Industrieproduktion nicht verzichtbar.

2 Optimierungsziele

Für die Weiterentwicklung von Holzbearbeitungsmaschinen sind neben den rein technischen Funktionen in zunehmendem Maße die Wirtschaftlichkeit der Maschinen sowie der Gesamtanlage zu gewährleisten. Ließ sich ein Betreiber bislang von einer Maschine mit sämtlichen technischen Feinheiten überzeugen, so zeigen sich für den Maschinenhersteller heute eher dadurch Wettbewerbsvorteile, wenn zunehmend flexiblere Standardprodukte eingesetzt werden. Als Konzept für die neue Entwicklung von Holzbearbeitungsmaschinen steht die Zielvorstellung einer modular erweiterbaren Grundmaschine, deren Komponenten durch größere Stückzahlen kostengünstig entwickelt und gebaut werden können und deren Störanfälligkeit dadurch begrenzt werden kann. Die entscheidenden Wettbewerbsvorteile der Holzbearbeitungsindustrie werden in Zukunft durch die Reduktion der Bearbeitungszeiten, wie beispielsweise durch die Erhöhung von Vorschubgeschwindigkeiten und Beschleunigungen erreicht.

In Bild 1 werden die Bearbeitungszeiten typischer Werkstücke, wie zum Beispiel Schrankwand, Tisch und Schubkastenvorderteil, die jeweils auf herkömmlichen Bearbeitungszentren und auf Maschinen mit gesteigerten Maschinenleistungen bearbeitet wurden, verglichen. Es zeigen sich bei der Maschine mit optimierter Maschinendynamik, größeren Spindelleistungen und optimierter Verleimtechnik in allen Anwendungsfällen deutliche Bearbeitungszeitvorteile.

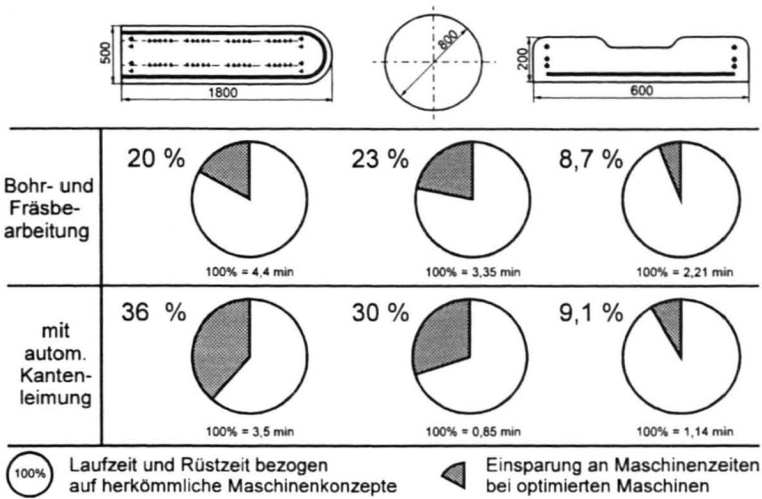


Bild 1: Vergleich der Bearbeitungszeiten typischer Werkstücke auf Bearbeitungszentren herkömmlicher Bauart bei optimierten Maschinen

Kosten [TDM]

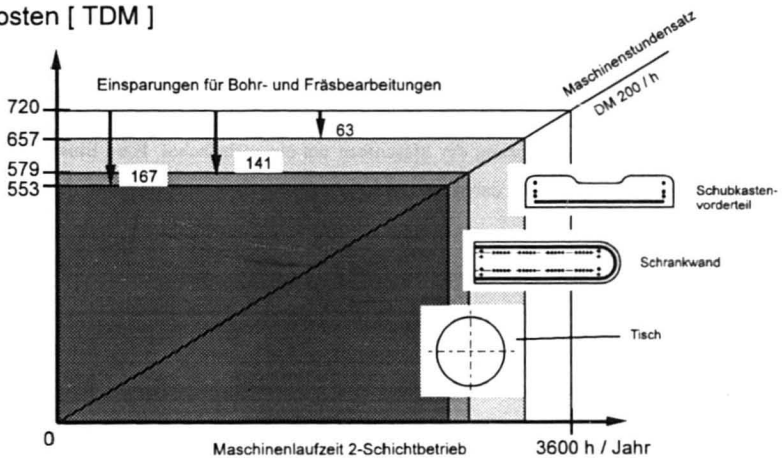


Bild 2: Kosteneinsparung durch verbesserte Maschinendynamik bei verschiedenen Bohr- und Fräsbearbeitungen

Bei der Hochrechnung auf eine jährliche Betriebsdauer der Maschinen von 3600 Stunden (2-Schicht-Betrieb) ergeben sich unter der Annahme eines Maschinenstundensatzes von DM 200,- allein für die anteiligen Fräs- und Bohrarbeiten Kostenvorteile von DM 63.000,- bis DM 167.000,- (Bild 2).

Die generelle Forderung an neue Maschinengenerationen richtet sich neben dieser rein wirtschaftlichen Betrachtung aber auch an die Erfüllung des gestiegenen Qualitätsniveaus des Möbel- und Innenausbaukunden. Die Bearbeitungsqualität wird in entscheidendem Maße vom Fertigungsprozeß und somit von der Holzbearbeitungsmaschine bestimmt. Neben variablen Prozeßparametern ist meist die Maschinensteuerung und der strukturelle Aufbau der Maschine für das Bearbeitungsergebnis ausschlaggebend. Zur Beurteilung der Bearbeitungsqualität werden bislang viele visuelle Kriterien angewendet, die schwer in technische Größen zu fassen und somit schwer zu automatisieren sind. Die Zielsetzung an automatisierbare Qualitätssicherungssysteme muß somit sein, solche Parameter zu ermitteln, die dem visuellen Eindruck des Menschen gerecht werden und einen Eingriff in den Produktionsprozeß erlauben. Weitere Parameter und Daten dienen wiederum dem Maschinenhersteller als Kriterium für Verbesserungen und Änderungen an der Maschine.

Eine weitere Zielsetzung beim Betrieb von Holzbearbeitungsmaschinen ist die Einsparung von Energie. Die installierte Maschinenleistung besteht zu einem großen Anteil aus den Maschinenabsaugleistungen. Werden auch noch die Heizenergie zur Erwärmung der Frischluft in Fabrikationsanlagen hinzugezählt, dann überwiegen die Anteile Absaugung und Heizung gegenüber der reinen Motorleistung der Maschinen um ein mehrfaches. Eine Einsparung von Absaugleistungen schlägt sich dabei sowohl in den Energiekosten, als auch in den Anlagenkosten nieder.

Ein weiteres Ziel ist die Reduzierung der Gefährdung des Bedieners. Das Maschinenpersonal wird in der Holzverarbeitungsindustrie häufig durch erhöhte Staubkonzentrationen und durch unzulässige Lärmpegel gesundheitlich geschädigt. Die Maschinenbetreiber werden zwar durch Vorschriften und gesetzliche Regelungen angehalten, diese Mißstände durch Optimierung der Anlagen zu beseitigen, in den häufigsten Fällen gestaltet sich dies jedoch nicht sehr einfach. Nur der Maschinenhersteller kann durch konstruktive Maßnahmen und Lösungen bereits bei der Konzeption der Maschinen und Anlagen diese Gefährdungspotentiale mindern.

3 Vorgehensweise und Beurteilung

3.1 Maschine

Modal- und Betriebsschwingungsanalysen

Bei der Bearbeitung von Holz und Holzwerkstoffen führen Schwingungen während der Bearbeitung sehr oft zu einer Qualitätsminderung am Bearbeitungsergebnis. Bei Bearbeitungen insbesondere auf großen CNC-gesteuerten Bearbeitungszentren werden sehr schnell die Grenzen des Systems erreicht. So führen niederfrequente Störeinflüsse, wie schnelle Positionierung bei schlechtem dynamischen Verhalten der Maschinenausleger und -portale, zu langwelligigen Störeinflüssen an den Werkstücken. Höherfrequente Störschwingungen, werden durch Werkzeugunrundlauf, Unwuchten und Schnittkräfte verursacht. Sie führen zu eher kurzwelligen Rattermarken am Werkstück.

Die Bestimmung des dynamischen Maschinenverhaltens wird mit der Modal- und Betriebschwingungsanalyse durchgeführt. Neben dem dynamischen Strukturverhalten werden Maschinenschwachstellen analysiert und Schwingungsformen unter Krafterregung im Betrieb bestimmt. Für die Analyse bestehender Maschinenstrukturen stellt die Modal- und Betriebschwingungsanalyse ein schnelles und universell einsetzbares Werkzeug dar. Bild 3 zeigt die analysierten Schwingungsformen eines Bearbeitungszentrums in Portalbauweise bei einer niederfrequenten Eigenschwingungsform bei 15,4 Hz und einer höherfrequenten Eigenschwingungsform bei 412 Hz.

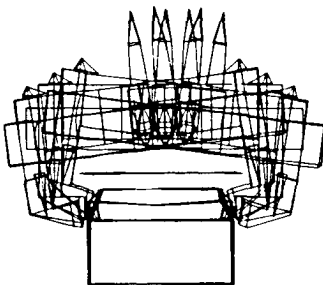


Bild 3: Schwingungsform des Portals eines CNC-Bearbeitungszentrums bei 15,4 Hz

Schwingungsform eines CNC-Bearbeitungskopfes bei 412 Hz

Deutlich erkennbar sind dabei die gefundenen Schwachstellen. Im niederfrequenten Bereich zeigen sich die Führungen als nachgiebig, im höherfrequenten Bereich der Maschinenbereich um die Spindel.

FEM

Bei der Maschinoptimierung werden Änderungen, wie beispielsweise der Auf- und Anbau von Führungen, die Anbindung der Fräsaggregate oder die Optimierung der Spindeln und Werkzeugaufnahmen durchgeführt, sowie Anhaltspunkte für Neukonstruktionen gegeben. Hier kommt die Methode der Finiten Elemente zum Einsatz. Die FEM ist ein weitverbreitetes Mittel zur Konstruktionsoptimierung und bietet die Möglichkeit, kritische Bauteile zu modellieren und sie hinsichtlich des statischen, dynamischen und thermischen Maschinenverhaltens zu berechnen.

Bild 4 zeigt das Modell eines X-Supportes einer CNC-Maschine. Die Modellierung stützte sich bei der Wahl der optimalen Randparameter auf Ergebnisse vorhandener Modalanalysen ähnlicher Maschinen. Durch die FEM-Berechnung konnte die niedrigste Eigenfrequenz um 10% erhöht werden, wobei es gleichzeitig gelang, 5% der Masse des Auslegers einzusparen.

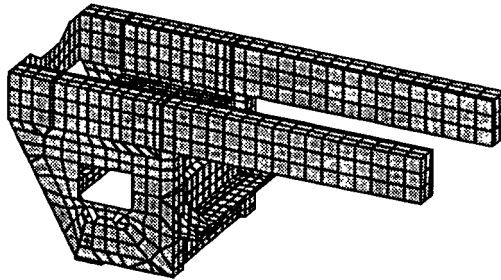


Bild 4: FEM-Modell des X-Supportes eines CNC-Bearbeitungszentrums zur statischen und dynamischen Optimierung

Die Konstruktionsoptimierung mit der Methode der Finiten Elemente nutzt dabei die Möglichkeit, das Maschinenmodell zu parametrisieren und durch den gleichzeitigen Einsatz mathematischer Optimierungsverfahren zu berechnen. Bild 5 zeigt das Berechnungsmodell einer Spindel eines Kehlautomaten und mögliche Entwurfsvariablen. Bei der Optimierung des

Spindel-Hülse-Lager-Werkzeug-Systeme zeigte sich ein wesentlicher Einfluß der Kontaktbedingungen der Schnittstelle auf die Gesamtsteifigkeit des Systemes und somit auf das dynamische Verhalten.

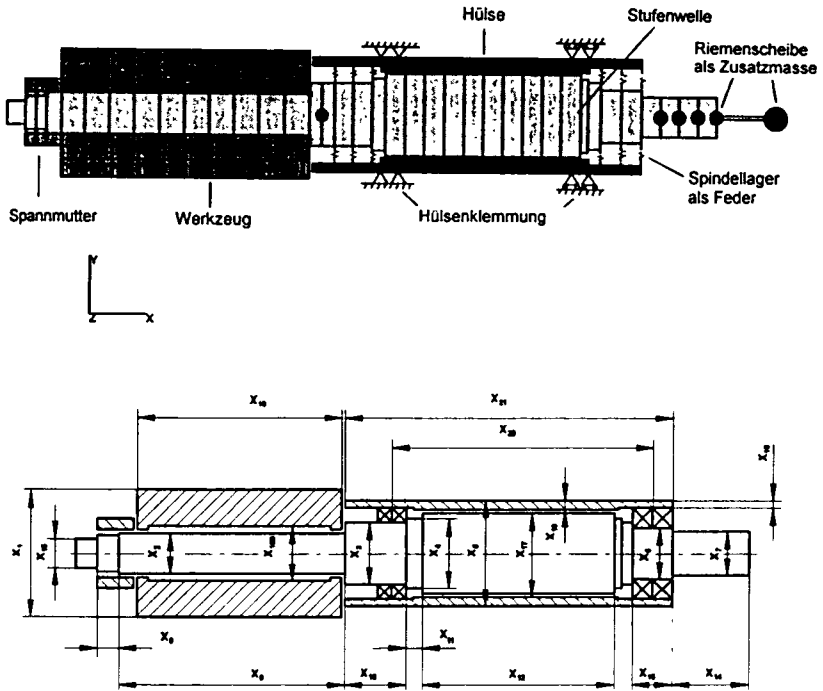


Bild 5: FE-Modell einer berechneten Spindelbaugruppe einer Kehlmaschine und das dazugehörige Parametermodell

Schnittstellen

Auch an die Spindelschnittstellen von Oberfräsmaschinen werden hohe Anforderungen gestellt. Neben der Automatisierbarkeit und der Möglichkeit der Medien- und Signalübertragung werden Schnittstellen nach den Kriterien Rundlaufabweichung, Wechselwiederholgenauigkeiten, statisches und dynamisches Verhalten im Stillstand und im Betrieb beurteilt.

Aufweitungen der Maschinenspindel durch Fliehkräfteinflüsse führten an den bisher verwendeten Spindelschnittstellen in der Holzbearbeitung schon in einigen Fällen zum Versagen und zum Bruch des Werkzeugspannsystems und damit zu lebensgefährlichen Situationen für das Maschinenpersonal.

Der Bedarf einer genormten Schnittstelle für schnellaufende Spindeln wurde mit dem Einsatz des Hohlchaftkegels ohne formschlüssige Momentenmitnahmen gedeckt. Bild 6 zeigt Vergleiche des statischen Verhaltens der verwendeten Schnittstellen SK30, SK40, HSK50-B und HSK63-B bei den in der Holzbearbeitung üblichen Spannkraften.

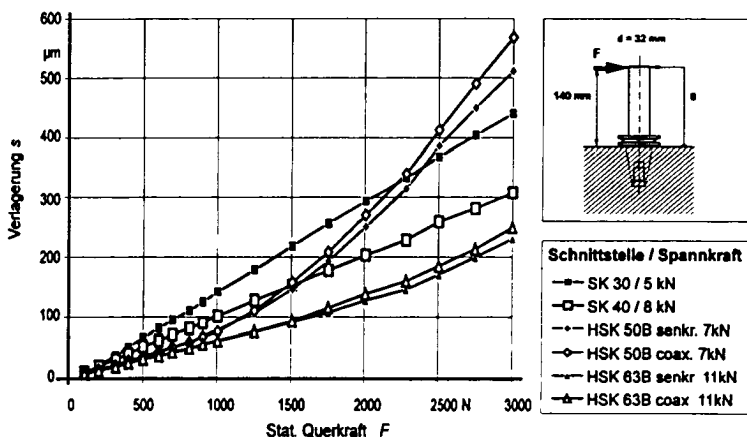


Bild 6: Vergleich der statischen Steifigkeit verschiedener in der Oberfrästechnik eingesetzter Spindelschnittstellen für automatischen Werkzeugwechsel

Der Einsatz der HSK-Schnittstelle erweist sich gegenüber der SK-Schnittstelle von Vorteil, da sowohl bezüglich des statischen Verhaltens geringere Nachgiebigkeiten, als auch bezüglich des dynamischen Verhaltens aufgrund höherer Steifigkeiten bei gleichen Massen höhere Eigenfrequenzen erzielt werden. Die Systemdämpfung wird mit zunehmendem Schnittstellendurchmesser kleiner. Die Größe der Dämpfung wird hierbei zusätzlich von der Größe der Einzugskraft und vom Verhältnis Werkzeugmasse/Schnittstellendurchmesser vorgegeben.

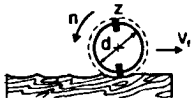
Oberflächenverfahren

Schwingungen in der Maschinenstruktur bilden sich im allgemeinen auf die zu bearbeitende Oberfläche ab. Die Identifizierung der genauen Schwachstelle konnte bislang durch Messungen nicht bestimmt werden. Das neu entwickelte Oberflächenverfahren zur Bestimmung von Schwingungen beim Umfangsplanfräsen identifiziert störende Maschinenschwingungen nach Frequenz und Amplitude. Durch die Bestimmung dieser störenden Frequenzen lassen sich Maßnahmen zur Maschinenoptimierung ergreifen.

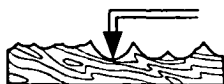
In Bild 7 ist die Vorgehensweise der Ermittlung von Störschwingungen, die sich auf der Werkstückoberfläche abbilden, dargestellt. Das neu entwickelte Oberflächenverfahren wird neben den bekannten Verfahren zur Ermittlung von Strukturschwachstellen von Maschinen zur Identifizierung von Störschwingungen eingesetzt. Der gerätetechnische Aufwand ist bei der Durchführung einer Betriebsschwingungsanalyse im Vergleich zu einer Modalanalyse geringer. Der Aufwand beim Oberflächenverfahren begrenzt sich auf die Verwendung eines Oberflächentastschnittgerätes und eines zusätzlich entwickelten Auswerteprogramms.

Das Oberflächenverfahren ermittelt auch niederfrequente Schwingungen, die während der Bearbeitung zu langwelligen Schwingungen mit großen Amplituden führen.

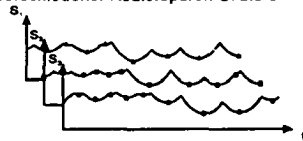
Bearbeitung mit kodiertem Werkzeug
Prozeßparameter



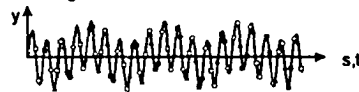
Messung der Oberfläche
mit Tastschnittgerät,
Holzart eingeben



Ermittlung der Abbildungszeitpunkte t_1 bis t_n
verschiedener Kodierspuren S_1 bis S_n



Relativbewegung zwischen Werkzeug und Werkstück im Zeitbereich



Ermittelte Störschwingungen $fs_1 \dots fs_n$
in Frequenz und Amplitude

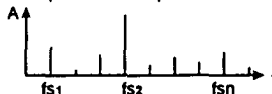


Bild 7: Oberflächenverfahren zur Ermittlung von Störschwingungen zwischen Werkzeug und Werkstück.

Maschinenkonzepte / Blechleichtbau

Neue Maschinenkonzepte können u.a. durch den Einsatz von Leichtbaukonzeptionen und hochdynamischen Antrieben realisiert werden. Bild 8 zeigt einen Vergleich der Gesamtbearbeitungszeit einer Bohrbearbeitung auf zwei unterschiedlichen CNC-Oberfräsmaschinen. Die Achsbeschleunigung der ersten Maschine beträgt 1 m/s^2 und die Achsgeschwindigkeit 80 m/min .

Die Maschine 2 besitzt eine Achsbeschleunigung von 4 m/s^2 und eine Achsgeschwindigkeit von 20 m/min . Es zeigen sich bis zu einem Bohrungsabstand von 387 mm Vorteile für die Maschine mit der geringeren Achsgeschwindigkeit und der höheren Beschleunigung. Erst bei größeren Verfahrenswegen werden Bearbeitungszeitvorteile durch die höhere Verfahrensgeschwindigkeit erreicht. Für die Auslegung von Oberfräsmaschinen zeigt dieses Beispiel den eindeutigen Entwicklungsbedarf der Maschinen hinsichtlich einer Steigerung der Achsbeschleunigung, der damit verbundenen notwendigen Reduzierung der bewegten Massen und der Optimierung der Maschinenstruktur.

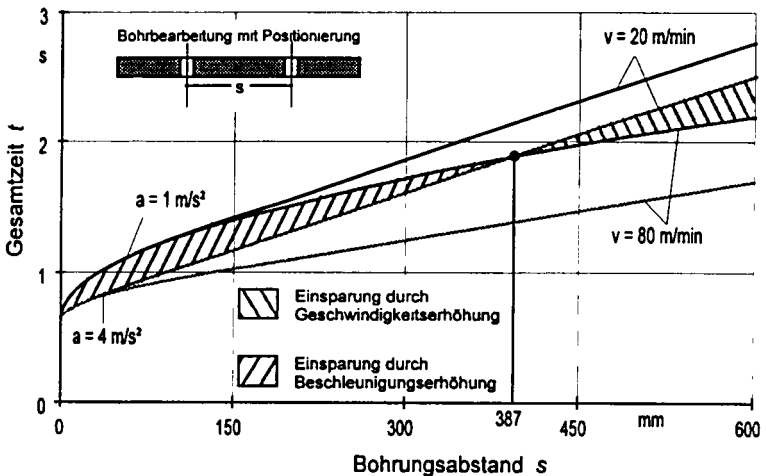


Bild 8: Einfluß der Geschwindigkeit und Beschleunigung auf die Gesamtbearbeitungszeit einer Bohrbearbeitung mit Positionierung bei unterschiedlichen Achsgeschwindigkeiten und -beschleunigungen.

Das zukünftige Konzept von Holzbearbeitungsmaschinen mit hohen Achsbeschleunigungen und an den jeweiligen Anwendungsfall angepassten Verfahrensgeschwindigkeiten erfordert neben einer steigenden Arbeitsgenauigkeit eine hohe dynamische Steifigkeit und aus wirtschaftlichen Gründen eine hohe Modularität im Aufbau. Die Maschinenauslegung hochdynamischer Bearbeitungsmaschinen erfordert die konstruktive Gestaltung der bewegten Baugruppen in Leichtbaukonzepten, um die bei hoher Verfahrdynamik wirkenden Massenkräfte zu minimieren. Um eine optimale Übereinstimmung der Maschinenanforderungen an die Konstruktion zu erreichen werden derzeit am IfW entsprechende Grundträgervarianten und Methoden für den Blechleichtbau erarbeitet. Bild 9 zeigt die Vorgehensweise der Strukturfindung eines Leichtbauträgers gleicher Steifigkeit durch Variation des Trägerquerschnittes in Abhängigkeit der Masse.

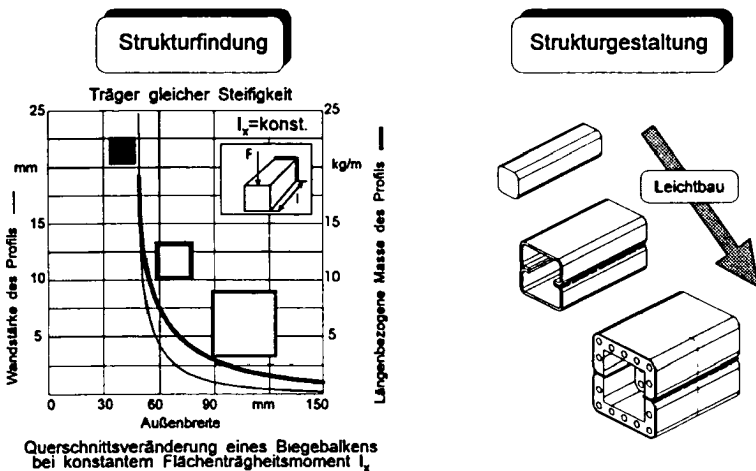


Bild 9: Strukturfindung und -gestaltung eines Leichtbauträgers durch Variation des Trägerquerschnittes in Abhängigkeit der Masse.

Steuerung

Neue Impulse gehen in der Antriebstechnik durch direktangetriebene Vorschubachsen aus, die in Verbindung mit schnellen Steuerungs- und Regelungsrechnern hohe Achsbeschleunigungen und Bahngeschwindigkeiten ermöglichen. Dazu zählen offene modulare

Steuerungssysteme und Regler auf Signalprozessorbasis mit Anbindung an eine computerintegrierte Fertigung.

3.2 Bearbeitungsverfahren und Werkzeuge

Stirplanfräsen

In der Holzindustrie wird bislang das Umfangsplanfräsen als dominierendes Bearbeitungsverfahren zur Erzeugung von Oberflächen eingesetzt. Als besonders nachteilig wirkt sich bei der Erzeugung der Oberfläche ein abgestumpfter Schneidkeil aus. Die verminderte Bearbeitungsqualität wird dabei von zerstörten bzw. gestauchten Zellen unterhalb der gebildeten Oberfläche bestimmt.

Das Stirplanfräsen bietet die Möglichkeit, diese Zone in den zu zerspanenden Bereich zu legen, wodurch eine bessere Bearbeitungsqualität erreicht wird. Die ist damit zu erklären, daß die Planschneide kaum zum Zerspanprozeß beiträgt und daher die Zellstruktur nur wenig verändert wird. Bild 10 zeigt die Lage der beeinflussten Zone beim Umfangsplan- und Stirplanfräsen.

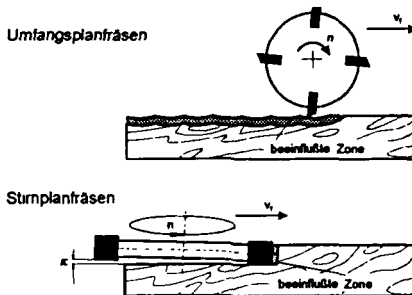


Bild 10: Vergleich der Lagen der beeinflussten Zonen beim Umfangsplan- und Stirplanfräsen.

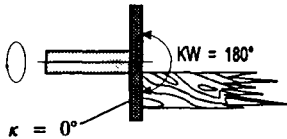
Ein Nachteil des StirplanfräSENS jedoch besteht in der Qualitätsbeeinflussung der Oberfläche durch die Schneidenecke. Dieser empfindliche Teil der Schneide ist sehr großen Belastungen ausgesetzt und unterliegt daher einem schnellen Verschleiß. Dies hat zunächst eine deutliche Verschlechterung der Oberflächenqualität zur Folge. Durch Aufteilung der Zerspanung auf

mehrere Schneidkanten eines Messers mit unterschiedlichen Einstellwinkeln und die Wahl einer balligen Planschneide wird die Veränderung der Zellstruktur des Holzes minimiert.

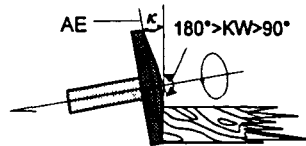
Kegelstumpfförmige Werkzeuge

Das Formatieren von plattenförmigen beschichteten Holzwerkstoffen ist in der Möbelindustrie eine der wichtigsten Arbeitsstufen, die zur Zeit durch verschiedene Varianten der Grundverfahren Kreissägen und Fräsen realisiert wird. Beide Verfahren weisen spezifische Vor- und Nachteile gegensätzlicher Art auf. Beim Kreissägen ist die Bearbeitungsqualität in der Mittellage der Spanplatte ausreichend, jedoch ist die Kantenqualität nicht bei jedem Beschichtungswerkstoff zufriedenstellend. Fräswerkzeuge hingegen erzeugen an fast allen Beschichtungsarten gute Schnittkanten, sind billiger und verursachen weniger Lärm. Allerdings ist die Bearbeitungsqualität der Mittellage bei relativ gering verdichteten Spanplatten nicht immer ausreichend.

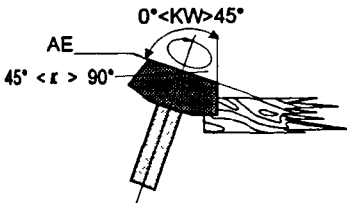
Kreissägen



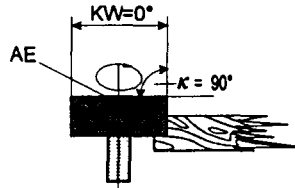
Fräsen mit kegelstumpfförmigen Werkzeugen



Fräsen mit kegelstumpfförmigen Werkzeugen



Umfangsplanfräsen



KW = Kegelwinkel AE = Arbeitsebene

Bild 11: Fräsverfahren mit kegelstumpfförmigen Werkzeugen.

Durch die Variation des Einstellwinkels ist die Schaffung eines neuen Holzbearbeitungsverfahrens durch die Synthese der Grundverfahren Kreissägen und Fräsen möglich. Das Fräsen mit kegelstumpfförmigen Werkzeugen vereint die spezifischen Vorteile beider Verfahren unter Ausschluß deren Nachteile. Bild 11 zeigt die geometrische Anordnung des Werkzeugs und des Werkstücks und Bild 12 die wesentlich höhere Bearbeitungsqualität kegelstimplangefräster Kanten gegenüber herkömmlich umfangsplangefräster Kanten.

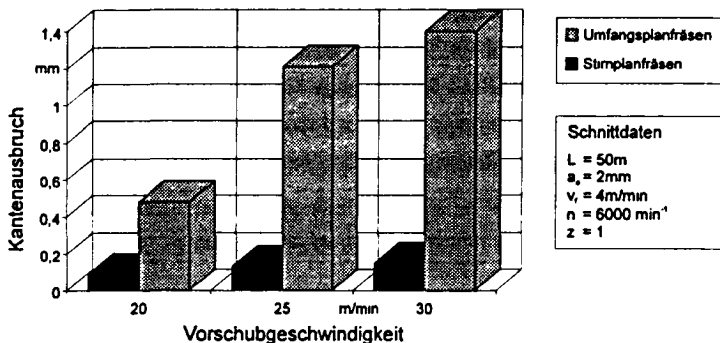


Bild 12: Vergleich des Kantenausbruchs der Fräsverfahren Umfangsplänefräsen und Stimplänefräsen

Späne- und Staubentsorgungskonzepte

Die gegenwärtige Staub- und Späneentsorgung ist mit den geforderten hohen Ansauggeschwindigkeiten und -luftmengen mit einem sehr hohen Energiebedarf verbunden. Diese hohen Erfassungsgeschwindigkeiten sind deshalb erforderlich, weil die gesamte kinetische Energie der wegfliegenden Späne aufgenommen werden muß. Der Transport der Späne und die Anwärmung der rückzuführenden Frischluft ist sehr energieintensiv und übersteigt den Energiebedarf der eigentlichen Bearbeitung um ein mehrfaches. Werden die Späne durch gezielte Späneleitelemente zur Sedimentation gebracht, kann die Abluftgeschwindigkeit und das Abluftvolumen reduziert werden. Ein Umluftsystem stellt zusätzlich sicher, daß die Sedimentation in den dafür vorgesehenen Spansammelräumen stattfindet, wo die Späne mit mechanischen Fördereinrichtungen entsorgt werden können.

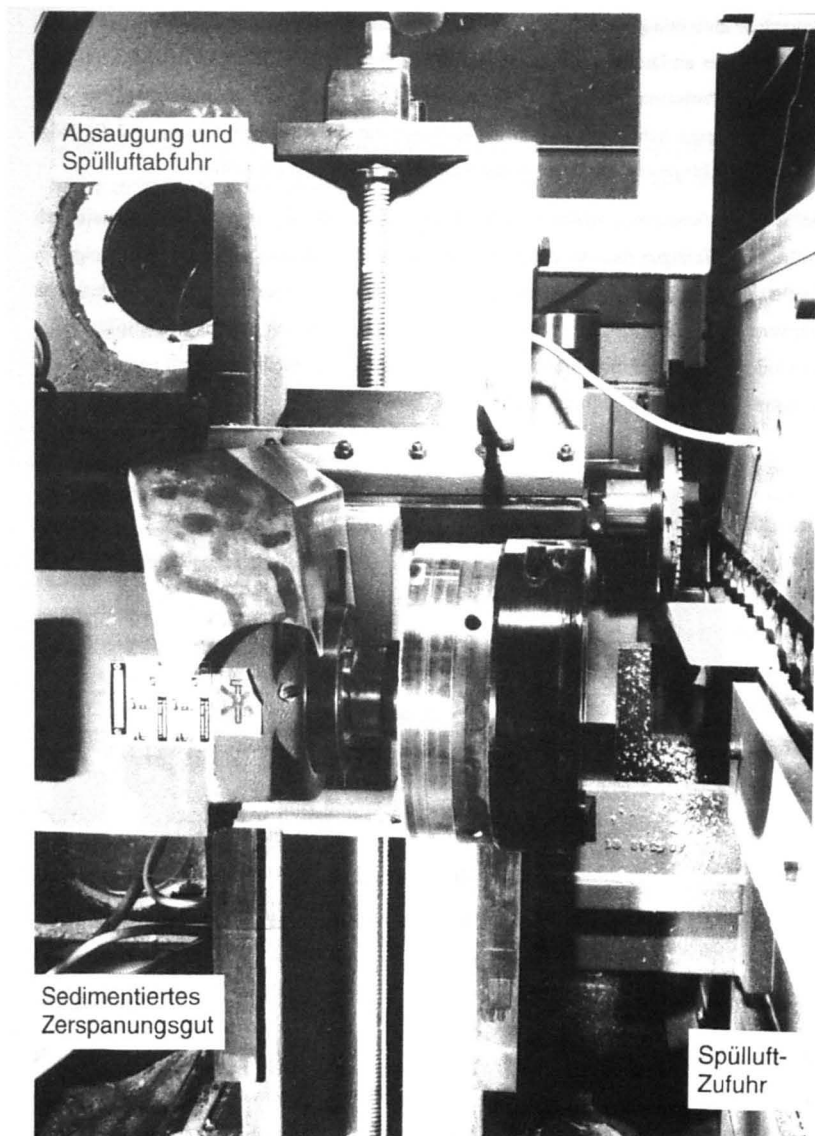


Bild 13: Realisiertes Späne- und Staubensorgungskonzept an einer Durchlaufmaschine mit verminderter Absaugleistung

Besondere Beachtung erfahren die Maßnahmen zur Realisierung des neuen Späneentsorgungskonzepts an Durchlaufmaschinen (Bild 12). Dort bereitet die momentane Einzelabsaugung große Probleme. Ist das Kapselinnere der Maschine mit Spänen zugesetzt, besteht bei CNC-gesteuerten Achsen die Gefahr der Kollision mit der Absaugeinrichtung und die Möglichkeit der Ablagerung der Späne in den mechanisch bewegten Elementen.

Bei Durchlaufmaschinen stellen Verschlußmechanismen die Minimierung der technologisch bedingten Öffnungen und die Aufrechterhaltung des Unterdrucks sicher. Bild 14 zeigt den Einfluß der Absauggeschwindigkeit und der Spülluft auf die Staubkonzentration. Durch die Verwendung von zusätzlicher Umluft zur gezielten Sedimentation der Späne am Spänesammler wird die Luftstaubkonzentration ein wenig schlechter. Sie bleibt aber weit unter dem festgelegten TRK-Wert von 2 mg/m^3 Luft.

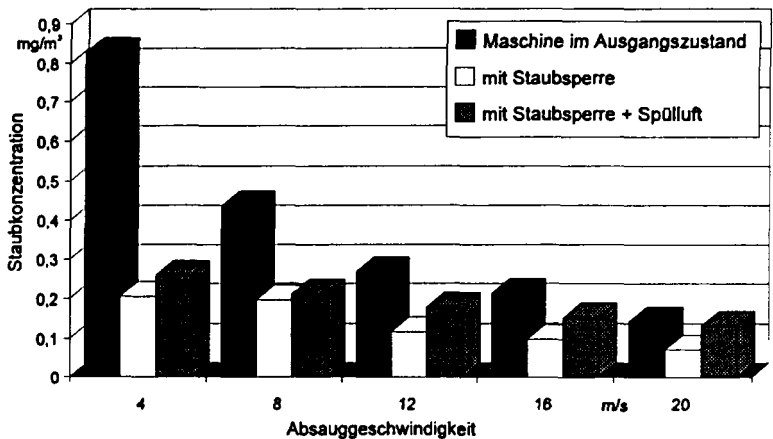


Bild 14: Minderung der Staubkonzentration an Durchlaufmaschinen bei Staubsperren und Spülluft

Staub- und Lärmemission

Durch Leistungssteigerung, wie der Erhöhung der Vorschubgeschwindigkeiten und Drehzahlen, ist trotz der Umsetzung bekannter Schallschutzmaßnahmen die Emission von Lärm an Maschinen und Maschinengruppen wieder gestiegen. Die Realisierung kompletter Staub- und Späneumhausungen schließt auch eine Senkung der Arbeitsplatzbelastung durch

Lärmemissionen ein. Die Schallintensitätsmeßtechnik als neues Meßverfahren ermöglicht hierbei auch unter ungünstigen Bedingungen Schallquellen zu orten, sie mit der Betriebs-schwingungsanalyse zu identifizieren um schließlich ihre Wirkung zu minimieren.

In einem weiteren Schritt werden Handarbeitsplätze, die in kleinen und mittleren Betrieben häufig zu finden sind, hinsichtlich der Staub- und Lärmemission optimiert. Während moderne stationäre Bearbeitungsmaschinen mit Späne- und Staubfangeinrichtungen ausgerüstet sind, wird bei der manuellen Bearbeitung von Holzteilen oftmals zuviel Staub freigesetzt. Untersuchungen über den Einsatz großflächiger Absaugeinrichtungen sind bereits in der Realisierungsphase.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Eine wirtschaftliche Produktion in der Holzbearbeitungsindustrie kann nur durch Neuentwicklungen von Verfahren und Maschinen erreicht werden, die den Belangen und Anforderungen der Anwender für eine konkurrenzfähige Fertigung gerecht werden. Für die Konstruktion, Entwicklung und Optimierung von Holzbearbeitungsmaschinen zählen Modal- und Betriebsschwingungsanalysen neben FEM-Berechnungen zu den gängigen Strukturanalyseverfahren. Durch neue Maschinenkonzepte lassen sich hier die Vorteile von Leichtbaustrukturen sowie durch den Einsatz von Antriebskonzepten mit großer Dynamik als entscheidenden Vorteil für die Holzbearbeitungsindustrie nützen. Nur mit neuen Maschinenkonzepten wird auf lange Zukunft ein Wettbewerbsvorteil zu erzielen sein.

Die vorgestellten Maßnahmen zur umweltgerechteren Produktion erweisen sich mit Schwerpunkt auf Energieeinsparungsmaßnahmen in der Holzbearbeitungsindustrie als zukunftsweisendes Konzept.

Literatur

- [1] Kemkensteffen, H.: CNC-gesteuerte Fräszentren, Material + Technik 2/93, S. 132-135.
- [2] Beyer, P.-H.: Anforderung an Maschinen zur Hochleistungszerspanung, Sonderdruck Nr. 21, HOB Die Holzbearbeitung.

- [3] Westkämper, E.; Licher, E.; Prekwinkel, F.: Hochgeschwindigkeitszerspannung von Holz und Holzwerkstoffen, HK 25 (1990) 12, S. 1438-1441 und HK 26 (1991) 3, S. 300-302.
- [4] Schulz, H.: Hochgeschwindigkeitsfräsen metallischer und nichtmetallischer Werkstoffe, Carl Hanser Verlag, München, Wien, 1989.
- [5] Beyer, P.-H.: Technologie von CNC-Holzbearbeitungsmaschinen, Cornelsen- Giradet-Verlag, 1991.
- [6] N.N.: Programmiersystem für Losgröße I, BM Bau- und Möbelschreiner, Sonderdruck aus Heft 1/93.
- [7] Pritschow, G.; Krebsler, G.; Daniel, Ch.; Kugler, W.: Merkmale offener Steuerungssysteme, HOB Die Holzbearbeitung 40 (1993) 5, S.167-170.
- [8] Lang, M.; Tröger, J.: Hobelfräsen mit vermindertem Wellenschlag, HOB Die Holzbearbeitung 37 (1990) 11, S. 43-50
- [9] Heisel, U.; Fischer, A.: Beurteilung von Oberflächen durch Prozeßsimulation, HOB Die Holzbearbeitung 39 (1992) 5, S 56 - 62
- [10] Heisel, U.; Fischer, A.: Von der Oberfläche zur Maschinenbeurteilung beim Umfangsplanfräsen, HOB Die Holzbearbeitung, 39 (1992) 6, S. 30 - 32
- [11] Heisel, U.; Tröger, J.; Steinhoff, R.; Fischer, A.: Berührungsloses Meßverfahren zur Beurteilung der Struktur bearbeiteter Holzoberflächen , HOB Die Holzbearbeitung 38 (1991) 11, S. 18 - 24
- [12] Fischer, R.: Die rechnergestützte Simulierung von Vorgängen der mechanischen Bearbeitung von Holzwerkstoffen Holztechnologie, Leipzig 30 (1989) 2, S. 89 - 92 und Heft 6, S. 281 - 282
- [13] Gringel, M.: Entwicklung von Blechleichtbaukonstruktionen für hochdynamische Bewegungsachsen mit Hilfe der FEM und dem Einsatz wissenschaftlicher Systeme. Stuttgart: IfW-Projekttag, Sonderforschungsbericht 349, 1992.
- [14] Tröger, J.: Zum Einfluß des Neigungswinkels beim Umfangs- und Stirnfräsverfahren, HOB Die Holzbearbeitung 37 (1990) 6, S. 34 - 43.

- [15] Heisel, U.; Tröger, J.: Betrachtungen zum Stirnplanfräsen, HOB Die Holzbearbeitung 38 (1991) 11, S. 18 - 24
- [16] Heisel, U.; Tröger, J.: Qualitativ hochwertige Oberflächen durch Stirnplanfräsen, HOB Die Holzbearbeitung 40 (1993) 5, S. 80-88.
- [17] Vorreiter, L.: Holztechnologisches Handbuch Band III: Verlag Georg Fromme & Co. Wien und München 1963
- [18] Kollmann, F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, Springer Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1955
- [19] Ettelt, B.: Sägen, Fräsen, Hobeln, Bohren. Die Spannung von Holz und ihre Werkzeuge. DRW - Verlag Stuttgart, 1987
- [20] Schmutzler, W.: Zerspanungsmaschinen für die Spanplattenindustrie. Fachbuchverlag Leipzig. Heft 9. Leipzig, 1964
- [21] Sommer, H. J.: Spanungslehre, Maschinen und Maschinenwerkzeuge für die Holzbearbeitung. Fachbuchverlag Leipzig, 1962
- [22] Salje, E.; Liebrecht, R.: Begriffe der Holzbearbeitung. Vulkan Verlag, Essen, 1983
- [23] Heisel, U.; Lang, E.: Einflußgrößen auf die Staubemission von Handoberfräsen, HOB Die Holzbearbeitung 40 (1993) 5, S. 100-113.
- [24] Niemeyer, W.-H.: Einflüsse auf die Geräuschemission von Fräswerkzeugen mit gleicher und ungleicher Schneidenanordnung, HOB Die Holzbearbeitung 36 (1989) 5, S. 56-66.
- [25] Heisel, U.; Niemeyer, W.-H.; Weiß, E.: Lärm- und staubarmer Fräsprozeß mit wendelförmigen Schneiden, HOB Die Holzbearbeitung 40 (1993) 5, S. 90-98.