

Meßtechnik für Massivholzoberflächen

Messen der kinematischen Rauheit von umfangsfräsbearbeiteten Oberflächen bei Massivhölzern

Die Überlagerung von translatorischer Vorschubbewegung und rotatorischer Schnittbewegung verursacht beim Hobeln (Umfangsplanfräsen) auf der Werkstückoberfläche ein zyklidenförmiges Wellenprofil (kinematische Rauheit). Zur objektiven Beurteilung der Bearbeitungsqualität ist die Erfassung dieser Bearbeitungsrippen unerlässlich. Fasern und Poren im Holz erschweren jedoch bislang eine Messung mit konventionellen Methoden. Am Institut für Werkzeugmaschinen der Universität Stuttgart wurde daher eine neue Methode zum Messen der kinematischen Rauheit von Massivhölzern mittels taktilen Meßverfahren erarbeitet.

Von Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. U. Heisel und Dipl.-Ing. H. Krondorfer¹⁾.

Einleitung

Zur objektiven Beurteilung der Bearbeitungsqualität von gehobelten Werkstücken existieren Kennwerte, die auf der Auswertung von Rillenabstand und -tiefe der entstandenen Messerschläge basieren [1, 2]. Mit taktilen Meßverfahren konnten jedoch bislang die Bearbeitungsrippen nicht mit der erforderlichen Genauigkeit erfaßt werden. Der Grund dafür liegt in der Inhomogenität des Werkstoffes Holz. Aufstehende Fasern und Poren stellen eine werkstoffspezifische Rauheit dar, die den Bearbeitungsrippen überlagert ist und oft um das drei- bis siebenfache größere Werte als diese aufweist. Trotzdem werden die Messer-

schläge mit dem bloßen Auge wahrgenommen und auch kleinste Ungleichmäßigkeiten von Rillenabstand und -tiefe, insbesondere nach dem Beizen oder Lackieren, als störend empfunden.

Oft sind Schwingungen zwischen Werkzeug und Werkstück die Ursache für eine ungleichmäßige Abfolge der Bearbeitungsrippen. Um gezielt Maßnahmen zur Verbesserung der Oberflächenqualität ergreifen zu können, benötigt man genaue Kenntnis bezüglich der die Oberflächenqualität negativ beeinflussenden Schwingungen. Nicht alle Schwingungen haben eine ungleichmäßige Abfolge der Bearbeitungsrippen zur Folge. So bewirken beispielsweise Schwingungen mit Zahneingriffsfrequenz und deren Vielfache lediglich eine quasistatische Maßabweichung durch Verschiebung des gesamten Oberflächenniveaus [1]. Ein

am IfW entwickeltes Verfahren zur Schwingungsidentifikation aus bearbeiteten Oberflächen bietet die Möglichkeit, Aussagen über Frequenz, Phasenlage und Amplitude der in der Zerspanstelle auftretenden Schwingungen zu machen [3, 4].

Im folgenden soll die Vorgehensweise beim Oberflächenverfahren kurz erläutert werden. Zunächst wird ein Werkstück mit einem speziell präparierten Werkzeug (Kodierwerkzeug) bearbeitet. Dadurch wird sichergestellt, daß die gesuchte Schwingungsinformation auf der Werkstückoberfläche enthalten ist. Auf dem Werkstück bilden sich, entsprechend der Kodierung des Werkzeugs, mehrere Spuren ab, die jeweils von nur einer Schneide geschnitten wurden. Die Kodierspuren werden nacheinander mittels Tastschnittverfahren abgetastet und die Tiefpunkte der

einzelnen Rillen bestimmt. Jeder Rillentiefpunkt ist kennzeichnend für die momentane Relativlage zwischen Werkzeug und Werkstück zum Entstehungszeitpunkt der Rillen. Die Rillentiefpunkte der einzelnen Spuren sind zu aufeinanderfolgenden äquidistanten Zeitpunkten entstanden, man kann daher den zeitlichen Verlauf der Relativbewegung zwischen Werkzeug und Werkstück durch Zusammensetzen der Tiefpunkt-Niveaulagen rekonstruieren. Durch eine nachfolgende FFT-Analyse dieses Zeitsignals erhält man das zugehörige Frequenzspektrum mit den gesuchten Informationen bezüglich Frequenz, Amplitude und Phasenlage der Schwingung.

Für eine objektive Beurteilung der Bearbeitungsqualität gehobelter Werkstücke sowie für die Schwingungsidentifikation aus bearbeiteten Oberflächen ist daher eine möglichst exakte Messung sowohl der Rillenlängen als auch der Niveaulagen der Rillentiefpunkte unerlässlich.

Abtastbedingungen

üblicherweise werden berührende Tastschnittverfahren zur Bewertung von Metall- als auch von Holzoberflächen herangezogen [5]. Dabei bietet sich ein nach dem Bezugsflächentastverfahren (DIN 4772) arbeitendes Gerät an. Sowohl für die Auswertung im Rahmen des Oberflächenverfahrens als auch zur Bestimmung von Qualitätskennwerten muß man eine ausreichend große Anzahl von Rillen berücksichtigen, das heißt die Vorschublänge des Tasters sollte ausreichend groß gewählt werden. Bei Holzwerkstücken sind der kinematischen Rauheit einerseits werkstoffbedingte und andererseits fertigungstechnisch bedingte Rauheiten überlagert, die in Abhängigkeit von der Holzart, vom Verschleißzustand des Werkzeugs und

¹⁾ Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. U. Heisel ist Leiter des Instituts für Werkzeugmaschinen (IfW) der Universität Stuttgart mit dem Versuchsfeld für Holzbearbeitungsmaschinen. Dipl.-Ing. H. Krondorfer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am IfW.

anderem um ein Vielfaches größere Werte als die kinematisch bedingte Wellentiefe annehmen. Im wesentlichen handelt es sich hierbei um aufstehende Fasern und Poren im Holz. Abb. 1 zeigt die Hobelschläge auf einem Testwerkstück. Es handelt sich um ein Profilholz aus Buche (55 x 70 x 1000 mm). Der Rillenabstand (f) entspricht dem Vorschub je Umdrehung; es handelt sich also um ein sogenanntes Einmesserfinish: Die Unwucht des Werkzeugs ist Ursache dafür, daß sich nur eine Schneide auf der Oberfläche abbildet. Dieser Fall ist bei Umfangsplanfräsoperationen an Holzbearbeitungsmaschinen recht häufig anzutreffen. In das Testwerkstück ist ein Kunststoffprofil (ABS) eingelassen. Der Kunststoff zeichnet sich durch seine homogenen Materialeigenschaften aus und dient als Referenzmaterial. Da Kunststoff und Buche gemeinsam bearbeitet werden, müssen sich in beiden Materialien dieselben Messerschläge ausbilden. Dadurch ist eine Möglichkeit zur Beurteilung der Meßergebnisse gegeben. Im Bild wird eine zusätzliche Problematik beim Messen gehobelter Holzproben deutlich. Entlang der Vorschubrichtung können die Holzeigenschaften stark variieren, so daß in bestimmten Bereichen die Messerschläge nicht erkennbar und demzufolge auch nicht auszuwerten sind. In der linken Bildhälfte ist ein solcher Bereich mit großer Porigkeit zu erkennen. Beim Abtasten der Oberfläche ist unbedingt darauf zu achten, daß nur solche Bereiche berücksichtigt werden, in denen die Messerschläge auch erkennbar sind.

Standardmäßig werden bei Oberflächenmessungen mit 'Fastschnittgeräten' kegelförmige Diamant-Tastspitzen mit Spitzenradien zwischen 2,5 µm und 5 µm eingesetzt.

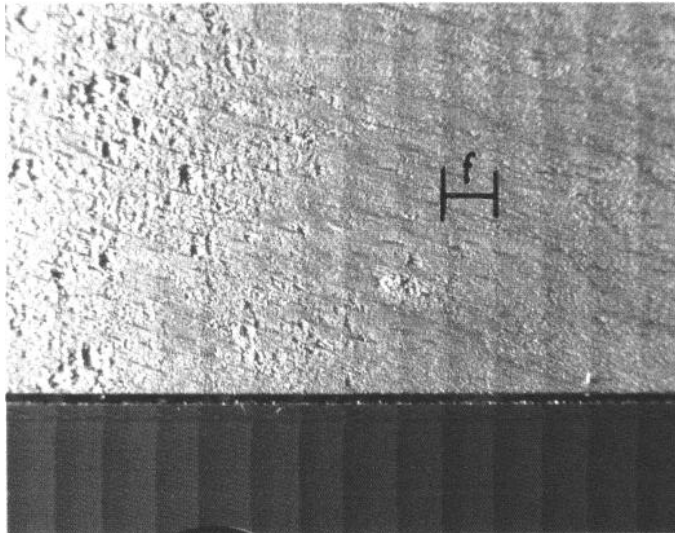
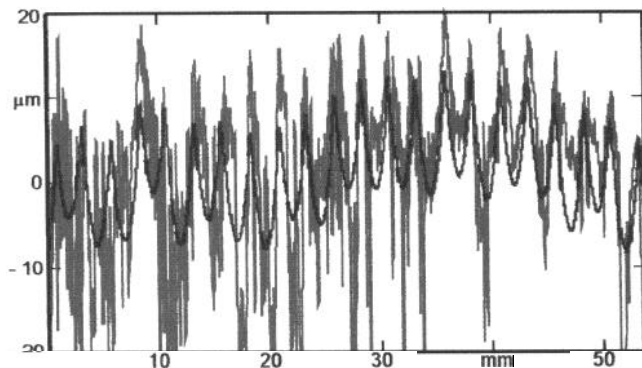
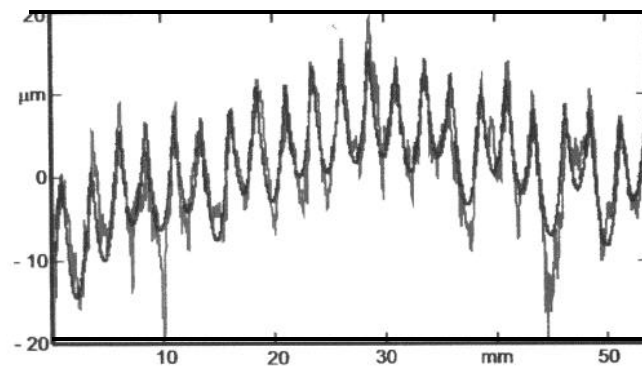


Abb. 1: Messerschläge auf Massivholzoberfläche: Einmesserfinish
Material:
 Buche - AB5
 $n = 6000 \text{ min}^{-1}$;
 $v_f = 15 \text{ ml/min}$

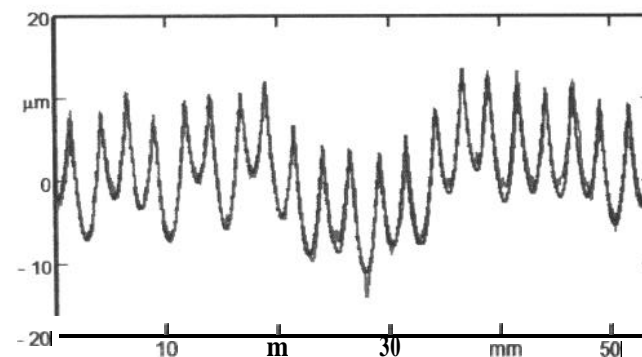
Abb. 2: Messen der kinematischen Rauheit
 a) Kegeltaster, $F_t = 1 \text{ mN}$
 b) Schneidentaster $b = 0.4 \text{ mm}$, $F_t = 70 \text{ mN}$
 c) Schneidentaster $b = 1.6 \text{ mm}$, $F_t = 195 \text{ mN}$



a)



b)



c)

Tastspitzen mit derart kleinen Spitzenradien fallen in kleinste Poren und machen so die Messung der Hobelschläge praktisch unmöglich. In der Vergangenheit wurde versucht, dieses Problem durch die Verwendung von Tastspitzen mit größeren Spitzenradien zu umgehen [5]. Bei stark ungleichmäßiger Rillenabfolge variiert jedoch die Rilllänge stark (im Grenzfall bis Rilllänge = 0). Mit einem kegelförmigen Taster mit großem Spitzenradius können sehr kurze Rillen nicht beziehungsweise nicht korrekt erfaßt werden. Durch die Verwendung von schneidenförmigen Tastspitzen mit relativ großer Ausdehnung quer zur Abstrichtung und kleinem Schneidenradius in Abstrichrichtung ($r = 2,5 \text{ µm}$) kann der Einfluß von Poren vermindert werden, ohne die oben genannten Nachteile in Kauf nehmen zu müssen.

Weiterhin sind bei modernen Tastern die Tastkräfte außerordentlich gering (etwa 1 mN). Dies ist im allgemeinen durchaus wünschenswert, um einerseits ein Eindringen der Tastspitze in die Werkstückoberfläche zu vermeiden, andererseits kann nur so die werkstoffspezifische Rauheit erfaßt werden, denn auch kleine Fasern bewirken eine Auslenkung des Tasters. Beim Messen der kinematischen Rauheit ist jedoch genau dies nicht erwünscht. Eine erhöhte Tastkraft hat zur Folge, daß einzelne Fasern den Tastarm nicht auslenken können. Beide Maßnahmen zusammen - Verwendung schneidenförmiger Tastspitzen und Erhöhung der Tastkraft - wirken wie ein mechanisches Filter, das die Störeinflüsse der werkstoffspezifischen Rauheit unterdrückt.

In umfangreichen Untersuchungen wurden geeignete Abtastbedingungen zum Erfassen der Bearbeitungsrillen ermittelt. Exemplarisch unter-

sucht wurden Ramin- und Buchenholzproben, die jeweils mit unterschiedlichen Vorschubgeschwindigkeiten ($v_f = 10$ m/min bzw. $v_f = 15$ m/min) bearbeitet und mit verschiedenen Tastspitzen und Auflagekräften abgetastet wurden. Neben der kegelförmigen Tastspitze wurden schneidenförmige Tastspitzen mit 0,2 mm, 0,4 mm, 0,8 mm und 1,6 mm Schneidenbreite verwendet. Die Radien der Schneiden quer zur Abtastrichtung beziehungsweise der Spitzenradius des Kegels betragen einheitlich $2,5 \mu\text{m}$. Die Tastkraft wurde durch Zusatzgewichte schrittweise erhöht: $F_T = 1$ mN (Standardwert), 70 mN, 105 mN, 145 mN, 195 mN.

Abb. 2 zeigt exemplarisch einige Versuchsergebnisse. Das in Buchenholz gemessene Profil ist rot, das Referenzprofil (ABS) blau gezeichnet. Beim Abtasten mit der Standardtastspitze und -tastkraft ist keinerlei Übereinstimmung zwischen beiden Spuren zu erkennen. Poren und aufstehende Fasern lassen eine Beurteilung der Messerschläge nicht zu (Abb. 2-a). Bei Verwendung eines Schneidentasters mit 0,4 mm Schneidenbreite und einer Tastkraft von

70 mN lassen sich die Bearbeitungsrillen im Meßschieb deutlich erkennen (Abb. 2-b). Die Rillenlänge ist aus diesem Meßschieb problemlos abzulesen. Im Bereich der Rillentieftiefpunkte ergeben sich jedoch Abweichungen sowohl durch Poren (links und rechts im Meßschieb) als auch durch einzelne Fasern. Eine ausreichend genaue Bestimmung der Tiefpunkt-Niveaulagen ist nur eingeschränkt möglich. Durch Verwendung eines Tasters mit größerer Schneidenbreite ($b = 1,6$ mm) sowie durch weitere Erhöhung der Tastkraft ($F_T = 195$ mN) läßt sich das Meßergebnis weiter verbessern (Abb. 2-c). Auch im Bereich der Rillentieftiefpunkte erhält man nun gute Übereinstimmung zwischen der im Buchenholz gemessenen Spur und der ABS-Referenzspur.

Zusammenfassung
Messungen der kinematischen Rauheit bei umfangsplangefrästen Massivhölzern mit taktilen Oberflächenmeßverfahren werden durch die überlagerte werkstoffspezifische Rauheit erschwert. Eine mechanische Filterung durch gezielt veränderte Abtastbedingungen ermöglicht jedoch die

Erfassung der Messerschläge. Dazu wird einerseits ein Sondertaster verwendet und andererseits die 'fastkraft erhöht, um den Einfluß von Poren beziehungsweise aufstehenden Fasern zu vermindern,

Im Hinblick auf das eingangs erwähnte Oberflächenverfahren zur Schwingungsidentifikation ist anzumerken, daß die Schneidenbreite des Tasters wegen der begrenzten Breite der Kodierspuren nicht beliebig groß gewählt werden kann. Das Verhältnis zwischen Spurbreite und Schneidenbreite sollte aufgrund des möglichen Kantenausbruchs im Übergangsbereich zwischen zwei Spuren nicht kleiner als 2 sein. Je nach Kodierung des Werkzeugs erhält man üblicherweise Spurbreiten von 3 bis 5 mm. Die Untersuchungen haben gezeigt, daß für die meisten Holzarten auch mit einer geringeren Schneidenbreite ($b = 0,8$ mm) gute Ergebnisse zu erzielen sind. Die obengenannte Bedingung, daß die Schneidenbreite nicht größer als die halbe Spurbreite sein sollte, stellt demnach keine Einschränkung in der Praxis dar,

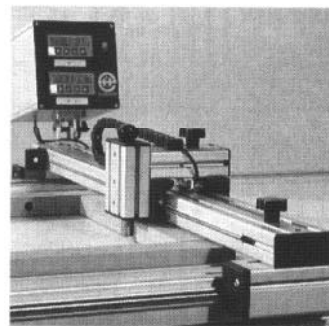
Die hier vorgestellten Ergebnisse wurden im Rahmen eines Forschungsprojektes der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung (DGfH) erarbeitet, welches über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft (BMWi) gefördert wird.

Literatur

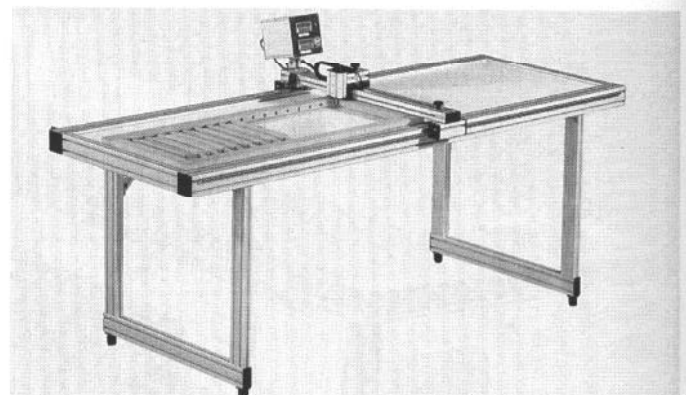
- [1] Heisel, U.; Fischer, A., Maier, V.: Beurteilung von Oberflächen durch Prozeßsimulation HOB 5, 1992, S. 56-62.
- [2] Westkämper, E.; Riegel, A.: Qualitätskriterien für feingehobelte Holzoberflächen. Holz als Roh- und Werkstoff, 51, 1993, S. 27 - 30,
- [3] Heisel, U.; Fischer, A.: Von der Oberfläche zur Maschinenbeurteilung beim Umfangsplanfräsen. HOB, 6, 1992, S. 30 - 34.
- [4] Heisel, U.: Vibrations and Surface Generation in Slab Milling. Annals of the CIRP, 43/1) 1994, s. 337 - 340.
- [5] Westkämper, E.; Schadoffsky, O.: Oberflächentopographie von Massivholz HOB, 3, 1995, S. 74 - 78.

Qualitätssicherung durch Messen

Im Zuge der Zertifizierung nach ISO 9000 ff. wird auch für den Hersteller im Holzbereich Messen immer wichtiger. Hecht, Ilsfeld-Auenstein bietet dazu entsprechende Meßtische (Abb. 1). Diese werden im Möbelbau, in der Möbelzulieferindustrie, im Sonderbau und im Metallbereich eingesetzt. Sie führen zu exakt vermessenen Werkstücken. Die Größe und Gestalt des Meßtisches richtet sich nach den Anforderungen der Meßaufgabe. In der Grundversion hat er einen 2-Achs-Meßtisch für die Abnahme von Innen- und Außenmaßen sowie zur



Kontrolle von Abständen, zum Beispiel von Bohrungen, Einfräsungen, Nuten. Die Rahmenkonstruktion auf der Basis eines Portals ist aus stabilen Aluprofilen mit Stahlrollenführungen. Die Maßab-



nahme erfolgt in beiden Achsen (X und Y) gleichzeitig, wobei unterschiedliche Tastzapfenformen eingesetzt werden können (Abb. 2). Die Umschaltung von Absolut- auf Kettenmaße ist möglich. Für

die Aufrüstung der Grundversion steht ein reichhaltiges Zubehörprogramm zur Verfügung.

HOB-KENNZIFFER 242