

Siegfried Firus und Adolf Belter, Dresden

Schnittkräfte bei der Erzeugung von Holzhackschnittzeln

Eine energiesparende Zerkleinerung von Restholz zu Hackschnittzeln für eine energetische Nutzung erfordert die zielgerichtete Gestaltung der Schneidpaarung Messerkeil-Gegenschneide. In einer speziellen Versuchseinrichtung sind der Schnittvorgang und die antriebswirksamen Kräfte am Hackermesser analysiert worden. Die Kräfte und somit das Antriebsmoment nehmen erwartungsgemäß zu, wenn die Hackstücklänge steigt. Ein zügiger Schnittvorgang führt nur bedingt zu geringeren Schnittwiderständen, jedoch zu höherem Energieaufwand. Der spezifische Energieaufwand, bezogen auf die zerkleinerte Masse, sinkt auf Werte unter 50 %, wenn die Hackstücklänge von 1 cm auf 5 cm erhöht wird.

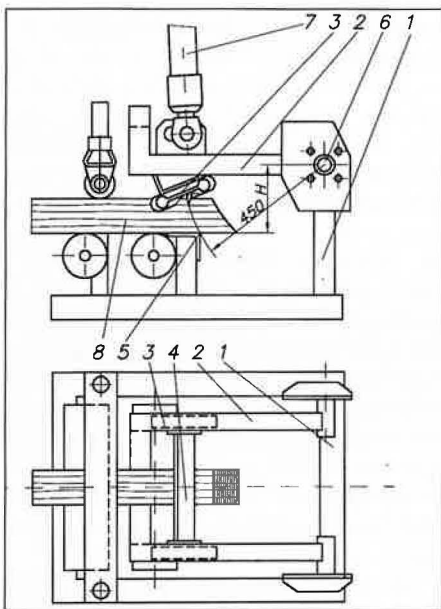


Bild 1: Schema der Versuchseinrichtung: 1 – Grundrahmen, 2 – Schwinge, 3 – Kraftmeßgeber, 4 – Messerträger, 5 – Gegenschneide, 6 – Schwingenlager, 7 – Hydraulikzylinder, 8 – Holzprobe

Fig. 1: Scheme of the experimental apparatus: 1 – frame, 2 – rocker, 3 – force sensors, 4 – knife holder, 5 – counteredge, 6 – fixpoint of rocker, 7 – hydraulic cylinder, 8 – wood sample

Dr.-Ing. Siegfried Firus und Dipl.-Ing. Adolf Belter sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut für Verarbeitungsmaschinen, Landmaschinen und Verarbeitungstechnik der Technischen Universität Dresden, Professur für Landmaschinen, Bergstr. 120, 01062 Dresden. Die Arbeiten wurden durch eine Sachbeihilfe der DFG gefördert.

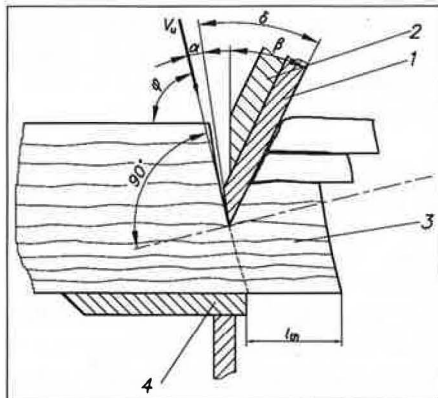


Bild 2: Winkelbeziehungen am Hackermesser: α – Freiwinkel, β – Keilwinkel, γ – Spanwinkel ($\gamma = 90^\circ - \delta$), δ – Schnittwinkel, ϕ – Faserrichtungswinkel, l_{ch} – Hackstücklänge, v_u – Richtung der Messerbewegung; 1 – Messer, 2 – Messerträger, 3 – Holzprobe, 4 – Gegenschneide

Fig. 2: Angles at the cutting knife: α – clearance angle, β – knife angle, γ – chipping angle, δ – cutting angle, ϕ – fibre angle, l_{ch} – chip length, v_u – knife moving direction;

Die Zerkleinerung von Restholz und Reisig aus der Park- und Landschaftspflege, der Forstwirtschaft oder von gerodeten Obstflächen zur energetischen Verwertung und auch im Interesse eines geringen Energieaufwandes für diesen Zerkleinerungsprozeß sollte mit scharf schneidenden Werkzeugen erfolgen. Diese Form des Schneidens von kurzen Abschnitten im wesentlichen quer zur Faserrichtung wird in den mobilen Forsthackern, in den stationären Hackern der Zellstoffindustrie und in landwirtschaftlich genutzten Häckslern realisiert.

Für die Konstruktion von speziellen Hack- oder Häckselaggregaten in mobi-

len oder stationären Maschinen zur Herstellung von Holzhackstücken aus den genannten Reisig- und Restholzaufkommen werden konstruktive und betriebstechnische Parameter benötigt, die jedoch bisher im Schrifttum [1 bis 7] nicht enthalten sind.

Im folgenden soll deshalb über die experimentelle Ermittlung der Kräfte beim Durchgang eines keilförmigen Messers durch einen Holzkörper in der Nähe eines Abschnittes berichtet werden.

Aufbau der Versuchseinrichtung

Die schematische Darstellung im Bild 1 zeigt, daß die Führung des Messers auf einer Kreisbahn, also analog zur Bewegung in einem Trommelhackwerk realisiert wird.

Das am Messerträger befestigte Messer stützt sich über zwei Kraftmeßgeber in der Form von Oktogonal-Ring-Kraftsensoren an der Schwinge ab. Diese Schwinge kann in unterschiedlicher Höhe H über der Gegenschneide gelagert werden und wird durch zwei Hydraulikzylinder bewegt. Die unterschiedliche Höhe des Drehpunktes führt zu Faserrichtungswinkeln (Definition s. u.) von 20° , 30° und 45° an der Gegenschneide sowie 10° , 20° oder 33° beim Anschnitt einer Holzprobe von 75 mm Höhe.

Die Kraftsensoren enthalten je zwei Vollbrücken aus Dehnungsmeßstreifen, die damit die getrennte Erfassung der radialen und der tangentialen Belastung an jedem Sensor ermöglichen. Die Spannungsversorgung und Verstärkung des Meßsignals erfolgen durch einen Digitalmeßverstärker. Ein PC übernimmt die Steuerung des Meßverstärkers und die

Bild 3: Kräfteverlauf am Messer für einen Schnittvorgang:

Holzart: Apfel, frisch, $u = 66,3\%$; $\delta = 35^\circ$, $\alpha = 0^\circ$, $z = 15^\circ$; Schneide: scharf, $l_{ch} = 2$ cm; F-LI-HZ – linke Radialkomponente, F-RE-HZ – rechte Radialkomponente; F-LI-VE – linke Tangentialkomponente, F-RE-VE – rechte Tangentialkomponente

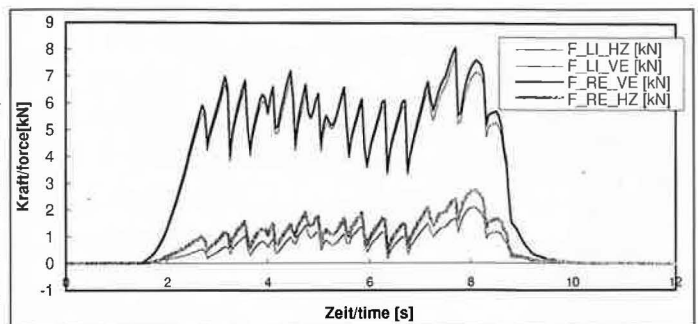


Fig. 3: Line of the forces at the knife for a single cut: type of wood: apple, fresh, $u = 66,3\%$; $\delta = 35^\circ$, $\alpha = 0^\circ$, $z = 15^\circ$; knife edge: sharp, $l_{ch} = 2$ cm; F – force component LI – left, RE – right, HZ – radial, VE – tangential

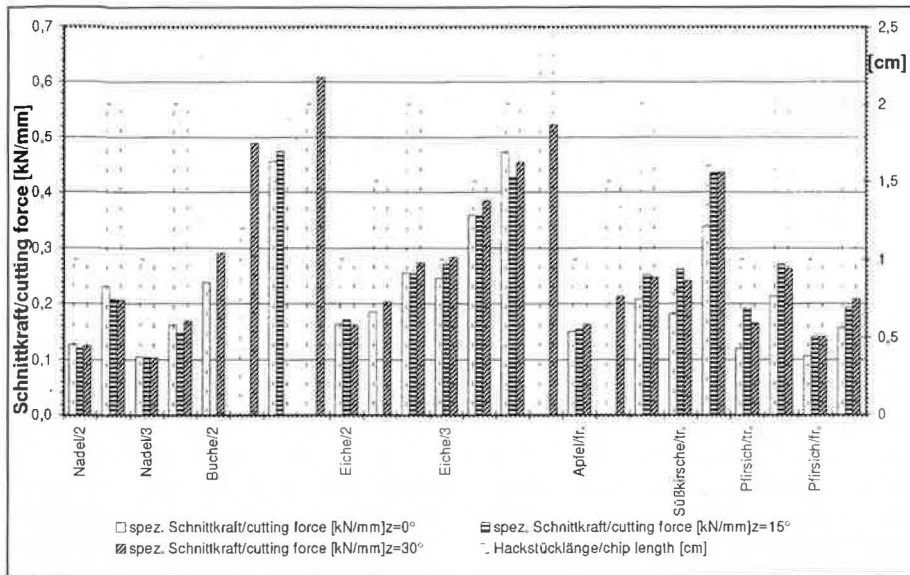


Bild 4: Einfluß der Zügigkeit auf die Schnittkraftspitzenwerte; z = Winkel der Schrägstellung der Schneide
 Fig. 4: The influence of side angles to the cutting forces peak; z = side angle, the angle between knife edge and counteredge

Speicherung der Meßsignale, ein zweiter die Verrechnung der Meßwerte und eine Korrekturrechnung der gegenseitigen Beeinflussung der Komponenten. Bild 2 enthält die Definition der Winkel und verdeutlicht den Schnitvorgang.

Kraftverlauf

Das Messer beginnt den Schnitvorgang mit dem, dann immer vorauseilenden, Trennen der Faser durch die Schneide und der folgenden elastischen und plastischen Verformung des Holzes an der Spanfläche. Die so bei fortschreitender Bewegung entstehenden Spannungen in der Faserebene die Schubfestigkeit der jeweiligen Probe übersteigen. Es wird so ein Span abgetrennt (Bild 2). Infolge dieser Loslösung sinkt der Eindringwiderstand am Messer plötzlich ab und bei der Weiterbewegung beginnt der Widerstand erneut zu steigen, solange bis der nächste Span abschert (Bild 3). Die Kraftspitzen hängen von der Holzart und der Holzfeuchtigkeit sowie von den Reibungsbedingungen und von den Winkelverhältnissen am Messer ab. Über einige Einflußfaktoren soll im folgenden berichtet werden.

Zügigkeit des Schnittes

Es bestand die Aufgabe, die in Veröffentlichungen dargestellte Verringerung der Schnittkraft infolge einer Schrägstellung der Schneide gegenüber der Gegenschneide, eines sogenannten ziehenden Schnittes, zu überprüfen.

Das Bild 4 enthält die Gegenüberstellung der Schnittkraftspitzen in kN je

1 mm Schnittbreite für die zügigen Schnittbedingungen zu denen bei querliegenden Schneide, also $z = 0^\circ$, bei verschiedenen Hackstücklängen. Zu unterstreichen ist der gleichbleibende Schnittwinkel $\delta = 35^\circ$ und der Freiwinkel $\alpha = 0^\circ$ auch für die zügigen Schnitte dadurch, daß die Keilwinkel der Messer entsprechend größer gefertigt wurden. Somit ist erklärbar, weshalb trotz der Vielzahl der Proben keine deutliche Reduzierung der Schnittkraft gemessen worden ist.

Spezifische Schnittenergie

Das Integral der sägezahnförmigen Schnittkraftkurve ergibt die Energie für einen Schnitvorgang. Bezieht man dieses Integral auf das abgetrennte Holzvolumen oder die daraus berechnete Masse, erhält man unmittelbar vergleichbare Werte (Bild 5). Obwohl die Kräfte mit zunehmender Hackstücklänge steigen, nimmt die spezifische Schnittenergie hyperbo-

lich ab. Dies zeigt, daß die Schnittenergie wesentlich stärker durch elastische und plastische Eigenschaften beeinflusst wird und kein direkter Zusammenhang zu den Schnittkraftspitzenwerten besteht.

Daraus kann die praktisch sehr bedeutungsvolle Schlußfolgerung gezogen werden, Holzhackschnitzel so grob wie möglich herzustellen, um Energie für die Holzzerkleinerung zu sparen.

Schlußfolgerungen

Die hier vorgestellten Ergebnisse geben einen ersten Einblick in den Vorgang des Schneidens von Holz und der wirkenden Kräfte in der Paarung bewegter Messerkeil mit fester Gegenschneide. Darüber hinaus sind weitere Einflußfaktoren wie die Abstumpfung der Schneide, die Schräglage der Holzprobe zur Gegenschneide und von verschiedenen Schnittwinkeln sowie die Einbeziehung weiterer Holzarten in der ausführlicheren Darstellung [8] enthalten.

Die experimentellen Werte geben die Möglichkeit, die Gestaltung des Schneidapparates in einer Holzzerkleinerungsmaschine mit mehr Sicherheit im voraus vorzunehmen. Der Anteil der Verformung des Holzkörpers und der dabei auch auftretenden Zerstörung der Holzfasern ist wohl nur bei einer energetischen Verwertung uninteressant. Alle stofflichen Verwertungslinien jedoch erfordern die Kenntnis der strukturverändernden Einflußfaktoren, die in weiteren Forschungsarbeiten aufzuklären sind.

Literaturhinweise sind vom Verlag unter LT 97214 erhältlich.

Schlüsselwörter

Holzhackschnitzel, Schnittkräfte, spezifische Trennenergie, Spanbildung

Keywords

Wood chipping, cutting force, specific cutting power, chip formation

Bild 5: Abhängigkeit der spezifischen Energie zum Trennen von der Hackstücklänge l_h , $\delta = 35^\circ$ und 45° , $\alpha = 0^\circ$; Schneide: scharf, tro - $u = 9,5\%$, feu - $u \geq 65\%$; Ap - Apfelholz, Ei - Eichen-, Fi - Fichtenholz

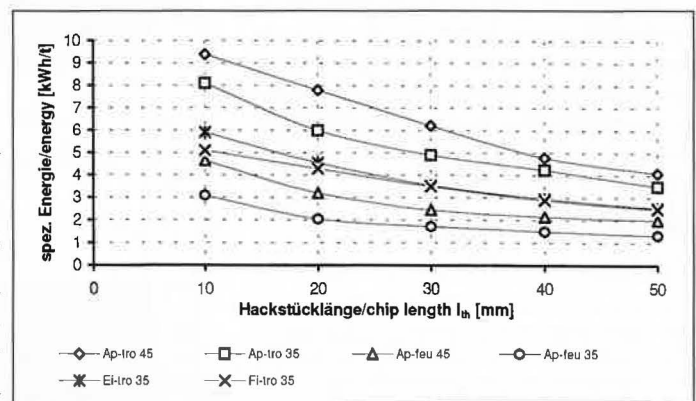


Fig. 5: Specific cutting energy vs. length of chips l_h , $\delta = 35^\circ$ and 45° , $\alpha = 0^\circ$; cutting edge: sharp; tro - dry, water content $u = 9,5\%$; feu - wet, $u \geq 65\%$; wood types: Ap - apple, Ei - oak, Fi - spruce