

Alternative Schneidtechniken zum Trennen organischer Güter

Der Vorgang des Schneidens ist in zahlreichen industriellen Einsatzgebieten und vor allem in der Landtechnik eine der grundlegenden Tätigkeiten für die Bearbeitung von Gütern. Aus diesem Grund sind die bislang überwiegend mechanisch arbeitenden Verfahren in der Vergangenheit zu weitestgehend ausgereiften Systemen weiterentwickelt worden.

Um den immer weiter steigenden Anforderungen an bestehende Schneidorgane gerecht werden zu können, ist es zweckmäßig, neben deren Weiterentwicklung auch zusätzliche, alternative Trennverfahren für einen möglichen Einsatz in der Landtechnik zu untersuchen.

Dipl.-Ing. Christian Brüser ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik der TU Braunschweig (Leiter: Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. H.-H. Harms), Langer Kamp 19a, 38106 Braunschweig; e-mail: c.brueser@tu-bs.de
Das Forschungsprojekt „Schneiden von Zuckerrüben mit Hochdruckwasserstrahl“ wird finanziell von der deutschen Forschungsgemeinschaft, der Flow Europe GmbH und der Hammelmann Maschinenfabrik GmbH unterstützt.

Schlüsselwörter

Schneidverfahren, Wasserstrahlschneiden, Zuckerrüben

Keywords

Cutting technologies, water-jet cutting, sugar-beets

Bild 1: Denkbare Schneidtechniken für die Landtechnik

Fig. 1: Possible techniques for agricultural cutting



Das Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik (ILF) der Technischen Universität Braunschweig beschäftigt sich bereits seit einiger Zeit mit den Einsatzmöglichkeiten alternativer Schneidverfahren in der Landtechnik. Besonderen Stellenwert in diesen Untersuchungen nimmt das Wasserstrahlschneiden ein.

In diesem Beitrag soll eine Auswahl bestehender alternativer Schneidtechniken in allgemeiner Form vorgestellt und deren Potenzial für die Landtechnik abgeschätzt werden. Ebenfalls wird auf die Vorhaben eingegangen, die im Zuge eines dreijährigen DFG-geförderten Forschungsprojektes zum Thema „Wasserstrahlschneiden von Zuckerrüben“ derzeit durchgeführt werden.

Alternative Schneidtechniken

Die nachfolgend vorgestellten Schneidtechniken stellen eine Auswahl bereits in der Industrie etablierter Trennverfahren dar. Die industriell bearbeiteten Güter sind hierbei im Gegensatz zu den Erzeugnissen der Landwirtschaft überwiegend anorganischer Art. Allerdings lässt sich feststellen, dass im Zuge verschiedener Untersuchungen auch die Land- und Forsttechnik teilweise neue Verfahren in Prototypen umgesetzt hat.

Beim Laserstrahlschneiden wird ein kohärenter und monochromatischer Lichtstrahl (paralleles Licht einer einzigen Wellenlänge) erzeugt und auf das Schnittgut gerichtet. Entsprechende Optiken bewirken eine Fokussierung des Strahls in Nähe der

Schnittgutoberfläche. Da die zugeführte Strahlung durch das Schnittgutmaterial zum Teil absorbiert wird, erfährt das Schnittgut um den Strahlaufreffpunkt eine starke örtliche Erwärmung. Durch die Erwärmung und die gleichzeitige (verfahrensabhängige) Zugabe von Gasen verbrennt, schmilzt oder verdampft das erhitzte Material in der Schnittfuge, wodurch eine Materialtrennung ermöglicht wird. Die Erwärmung ist dabei das Ergebnis der Schwingungsanregung von Molekülen bis zum Aufheben der Bindungskräfte.

Die Schnittfähigkeit eines Gutes ist demnach abhängig vom Absorptionsgrad seines Materials. Zwecks Übertragung des Sachverhaltes auf organische Güter wurden in [3] Spektralanalysen von Holz, Gras und Stroh durchgeführt. Für die aufgeführten Schnittgüter war erkennbar, dass im Frequenzbereich bis zu diesem Zeitpunkt gängiger Laser wie CO₂-, Dioden- und Nd:YAG-Laser keine Spitzen im Verlauf der Absorption auftreten. Die unzureichende Schneidfähigkeit dieser Güter konnte in Vorversuchen gezeigt werden. Zusammen mit der aufwändigen Fokussierbarkeit über lange Strecken erscheint eine landtechnische Nutzung eher unwirtschaftlich [3]. Spezielle Laser könnten in Zukunft Abhilfe schaffen.

Das Schneiden mit Hilfe einer ultraschallangeregten Messerschneide stellt eine Erweiterung des traditionellen Verfahrens dar. Die hochfrequente Anregung der Schneide liegt zwischen 15 und 70 kHz bei einer Amplitude bis etwa 50 µm. Ein Frequenzbereich

um 20 kHz ist industriell üblich. Erzeugt wird die Anregung durch einen Generator, dem ein Schallwandler (Konverter) nachgeschaltet ist. In diesem wird die elektrische Schwingung in eine mechanische Kraftbewegung umgesetzt. Die Bewegung wird abschließend in verstärkter Form in die Schneide (Sonotrode) eingeleitet. Eingesetzt wird das Verfahren beispielsweise in der textil-, kunststoff-, und lebensmittelverarbeitenden Industrie. Die Vorteile des Verfahrens sind in höheren Schnittgeschwindigkeiten und um bis zu 75 % verringerten Schnittkräften zu finden. Ein seriennaher Einsatz des Verfahrens in der Land- und Forsttechnik ist derzeit nicht bekannt, jedoch werden an der Universität für Bodenkultur Wien Untersuchungen bezüglich des Einsatzes in der Holzbearbeitung durchgeführt. Wie in der Lebensmittelindustrie ist auch der Einsatz in Gebieten der Land- und Forsttechnik denkbar.

Ein weiteres Schneidverfahren wird durch die Bandsäge verkörpert. Der Aufbau der Maschine ist dabei einfach. Ein Endlosband wird durch eine Antriebsrolle angetrieben und über die gegenüberliegende Spannrolle umgelenkt. Neben den bekannten Einsatzgebieten zur Verarbeitung von Holz oder Metall wird am Institut für Agrartechnik Bornim (ATB) der Einsatz einer Bandmähdmaschine untersucht. Die entwickelte Maschine besitzt eine Arbeitsbreite von 3 m bei einem Gewicht von rund 100 kg. Die Belastungen für das Trägerfahrzeug sind gering, was dem System unter anderem Vorteile bei größeren Arbeitsbreiten verschafft. Eine Einschränkung stellt die fehlende Fördermöglichkeit geschnittenen Gutes dar.

In Analogie zum nachfolgend erläuterten Wasserstrahlschneiden wird beim Druckluftstrahlen das in einem Kessel verdichtete Medium durch eine Düse in die Umgebung entspannt. Industriell wird das Medium Druckluft überwiegend zu Reinigungszwecken mit Arbeitsdrücken um 1 MPa eingesetzt. Aggregate mit höheren Arbeitsdrücken bis über 20 MPa werden angeboten, ihr portabler Einsatz ist aufgrund des Bau- raums aber fragwürdig. Institutseigene Versuche an Grünpflanzen zeigten, dass durch Einsatz reiner Druckluft lediglich weniger stabile Pflanzenpartien getrennt werden konnten. Verbesserte Resultate konnten durch den Zusatz von Schneidsand erreicht werden. Das Leistungsniveau des Druckluftstrahlens reicht insbesondere durch die reduzierte Masse des Strahlmediums und die geringeren Betriebsdrücke nicht an das des Wasserstrahlschneidens heran. Ein Anwendungsbereich des Druckluftstrahlens im land- und forsttechnischen Bereich stellt ein vorgestelltes Gerät zur Unkrautbekämpfung („Reinigungsstrahlen“) dar (Bild 1).

Wasserstrahlschneiden von Zuckerrüben

Wasserstrahlschneiden ist ein abtragendes Verfahren ohne ausgeprägte Klinge. Unter hohem Druck stehendes Wasser wird durch eine Düse kleinen Durchmessers gepresst und somit ein feiner Strahl sehr hoher Geschwindigkeit (bis zu 900 m/s) geformt. Es wird zwischen dem Reinwasser- und dem Abrasivstrahlschneiden unterschieden. Die für beide Schneidverfahren einsetzbaren Druckerzeuger lassen sich in Druckübersetzereinheiten und Plungerkolbenhochdruckpumpen unterteilen. Weitere Einzelheiten zum Verfahren und den verwendeten Komponenten können [1] und [2] entnommen werden.

Nach den positiven Ergebnissen bei Schneidversuchen an landwirtschaftlichen Gütern im Zuge eines ersten Forschungsprojekts am ILF sollen die bisherigen Ergebnisse aus [2] in einem zurzeit laufenden Projekt erweitert werden. Die Untersuchungen werden an Zuckerrüben durchgeführt, da der Wasserstrahl besonders bei homogenem Material gute Ergebnisse erzielt.

Die in [2] vorgestellten Schnitte wurden ausnahmslos mit hohen Drücken bis 350 MPa und kleinen Düsen unter 0,33 mm erreicht. Die Schnittleistung ergibt sich somit bei dem geringen Wasservolumenstrom größtenteils aus dem Druck. Wie verhält sich nun das Schnittergebnis, wenn anstatt des Druckes der Volumenstrom in der Weise vergrößert wird, dass die Gesamtleistung konstant bleibt? Der Fragestellung wird in den ersten Versuchen des Projekts nachgegangen. Hierzu wurde neben der Druckübersetzereinheit (maximal 3,7 l/min) die ebenfalls am ILF vorhandene Plungerkolbenhochdruckpumpe der Fa. Hammelmann in Betrieb genommen. Sie ermöglicht einen Volumenstrom bis 11 l/min bei einem Betriebsdruck von bis zu 190 MPa und kann parallel zu erstgenannter Einheit betrieben werden. Vorversuche zeigen, dass auch das Schnei-

den mit geänderter Leistungszusammensetzung viel versprechende Ergebnisse liefert.

Neben der Ausweitung der Erkenntnisse für das Schneiden mit großen Volumenströmen werden Einrichtungen zur Reduzierung der auftretenden Schnittenergien untersucht. Entstehende Energieverluste sind nach [2] beispielsweise durch ein prinzipbedingtes Wasserpolster im Schnittspalt erklärbar.

Durch eine dem Strahl nachgeführte Freiwinkelrichtung könnte zum Beispiel der Wasserabfluss aus dem Schnittspalt durch Anheben des geschnittenen Gutes begünstigt werden (Bild 2).

Ebenso wird untersucht, ob eine Reduzierung des Wasserverbrauchs denkbar erscheint. Der Wasserverbrauch ist ein wichtiger Kernpunkt für das Bestreben, das Wasserstrahlschneidverfahren auch im mobilen Bereich einsetzen zu können.

Zusammenfassung und Ausblick

Besonders das Schneiden mit Ultraschall oder Wasserstrahl scheint für den landtechnischen Einsatz geeignet. Beim Ultraschallschneiden wird eine Verbesserung des Schnitts durch die hochfrequente Anregung der mechanischen Schneide bewirkt. Beim Wasserstrahlschneiden erfolgt die Trennung des Gutes auf grundlegend andere Weise durch eine mechanisch unbestimmte Schneide in Form eines Hochgeschwindigkeitsstrahls.

Im Zuge eines ersten am ILF durchgeführten Forschungsprojekts wurde deutlich, dass das Wasserstrahlschneiden landtechnischer Güter besonders für Zuckerrüben Erfolg versprechend ist. In den gegenwärtigen Untersuchungen werden die vorhergehenden Erkenntnisse erweitert und Untersuchungen zu Leistungszusammensetzung und Energiereduzierungen sowie dem Wasserverbrauch durchgeführt.

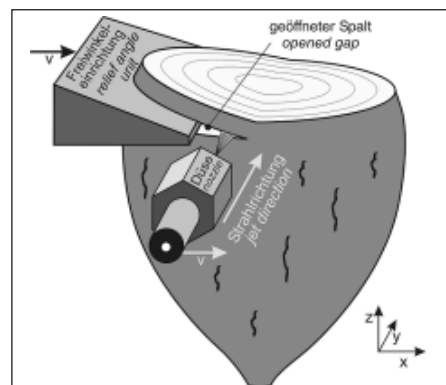


Bild 2: Freiwinkelrichtung

Fig. 2: Relief angle unit

Literatur

Bücher sind mit • gezeichnet

- [1] Ligocki, A., und H.-H. Harms: Schneiden von Zuckerrüben mit Hochdruckwasserstrahl. Landtechnik 57 (2002), H. 6, S. 360-361
- [2] • Ligocki, A.: Schneiden landwirtschaftlicher Güter mit Hochdruckwasserstrahl. Dissertation, ILF, TU-BS, 2005
- [3] Ligocki, A.: Unveröffentlichte Diplomarbeit, ILF, TU-BS, 1999