

Andreas Ligocki und Hans-Heinrich Harms, Braunschweig

# Schneiden von Zuckerrüben mit Hochdruckwasserstrahl

In diverse landwirtschaftliche Erntetechniken sind Schneidverfahren integriert, die mit einer mechanischen, „ausgeprägten“ Klinge arbeiten, jedoch unter rauen Arbeitsbedingungen erhöhtem Verschleiß ausgesetzt sind. Bei diesen Techniken handelt es sich um weitestgehend ausgereifte Systeme. Neben einer weiteren Optimierung der bestehenden Verfahren wird am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik der TU Braunschweig derzeit im Rahmen eines DFG-geförderten Forschungsvorhabens der Einsatz des Wasserstrahlschneidens als grundlegend neues, der Landtechnik bisher fremdes Schneidverfahren untersucht.

Dipl.-Ing. Andreas Ligocki 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: [a.ligocki@tu-bs.de](mailto:a.ligocki@tu-bs.de)  
Das Forschungsprojekt „Einsatzgebiete für die Wasserstrahlschneidtechnik in der Landwirtschaft“ wird finanziell von der Deutschen Forschungsgemeinschaft, der Flow Europe GmbH und der Hamelmann Maschinenfabrik GmbH unterstützt.

## Schlüsselwörter

Schneidverfahren, Wasserstrahlschneiden, Zuckerrüben

## Keywords

Cutting technologies, water-jet cutting, sugar beets

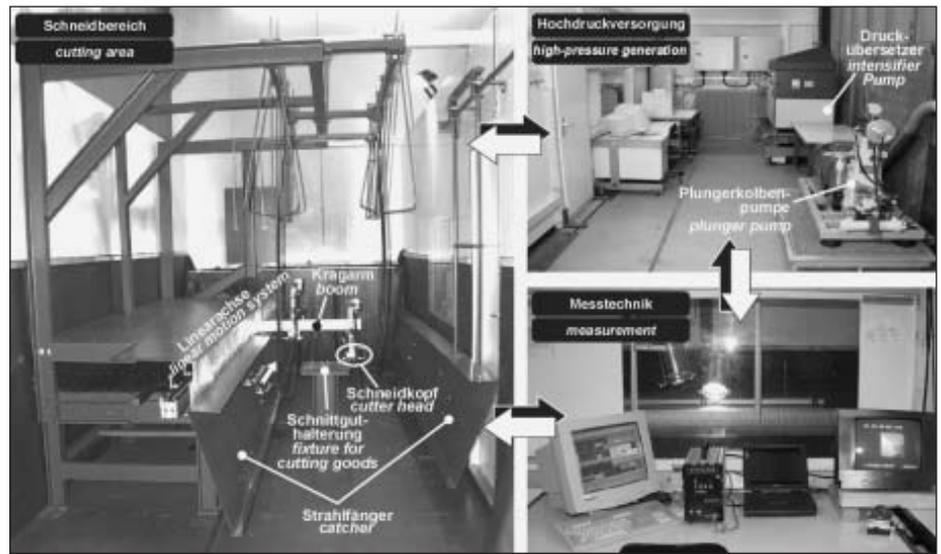


Bild 1: Versuchsstand

Fig. 1: Test rig

Die Hochdruckwasserstrahltechnik findet zunehmend Anwendung beim Reinigen, Abtragen und Trennen unterschiedlichster Materialien und Werkstoffe in der Metallbearbeitung, im Bauwesen, im Schiffsbau, in der Automobilindustrie und bei der Aufbereitung von Nahrungsmitteln.

Warum sollte diese Technologie nicht eine Anwendung in der Erntetechnik der Landwirtschaft finden?

In der Landtechnik könnten einige Vorteile des Wasserstrahlschneidens zum Tragen kommen:

- Ständige Erneuerung des Schneidwerkzeuges, so dass es zu keinen Verschleißerscheinungen wie an mechanischen Schneiden kommt
- Störunanfälligkeit bei Kontakt mit harten, festen Bestandteilen
- Im Idealfall keine rotierenden Teile, dadurch keine Wickelneigung
- Nahezu trägheitsloses Ein-/ und Ausschalten der „Schneide“
- Geringe mechanische Beanspruchung des Schnittgutes (nur geringe Einspannkräfte erforderlich)
- Hohe Flexibilität, da kein mechanischer Antrieb der „Schneide“ erforderlich

## Der Wasserstrahlschneidversuchsstand

Der entwickelte und in [1] bereits in Ansätzen vorgestellte Versuchsstand (Bild 1) besteht im Wesentlichen aus dem „Nassbereich“ für den eigentlichen Schneidprozess und dem „Trockenbereich“, in dem sich die Hochdruckversorgung, die Messtechnik und der Bearbeiter während der Versuche befinden.

Kernstück des Versuchsstandes bildet eine über einen Servomotor mit Frequenzumrichter angetriebene, hochpräzise Linearachse, mit einem Verfahrweg von 4,5 m und einer maximalen Schlittengeschwindigkeit von 6 m/s.

Über einen Kragarm können maximal zwei horizontal liegende Schneidköpfe mit der Linearachse beschleunigt werden, die einen im Strahlbereich der Düsen befindlichen Schneidstisch beim Schnitt passieren. Grundsätzlich können beide Schneidköpfe sowohl im Reinwasser- als auch im Abrasivbetrieb eingesetzt werden. Für einen Abrasivbetrieb wird eine eigens für den Versuchsstand entwickelte Dosiereinrichtung auf der Linearachse mitbewegt, um möglichst kurze Abstände zwischen der Dosierung und dem Schneidkopf zu realisieren.

Die Hochdruckversorgung erfolgt in allen Bereichen über ein Rohrleitungssystem, das wahlweise von einem hydraulisch arbeitenden 37 kW Druckübersetzer (bis 380 MPa und 3,7 l/min) oder einer 45 kW Plungerkolbenpumpe (bis 190 MPa und 11 l/min) gespeist wird. Als Niederdruckwasserversorgung dient das städtische Frischwassernetz.

Messtechnisch lassen sich mit Hilfe des Programmpakets MATLAB/Simulink und einer Hardware der Fa. dSpace die wichtigsten Versuchskenngrößen aufzeichnen. Hierzu gehören in direkter Form:

- Momentanes mechanisches Pumpenantriebsmoment und momentane Pumpendrehzahl
- Schneiddruck und Wasservolumenstrom
- Gesamtwasserverbrauch während des Schnitts
- Vorschubgeschwindigkeit
- Schnittweg

Darüber hinaus steht eine Hochgeschwindigkeitskamera (mit einer Bildrate von bis zu 10 000 Bildern pro Sekunde) zu Dokumentations- und Schnittanalyse zwecken zur Verfügung.

### Schneiden von Zuckerrüben

Ein Anwendungsgebiet für die Wasserstrahlschneidtechnik könnte das Zerkleinern von Zuckerrüben vor dem Extraktionsvorgang in der Zuckerfabrik darstellen. Im gesamten Zuckerrübenverarbeitungsprozess ist zur Abreinigung der Rüben sehr viel Wasser notwendig, welches auch für einen späteren Schneidvorgang des Gutes genutzt werden könnte.

Nach Optimierung des Schneidprozesses hinsichtlich der Wassermenge wäre auch der Ersatz des mechanischen Zuckerrübenexaktköpfers durch einen diskontinuierlichen Wasserstrahl bei einem Zuckerrübenvollerner denkbar.

Während der Erntesaison 2001/02 wurden daher am vorgestellten Versuchsstand ausgiebige Versuche zum Schneiden von Zuckerrüben durchgeführt. Dabei wurden folgende Parameter variiert:

1. *Vorschubgeschwindigkeit*  
Basisparameter: 1 500 mm/s  
Variationsbereich: 100 ... 3 000 mm/s
2. *Arbeitsdruck*  
Basisparameter: 350 MPa  
Variationsbereich: 100 ... 350 MPa
3. *Abstand Düse <=> Schnittgut*  
Basisparameter: 5 mm  
Variationsbereich: 5 ... 150 mm
4. *Düsendurchmesser*  
Basisparameter: 0,254 mm  
Variationsbereich: 0,076 ... 0,33 mm

Während einer Versuchsreihe wird jeweils nur ein Parameter im Rahmen des Variationsbereiches verändert, wohingegen die an-

deren Variablen konstant gehalten werden (Basisparameter).

Untereinander sind die Parameter so aufeinander abgestimmt, dass es zu keinem Durchschneiden des Gutes kommt. Andernfalls könnte nicht sichergestellt werden, dass die gesamte Strahlenergie im Gut in Schnittenergie umgesetzt wird.

Zur besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse wird während einer Versuchsreihe stets der gleiche Zuckerrübensatz (bestehend aus drei Einzelzuckerrüben) verwendet.

Nach dem erfolgten „Teilschnitt“ wird die Schnitttiefe manuell von Hand an mehreren Stellen des Schnittgutes festgestellt. Hieraus kann dann für spätere Auswertungen, in Zusammenhang mit der Schnittlänge des Gutes, die mittlere Schnittfläche bestimmt werden.

Bild 2 zeigt ein erzielttes Schnittergebnis. Die Gesamtschnittlänge betrug ~ 100 mm. Die Vorschubgeschwindigkeit wurde auf 1,5 m/s festgelegt. Als Arbeitsdruck wurden gemäß der Basisparameter 350 MPa bei einem Schneiddüsendurchmesser von 0,254 mm gewählt, was auf der angegebenen Schnittlänge einen Wasserverbrauch von 1,8 ml mit sich brachte. Es wurde mit reinem Wasser ohne Beimengung von abrasiven Stoffen geschnitten. Die Distanz zwischen Schneidkopf und Schnittgut wurden 5 mm gewählt. Die mittlere Schnitttiefe betrug bei diesen Parametern ~ 67 mm, wobei eine Energie von ~ 550 Nm in das Schnittgut eingebracht wurde. Der dargestellte Einzelschnitt gehörte zu einer Versuchsreihe bei der der Schneiddruck die Veränderliche darstellte. Die Ergebnisse der Gesamtreihe aus 39 Einzelschnitten können Bild 3 entnommen werden. Hier sind neben der Schnitttiefe über dem Parameter Druck auch der Gesamtwasserverbrauch über der mittleren Schnitttiefe und die spezifische Schnittenergie pro Fläche über dem Druck dargestellt.

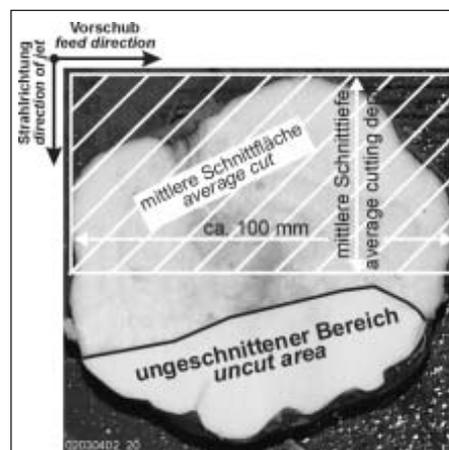


Bild 2: Beispielhaftes Schnittergebnis

Fig. 2: Exemplary cutting result

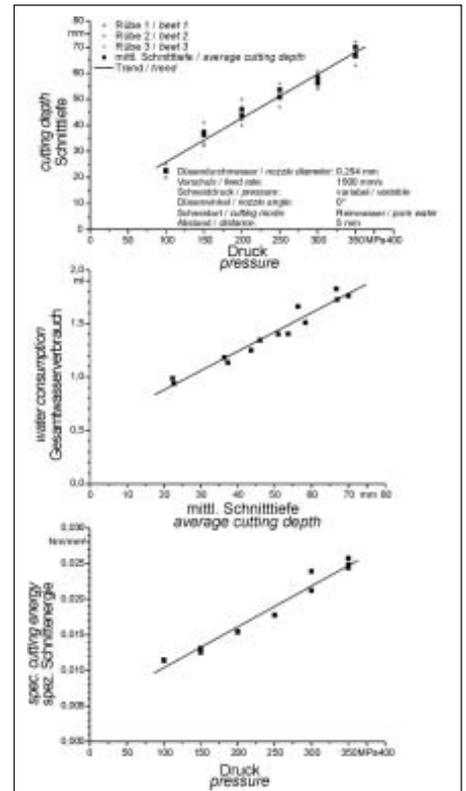


Bild 3: Auszug aus den Ergebnissen einer Versuchsreihe

Fig. 3: Abstract of test series results

### Zusammenfassung und Ausblick

Am ILF ist ein flexibler Versuchsstand für Untersuchungen des Wasserstrahlschneidens für Einsatzgebiete in der Landtechnik aufgebaut worden. Bisherige Schneiduntersuchungen an Zuckerrüben zeigen, dass ein grundsätzliches Potenzial zum Zerkleinern von Zuckerrüben besteht. Für einen stationären Einsatz sind die benötigten Wassermengen pro Rübenschnitt derart gering, dass eine Steigerung der Schnitttiefe im Wesentlichen über größere Düsendurchmesser bei gleichzeitiger Schneiddruckabsenkung erfolgen sollte. Hierdurch könnten teure Hochdruckkomponenten (Druckübersetzer) umgangen werden.

Für den mobilen Einsatz wird durch Beimengung von Abrasivstoffen ebenfalls Optimierungspotenzial gesehen. Die hiermit zusammenhängenden Versuche sind für die Erntesaison 2002/03 geplant.

### Literatur

- [1] Ligocki, A.: Wasserstrahlschneiden als alternatives Schneidverfahren für die Landtechnik. Landtechnik 56 (2001), H. 5, S. 324-325