

Dennis Jünemann und Hans-Heinrich Harms

Voruntersuchungen zu einem Strahlfänger für das Wasserstrahlschneiden von Zuckerrüben

Am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik wurde in der Vergangenheit der Schnittvorgang von landwirtschaftlichen Gütern mittels Hochdruckwasserstrahl untersucht und optimiert. Bei einer mobilen Anwendung muss für dieses Verfahren notwendigerweise eine ausreichende Menge Wasser für den Schnittprozess mitgeführt werden. Dies führt zu erhöhtem Platzbedarf und Maschinengewicht. In einem laufenden Projekt wird die Möglichkeit untersucht, das Prozesswasser aufzufangen, aufzubereiten und wiederzuverwenden, um so die Wassermenge gering zu halten.

Schlüsselwörter

Alternative Schneidverfahren, Strahlfangeinrichtung, Wasserstrahlschneiden, Zuckerrübe, landwirtschaftliche Güter

Keywords

Alternative cutting technologies, catcher, water jet cutting, sugar beet, agricultural materials

Jünemann, Dennis and Harms, Hans-Heinrich

Preexaminations for a water catcher to cut sugar beets with water jet

Landtechnik 65 (2010), no. 2, pp. 90-92, 4 figures, 3 references

The cutting process of agricultural materials by a high pressure water jet was examined and optimized at the Institute of Agricultural Machinery and Fluid Power in the recent past. For mobile applications of this process it is necessary to carry an amount of water on the machine which is sufficient for the cutting process. This requires more place and increases the machine weight. In an ongoing project the feasibility of collecting and recycling used cutting water is examined in order to reduce the water amount which has to be carried-up.

■ Ziel des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projektes ist es, zu untersuchen, ob und wie das für den Schnittvorgang organischer Güter mittels Hochdruckwasserstrahl verwendete Wasser aufgefangen, aufbereitet und dem Prozess wieder zugeführt werden kann.

Das Projekt gliedert sich im Wesentlichen in zwei Abschnitte. Im ersten Teil wird eine Auffangeinrichtung für den Hochdruckwasserstrahl entwickelt, im zweiten Teil wird ein geeignetes Verfahren identifiziert, mit dem sich das verschmutzte Prozesswasser derart aufbereiten lässt, dass es der Hochdruckpumpe wieder zugeführt werden kann. **Abbildung 1** zeigt schematisch einen möglichen Aufbau für die Wasserrückführung und -aufbereitung.

Im ersten Abschnitt dieses Projekts wird derzeit eine Auffangeinrichtung (Catcher) für den Wasserstrahl nach dem Rübenschnitt entwickelt.

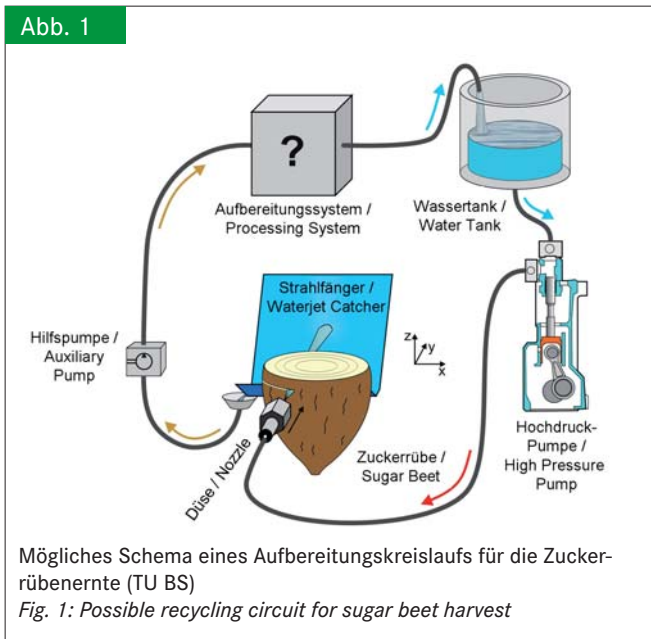
Vor dem Hintergrund eines möglichen mobilen Einsatzes auf einem selbstfahrenden Rübenvollernter ergeben sich zwei zu bearbeitende Problemfelder.

Das erste ist der Zielkonflikt zwischen einer sehr kleinen und kompakten Bauweise des Catchers, um den eingeschränkten Platzverhältnissen in einem Rodeaggregat gerecht zu werden, und einer Bauweise mit einem relativ großen Öffnungsquerschnitt des Catchers, um möglichst viel Prozesswasser aus dem durch den Schnittvorgang aufgeweiteten Strahl wieder auffangen zu können.

Strahlaufprall

Das zweite Problemfeld bei der Entwicklung des Catchers ist der Verschleiß des Mediums auf das der Hochdruckwasserstrahl auftrifft. **Abbildung 2** zeigt die Beschädigung einer Titanlegierung (Ti V15 Cr3 Al3 Sn3) im Staupunkt beim Auftreffen des Hochdruckwasserstrahls im rechten Winkel auf deren Oberflä-

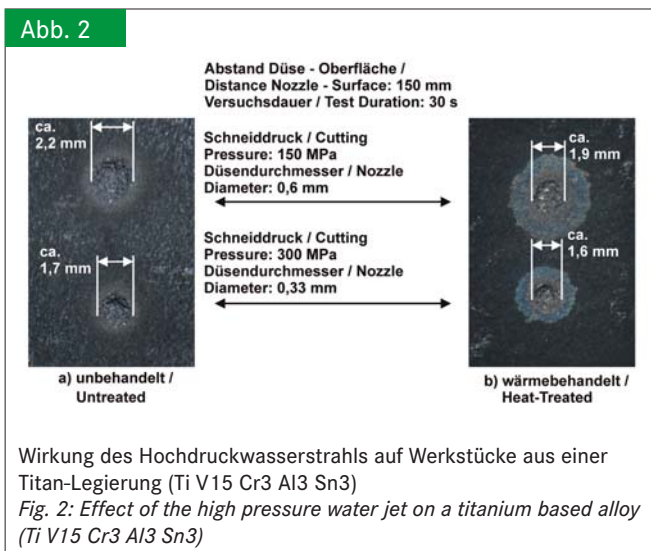
Abb. 1



che. Unter a) ist ein unbehandeltes Werkstück dargestellt und unter b) ein wärmebehandeltes.

Für die Parameter Schneiddruck und Düsendurchmesser wurden Werte gewählt, mit denen bei Rüben nach [1] und [2] Schnitttiefen von 80 bis über 110 mm erreicht werden können. Für den Abstand zwischen Düse und Titanblech wurden 150 mm gewählt. Dies entspricht etwa dem notwendigen Abstand zwischen Düse und Catcher beim Köpfovorgang von Rüben. Die Versuchsdauer betrug jeweils 30 s. In **Abbildung 2** ist zu erkennen, dass die Wirkung des Wasserstrahls bei einem Druck von 150 MPa und einem Düsendurchmesser von 0,6 mm größer ist als bei einem doppelt so hohen Druck von 300 MPa und einem geringeren Düsendurchmesser von 0,33 mm. Der Grund hierfür liegt in der höheren wasserhydraulischen Leistung der Parameterkombination 150 MPa Schneiddruck und 0,6 mm Düsendurchmesser.

Abb. 2



Die Wärmebehandlung des Werkstücks zur Erhöhung der Materialhärte (**Abbildung 2b**) zeigt nur geringfügige Verbesserungen der Materialhaltbarkeit. Die für die Versuche verwendeten 3 mm starken Titanbleche haben eine Standzeit von wenigen Minuten, bis sie vollständig vom Wasserstrahl durchdrungen werden. Die Standzeit herkömmlicher Stahlbleche liegt deutlich darunter. Aluminiumbleche halten dem auftreffenden Wasserstrahl nur wenige Sekunden stand.

Ein aus der Düse austretender Freistrahл kann nach [3], beginnend ab der Düse, in die Bereiche Kompaktstrahl, Tropfenstrahl und Sprühstrahl eingeteilt werden. Diese Einteilung resultiert aus der Interaktion des austretenden Strahls mit dem umgebenden Medium. Der Aufprallbereich des Catchers liegt in der Zone des Kompaktstrahls. Der Kompaktstrahl wird von einem Zerstäubungskegel umgeben. Die Querschnittsflächen von Kompaktstrahl und Zerstäubungskegel vergrößern sich mit zunehmendem Abstand von der Düse.

Für den Aufprallbereich des Kompaktstrahls ist es daher notwendig, entweder Verschleißmaterialien oder bewegliche Elemente zu verwenden. Auf diese Weise ist es möglich, die Wirkung des auftreffenden Strahls zu mindern, indem die Strahlenergie in kinetische Energie beweglicher Körper umgewandelt wird, die dann durch dämpfende Elemente abgebremst werden. Derzeit werden zwei Ansätze verfolgt, um dieses Ziel zu erreichen. Der erste Ansatz besteht in der Minderung der Strahlwirkung durch in den Strahl eingebrachte Bürstenpakete. Die Borsten sind einseitig eingespannt und können dem Strahl ausweichen. Gleichzeitig wird die ausweichende Bewegung durch die Eigendämpfung der Borsten gebremst.

Bei der zweiten Lösungsvariante trifft der Wasserstrahl auf gehärtete Stahlkugeln auf, die frei beweglich in einem Gehäuse gelagert sind. Der Strahl versetzt die Stahlkugeln in Bewegung und Strahlenergie wird in kinetische Energie der Stahlkugeln umgewandelt. Die Stahlkugeln werden durch Schaumstoffblöcke im Gehäuse wieder abgebremst.

Strahlausbreitung

Um die notwendige Größe des Öffnungsquerschnitts eines Catchers zu ermitteln, wurden verschiedene Versuche zur Ausbreitung des Wasserstrahls nach dem Austritt aus der zu schneidenden Rübe durchgeführt. Die Ausbreitung des Schnittwassers wurde mit Hilfe einer Hochgeschwindigkeitskamera in horizontaler und vertikaler Ebene bestimmt. In verschiedenen Versuchsreihen wurden die Parameter Druck, Düsendurchmesser, Schnittgeschwindigkeit und Rübenbreite variiert. Um eine Vergleichbarkeit der Versuche zu gewährleisten, wurde mit definierten Rübenbreiten gearbeitet. Die Versuchsrüben wurden auf Breiten von 50, 75 und 100 mm zugeschnitten, so dass sich parallele Schnittflächen und damit gleichmäßige Schnitttiefen ergaben.

Abbildung 3 zeigt exemplarisch die Draufsicht eines Schnittvorgangs einer Rübe und die Ausbreitung des Wasserstrahls nach dem Schnitt in horizontaler Ebene. Die Rübe ist raumfest positioniert und die Schneiddüse bewegt sich hori-

zontal mit der Geschwindigkeit v_{Schnitt} in Richtung der x-Achse des eingetragenen Koordinatensystems.

Die Strahlachse ist kongruent zur y-Achse und gibt die Austrittsrichtung des Wasserstrahls aus der Düse an. Im Winkel α zur Strahlachse verläuft die klar zur Umgebung abgrenzbare Strahlfront des aus der Rübe austretenden Strahls. Die Strahlfront ist entgegen der Bewegungsrichtung von der Strahlachse weggeneigt.

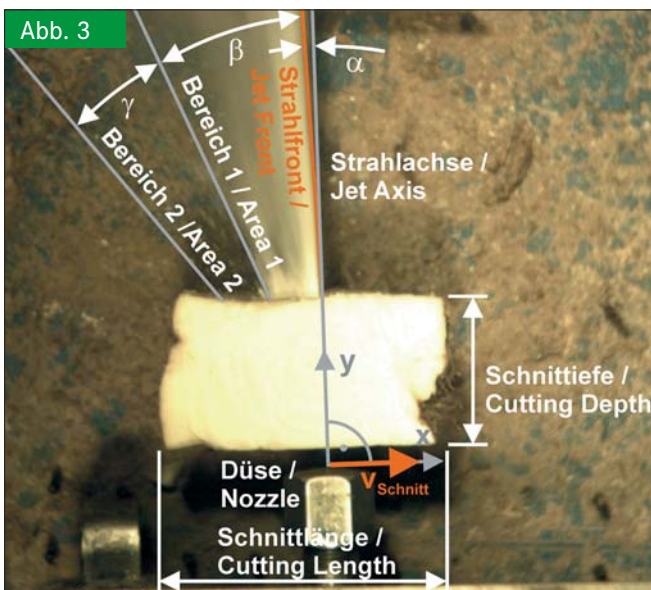
Es ist zu beobachten, dass sich der nach dem Rübenschnitt austretende Strahl hinter der Strahlfront fächerförmig ausbreitet. Dieser Fächer kann in die folgenden zwei Teilbereiche gegliedert werden, welche die Winkel β und γ einschließen.

Bereich 1: Das Schnittwasser breitet sich in geradlinigen kontinuierlichen Strahlfäden aus, die von Wassernebel umgeben sind.

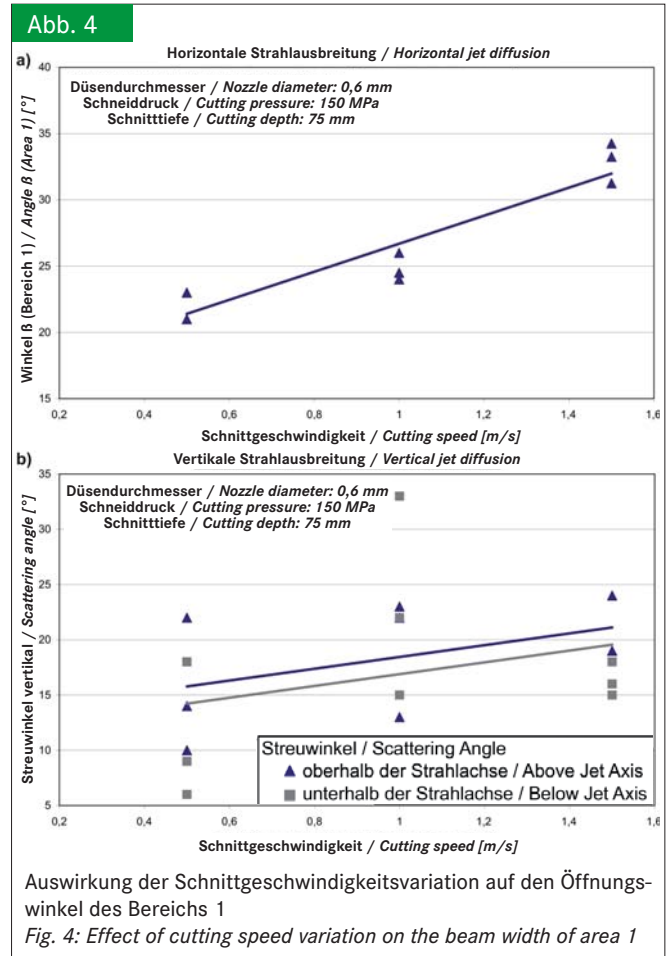
Bereich 2: Das Schnittwasser breitet sich in tropfenförmigen Strahlen aus. Die Strahlen sind nicht kontinuierlich. Mehrere Tropfen weisen die gleiche Bewegungsrichtung auf.

In ersten Versuchsreihen konnten Zusammenhänge zwischen den beschriebenen Winkeln (α , β und γ), den variierten Versuchsparametern Rübenbreite, Druck, Düsendurchmesser und Schnittgeschwindigkeit festgestellt werden. In **Abbildung 4** sind die Zusammenhänge zwischen dem Öffnungswinkel der Strahlausbreitung und der Variation der Schnittgeschwindigkeit in horizontaler Ebene (**Abbildung 4a**) und in vertikaler Ebene (**Abbildung 4b**) dargestellt.

Die Ergebnisse dokumentieren eine relativ große Spreizung zwischen den Versuchswiederholungen. Dennoch zeigt sich für die verwendeten Versuchsparameter deutlich, dass der Öffnungswinkel mit der Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit zunimmt.



Strahlausbreitung nach dem Rübenschnitt
Fig. 3: Jet diffusion after cutting process



Schlussfolgerungen

Die bisherigen Versuche haben gezeigt, dass der Wasserstrahl verschleißarm aufgefangen und der Strahlfächer nahezu komplett erfasst werden kann. Aufbauend darauf sind die Zusammenhänge durch weitere Versuchsreihen mit veränderten Parametern zu validieren. Ebenso muss die Wasserverteilung im austretenden Strahlfächer bestimmt werden, um die notwendige Größe des Catchers festlegen zu können. Hierzu wird eine Versuchseinrichtung gebaut, mit der bestimmte Bereiche des Strahlfächers gezielt aufgefangen und die enthaltene Wassermenge in bestimmten Bereichen des Strahlfächers quantifiziert wird. Auf Basis dieser Ergebnisse kann ein möglichst kompakter Catcher konstruiert und eine Aussage über die entsprechenden Schnittwasserverluste getroffen werden.

Literatur

- [1] Ligocki, A.: Schneiden landwirtschaftlicher Güter mit Hochdruckwasserstrahl. Dissertation. TU Braunschweig, Shaker Verlag, Aachen, 2005
- [2] Brüser, C.: Effizienzsteigerung beim Wasserstrahlschneiden von Zuckerrüben. Dissertation. TU Braunschweig, Shaker Verlag, Aachen, 2008
- [3] Wulf, C.: Geometrie und zeitliche Entwicklung des Schnittspaltes beim Wasserstrahlschneiden. Dissertation. RWTH Aachen, Selbstverlag, 1986

Autoren

Dipl.-Ing. Dennis Jünemann ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik (ILF) der TU Braunschweig, Langer Kamp 19a, 38106 Braunschweig, E-Mail: d.juenemann@tu-bs.de
Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Hans-Heinrich Harms ist Leiter des ILF der TU Braunschweig, E-Mail: h.harms@tu-bs.de