

Ermyas Mulugeta, Martin Geyer und Bernd Oberbarnscheidt, Potsdam-Bornim, sowie Michael Lipthal, Metzingen

# Entwicklung von Waschdüsen für eine effizientere Gemüsewäsche

*Zurzeit werden in Deutschland 2,5 Mio. t Gemüse erzeugt. Ein großer Teil davon wird vor der Vermarktung in den Gemüsebaubetrieben gewaschen. Für das Reinigen von Gemüse, insbesondere für den Rohverzehr, muss gemäß der Lebensmittelhygieneverordnung Wasser mit Trinkwasserqualität eingesetzt werden.*

*Um Trinkwasser einzusparen, soll mit möglichst kleiner Frischwassermenge und geringem Energieeinsatz das Gemüse in kurzer Zeit schonend gereinigt werden.*

Dr. Martin Geyer ist Leiter der Abteilung „Technik im Gartenbau“ am Institut für Agrartechnik Bornim e. V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam (Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Zasko); e-mail: [geyer@atb-potsdam.de](mailto:geyer@atb-potsdam.de)  
 Dipl.-Ing. Ermyas Mulugeta und Dr.-Ing. Bernd Oberbarnscheidt sind Mitarbeiter dieser Abteilung; e-mail: [emulgeta@atb-potsdam.de](mailto:emulgeta@atb-potsdam.de)  
 Michael, Lipthal ist Mitarbeiter der Lechler GmbH + Co KG, Ulmer Str. 128, D-72555 Metzingen; e-mail: [michael.lipthal@lechler.de](mailto:michael.lipthal@lechler.de)  
 Das Projekt wird vom BMBF finanziell unterstützt.

## Schlüsselwörter

Gemüsewäsche, Waschdüse, Reinigung

## Keywords

Vegetable cleaning, washing jets, spray nozzle

## Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 02411 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

Das Reinigen von pflanzlichen Oberflächen mit Wasserstrahlen ist eine wissenschaftlich wenig untersuchte Fragestellung. Über die Reinigungsparameter von Waschdüsen, welche den Reinigungsprozess maßgeblich beeinflussen, ist nur wenig bekannt. Sie zu ermitteln ist ein wesentliches Ziel des hier vorgestellten Projektes.

## Anforderungen an Waschdüsen

Die Anforderungen an Gemüsereinigungsmaschinen mit Spritzdüsen bestehen in einer realisierbaren Optimierung der Parameter Reinigungswirkung, Frischwasser- und Energieverbrauch. Dazu müssen die sich gegenseitig beeinflussenden Faktoren optimal aufeinander abgestimmt werden (Bild 1).

In Hinblick auf diese Ansprüche sind beim Einsatz von Waschdüsen folgende applikationstechnischen Anforderungen an den Spritzstrahl zu stellen:

- eine gute Mikrostruktur, also der Strahlzerfall in Tropfen mit optimalen Größen- und Geschwindigkeitsspektren, und
- eine gute Makrostruktur, also die gleichmäßige Verteilung des Waschwassers auf der zu reinigenden Gemüseoberfläche mit einer optimalen Strahlausbreitung und Flächenleistung.

Haupteingangsgrößen für die Variation der Strahlparameter sind die Betriebsparameter und die Düsenkonfiguration. Ausgangsgrößen, und damit das direkte Ergebnis der Strahlstruktur, sind das Größen- und das Geschwindigkeitsspektrum der Tropfen sowie die Strahlgeometrie.

## Projektschwerpunkte

Im Rahmen des Projektes werden zuerst die wichtigen Faktoren, welche die Reinigungswirkung der Düsen beeinflussen, gemeinsam mit Fa. Lechler ermittelt. Der Einsatz verschiedener messtechnischer Verfahren ermöglicht es, die Beziehungen zwischen den Einflussparametern (Bild 1) und der Reinigungswirkung herzustellen und Möglichkeiten zur Optimierung aufzuzeigen.

Auf der Basis dieser Grundlagenuntersuchung am Versuchsstand wird ein Bewertungsschema zur problemorientierten Auswahl von Düsen erarbeitet. Im Rahmen anschließender Praxisuntersuchungen in stationären und mobilen Waschmaschinen werden die Düsen bewertet und optimiert. Dabei werden die Grenzen der Belastbarkeit von pflanzlichen Geweben durch überhöhte Strahldrücke Berücksichtigung finden.

## Versuchsdurchführung

Zur Ermittlung der Zusammenhänge von Strahlkraft und Reinigungswirkung wurde ein standardisiertes Prüfverfahren erarbeitet, das eine objektive Erfassung und Bewertung der Wirkung der Tropfenimpulse unterschiedlicher Betriebs- und Düsenparameter gestattet. Zur Erprobung des Bewertungsverfahrens wurden die hier vorgestellten Versuche mit der Pflanzenschutzstandarddüse LU 90-04, Spritzwinkel 90°, dargestellt. *Erfassung der Strahlkraftverteilung*



Bild 1 Einflussfaktoren auf den Reinigungsprozess mit Waschdüsen

Fig. 1: Factors effecting the cleaning process with washing jets

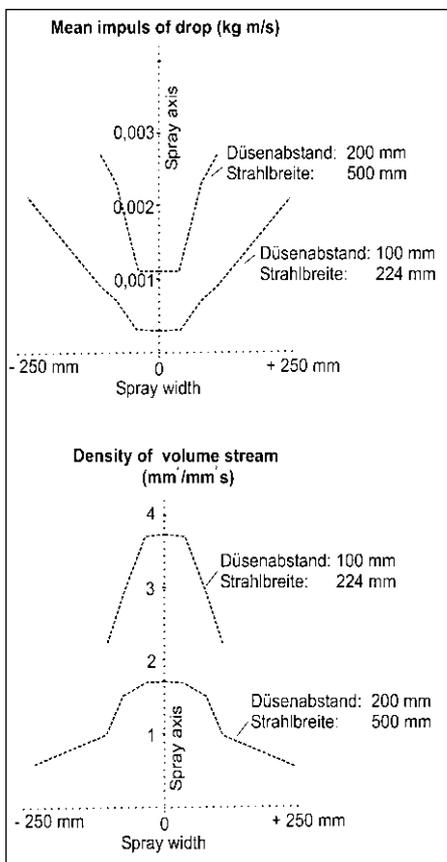


Bild 2: Variation der Strahlkenngrößen mittlerer Tropfenimpuls und Volumenstromdichte (VSD) über die Strahlbreite bei 2,5 bar Spritzdruck

Fig. 2: Variation of the jet parameters mean drop impulse and volume flow density (VSD) over the jet width at a spraying pressure of 2.5 bar

mittels Tekscan-Sensor

Zum Aufbau des Sensors und zum Messsystem wird auf [3] verwiesen. Mit dem Tekscan-Sensor wurde die Aufprallkraftverteilung auf der Sensoroberfläche erfasst, die aus den unterschiedlichen Strömungsverhältnissen bei der Tropfenentstehung und aus der Beeinflussung der Tropfen durch die Umgebungsluft resultiert. Die binären Messwerte in ASCII-Format werden nach einer im ATB entwickelten Kalibrierprozedur [5] in Kraftwerte (N) umgerechnet.

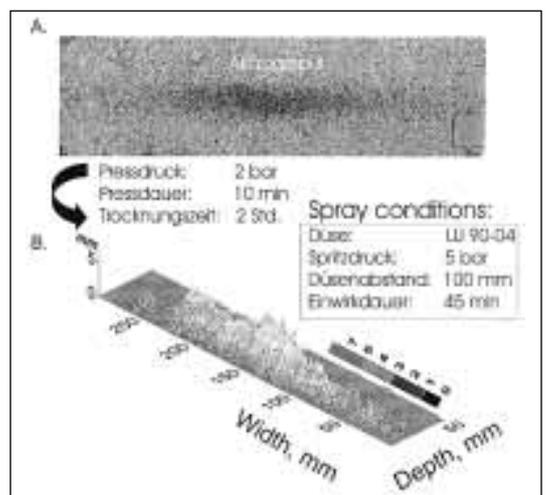
#### Simultane Bestimmung der Tropfengröße und Tropfengeschwindigkeit im Spritzstrahl

Die Grundlagen und das Prinzip der Phasen-Doppler-Messtechnik sind in [7] ausführlich beschrieben. Mit Hilfe des Phasen-Doppler-Teilchenanalysators (PDA) wurden Messungen zu Tropfengrößen und Tropfengeschwindigkeiten im Spritzstrahl bestimmt. Die Variabilität der Strahlparameter innerhalb der Spritzfläche findet über die teilflächenbezogene Betrachtung der Spritzfläche Berücksichtigung.

Die Möglichkeit der simultanen Erfassung von Tropfengrößen und Tropfengeschwindigkeiten gestattet eine energetische Betrachtung der Tropfen. Aus diesen Verteilungsdaten der Strahlparameter und der Flüssigkeitsverteilungsmessung lassen sich

Bild 3: Materialabtrag durch den Wasserstrahl: A. Abtragsspur im standardisierten Messkörper; B. Ergebnis der Vermessung des Materialabtrags mit dem Laserscanner

Fig. 3: Material removal by the water jet: A. Removal trace in a standardised measuring body; B. Result of measuring the material removal with a laser scanner



Kennwerte wie Volumenstromdichte, Tropfenstromdichte, Impulsflussdichte ableiten (Bild 2), die eine Beurteilung der Düsen hinsichtlich ihres Reinigungsgrades ermöglichen.

#### Entwicklung von standardisierten Messkörpern zur Validierung der Tropfenimpulse

Für die Anwendung bei Niederdruckdüsen zur Gemüsewäsche wurde bei der Ermittlung der Zusammenhänge Wasserstrahlenergie und Reinigungswirkung ein standardisierter Messkörper (Bild 3) entwickelt. Als Basis zur Analyse der Impulskraftwirkung verschiedener Betriebs- und Düsenparameter wurden Abtragstiefe und -volumen der auf der Oberfläche gebildeten Abtragssuren herangezogen. Die Daten werden durch Abtasten der Oberfläche mit einem Laserscanner gewonnen. Die den Querschnitt der Abtragrinnen charakterisierenden Kenngrößen sind jeweils das arithmetische Mittel der Messwerte.

#### Versuchsergebnisse

##### Analyse unterschiedlicher Spritzdrücke und Düsenabstände

Die Unterschiede in den Tropfen- und Tropfenvolumenverteilungen mit Änderung des Spritzdruckes sind relativ gering. Sichtbar ist jedoch, dass die Anzahl von Tropfen  $>300 \mu\text{m}$  mit Erhöhung des Spritzdruckes abnimmt, zugleich die Tropfenzahl in der unteren Tropfengrößenklasse bis  $250 \mu\text{m}$  zunimmt. Dies führt schließlich zur Abnahme der mittleren Tropfendurchmesser. Im Unterschied zu den Tropfengrößen zeigt sich mit Zunahme des Spritzdruckes eine deutliche Steigerung der Geschwindigkeiten in allen Tropfengrößenklassen. Diese Steigerung ist tendenziell bei kleineren Tropfen ausgeprägter als bei großen Tropfen. Die damit verbundene Erhöhung des Strahlimpulses führt zu höheren Aufpralldrücken.

Die Messungen der Flüssigkeitsverteilung über die Strahlbreite und -tiefe ergaben, dass höhere Konzentrationen an Spritzwasser in und um den Kernbereich des Strahls zu verzeichnen sind. Außerdem zeigen sie eine Tendenz zur geringfügigen Vergrößerung der Spritzbreite (Spritzwinkels) mit zunehmendem Spritzdruck. Im Gegensatz zur

Spritzbreite bewirkt eine Spritzdrucksteigerung von 2,5 auf 5 oder 8 bar eine Verringerung der Spritztiefe um ein Drittel, die wiederum zur Erhöhung der Tropfen-, Volumenstromdichte und Impulsflussdichte (des Aufpralldruckes) beiträgt.

Die PDA-Messwerte über die gesamte Spritzfläche zeigen, dass die Tropfengröße sowie die Tropfengeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Düsenabstand ( $a \leq 200 \text{ mm}$ ) nur geringfügig variiert. Es wird jedoch ersichtlich, dass mit der Erhöhung des Düsenabstandes mehr kleinere Tropfen registriert wurden bei gleichzeitiger Abnahme der Anteile an größeren Tropfen. Der Geschwindigkeitsverlust ist bei kleineren Tropfen ausgeprägter als bei größeren Tropfen, kleinere Tropfen verlieren also schneller ihre Impulskraft als größere Tropfen. Infolge der durch Tropfenzerfall hervorgerufenen Impulsverringerung des Einzeltropfens, der lufttreibungsbedingten Geschwindigkeitsabnahme und der stärkeren Abnahme von Tropfenanzahl und -volumen pro Flächeneinheit wurden auf der Sensoroberfläche viel geringere Kraftmesswerte registriert.

#### Schlussfolgerung und Ausblick

- Eine Drucksteigerung verursacht eine geringe Reduzierung der mittleren Durchmesser der Verteilung (MVD). Ein steigender Spritzdruck ruft dagegen signifikante Zunahme der mittleren Tropfengeschwindigkeit hervor, die eine Impulssteigerung der Einzeltropfen zur Folge hat.
- Aufgrund der Mehranteile an kleinen Tropfen und der breiten Spritzfläche sind die resultierenden Strahlkenngrößen (Volumen-, Tropfenstromdichte, Impulsflussdichte) für die Düse LU 90-04 relativ klein. Sie ist für die Gemüsewäsche wenig geeignet.

Mit der hier erarbeiteten Methodik wurde die Möglichkeit zur Beurteilung der Düsen hinsichtlich ihrer Reinigung am Versuchstand geschaffen. Dieses zielt letztendlich auf die Optimierung und Modifikation von Waschdüsen für eine effizientere Gemüsewäsche. Die vorliegenden ersten Ergebnisse lassen auf ein derartiges Potenzial schließen.