

# NEUE TECHNOLOGIEN BEI DER SCHLACHTUNG, GROB - UND FEINZERLEGUNG – EINFLÜSSE AUF SICHERHEIT UND QUALITÄT DES FLEISCHES\*

Troeger K.

**Kurzerueberblick:** Die Entwicklung neuer Technologien zielt häufig auf eine zunehmende Rationalisierung und Automatisierung von Prozessen ab. Dabei muss die Auswirkung der Innovation auf die Sicherheit und Qualität der Produkte ebenfalls in Betracht gezogen werden. In den letzten Jahren wurden seitens der Schlachthofausrüster vermehrt Anstrengungen unternommen, den Prozess der Fleischgewinnung möglichst weitgehend zu automatisieren. Nachdem sich ein Konzept, das auf Spezialmaschinen für jeden Arbeitsschritt basierte, am Markt nicht durchsetzen konnte, setzt man jetzt auf Standard-Industrieroboter, wie sie etwa in der Autoindustrie zahlreich im Einsatz sind. Erste Ergebnisse zeigten, dass die Roboter zuverlässiger und hygienischer arbeiten als der Mensch. Auch für den Bereich der Grobzerlegung stehen mittlerweile leistungsfähige Roboter zur Verfügung. Für die Feinzerlegung bzw. das Schneiden von Fleisch wurde am MRI Kulmbach eine weitere neue Technologie geprüft und bewertet. Es wurden Versuche mit Hochdruck-Wasserstrahl (3800 bar) zum Schneiden von Schweinelachsen (*M. longissimus dorsi*) durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten, dass die frischen Fleischoberflächen weitgehend keimfrei waren und dass die Mindesthaltbarkeit dieses Fleisches unter SB-Handelsbedingungen deutlich länger war als die von konventionell mit einem Slicer geschnittenen Fleischscheiben.

**Schlüsselwörter:** Neue Technologien, Sicherheit, Qualität, Schlachtung, Roboter, Grobzerlegung, Feinzerlegung, Wasserstrahl-Schneiden

## Nove tehnologije tokom klanja, grubog i finog rasecanja – uticaj na bezbednost i kvalitet mesa

**S a d r ž a j:** razvoj novih tehnologija usmeren je na racionalnije i automatizovanije procese. Zbog toga, uticaj inovacija na bezbednost i kvalitet proizvoda, takođe, mora da se uzme u obzir. Poslednjih nekoliko godina, snabdevači opremom za industriju mesa, ulažu velike napore u cilju automatizacije procesa klanja, kako iz ekonomskih razloga, tako i zbog higijene. Posle pokušaja da se implementira koncept korišćenja specijalnih mašina, koje su se pokazale neuspešnim na tržištu, pažnja je usmerena na standardne industrijske robote koji se koriste u mnogim industrijama, a naročito u automobilskoj. Početno iskustvo ukazuje da su roboti pouzdaniji i čistiji od čoveka. U međuvremenu, efikasni roboti su dostupni takođe, za primenu u primarnom rasecanju. U oblasti rasecanja mesa, druge nove tehnologije su ocenjivane u Max-Rubner Institutu u Kulmbachu. Eksperimenti su obavljani rasecanjem svinjskog mesa (*M. longissimus dorsi*) u nareške korišćenjem vodenog mlaza pod visokim pritiskom (3800 bar). Rezultati su pokazali da su površine svežeg mesa skoro sterilne i da je održivost ovog mesa (u uslovima prodaje) bila mnogo duža u odnosu na konvencionalno sečene odreske.

**Ključne reči:** nove tehnologije, sigurnost, kvalitet, klanje, roboti, grubo i fino rasecanje, vodeni mlaz visokog pritiska

## New Technologies in Slaughtering, Pre-Cutting and Cutting – Influence on Safety and Quality of Meat

**A b s t r a c t:** The development of new technologies often directs to more rational and automatic processes. Thereby, the influence of the innovation on safety and quality of products must also be taken into consideration. Slaughterhouse equipment suppliers made increased efforts in the last few years to automate the process of slaughtering as far as

possible for economic reasons and for reasons of hygiene. After the attempt to implement a concept of using special machines failed in the market, one is now concentrating on standard industrial robots, as they are being used in large numbers for example in the automobile industry. Initial experience indicates that robots are more reliable and hygienic than human beings. In the meantime, efficient robots are available also for the purpose of primal cutting. In the field of meat cutting, another new technology was evaluated in MRI Kulmbach. Experiments were made cutting pork (*M. longissimus dorsi*) in slices using a high pressure waterjet (3800 bar). The results showed, that the fesh meat surfaces nearly were sterile and the shelf-life of this meat (under retail conditions) was much longer compared to conventionally slicer-cut steaks.

**Key words:** new technologies, safety, quality, slaughtering, robots, pre-cutting, cutting, waterjet-cutting

\*Plenary paper on International 55<sup>th</sup> Meat Industry Conference held from June 15-17<sup>th</sup> 2009 on Tara mountain

\*Plenarno predavanje na Međunarodnom 55. savetovanju industrije mesa, održanom 15-17. juna 2009. na Tari

AUTHOR: Klaus Troeger, [klaus.troeger@mri.bund.de](mailto:klaus.troeger@mri.bund.de), Max Rubner-Institut (MRI) Standort Kulmbach, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, E.-C.-Baumann-Str. 20, 95326, Deutschland

AUTOR: Klaus Troeger, [klaus.troeger@mri.bund.de](mailto:klaus.troeger@mri.bund.de), Max Rubner Institut (MRI), Standort, Kulmbach, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, E.-C.-Baumann-Str. 20, 95326, Nemačka

## Einleitung

Die Forderung nach Produktsicherheit und damit der Stellenwert der Hygiene bei der Fleischgewinnung und –bearbeitung hat, auch aufgrund der zunehmenden Konzentration der Schlacht- und Zerlegebetriebe mit entsprechend längeren Distributionswegen für das Fleisch, in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Zum einen ist die erforderliche Haltbarkeit des Frischfleisches nur bei konsequenter hygienischer Gewinnung und Behandlung erreichbar. Zum anderen dienen hygienische Maßnahmen dem Gesundheitsschutz des Verbrauchers: das Fleisch klinisch gesunder Tiere sollte beim Schlacht- und Zerlegungsprozess nicht mit pathogenen Mikroorganismen (Salmonellen, Listerien, Staphylococcus aureus, shigatoxinbildende *E. coli* u.a.) kontaminiert werden. Dies erfordert geeignete bauliche, technische und organisatorische Maßnahmen der Betriebe.

Neue Technologien der Fleischgewinnung und Zerlegung werden häufig mit dem Ziel einer zunehmenden Automatisierung der Prozesse entwickelt (z.B. Robotereinsatz in Schlachtung und Zerlegung). Die Erfüllung von grundlegenden Hygieneanforderungen, wie beispielsweise eine Vermeidung von Kreuzkontaminationen zwischen verschiedenen Schlachtkörpern in der Schlachtkette, muss dabei jedoch gewährleistet sein. Andererseits können neue technische Anwendungen auch primär auf eine bessere Prozesshygiene abzielen. Ein Beispiel hierfür ist das Schneiden von Fleisch mit Hilfe eines Hochdruck-Wasserstrahls (waterjet).

## Einsatz von Industrie-Robotern

Bei der **industriellen Schweineschlachtung** ist heute bereits ein hoher Automatisierungsgrad möglich. Im reinen Bereich der Schlachtlinie verbleiben gegenwärtig als manuelle Tätigkeiten die Entnahme des Urogenitaltrakts, die Separierung der Innereien, die amtliche Fleischuntersuchung sowie die Herrichtung gemäß den Vermarktungsnormen der EU und das Trimmen.

Neben Spezialmaschinen werden zunehmend Standard-Industrieroboter mit eigens entwickelter Software eingesetzt. Die Schwierigkeit besteht darin, Standard-Industrieroboter an die spezifischen Bedingungen eines Schlachtbetriebs zu adaptieren. Im Gegensatz zur Automobilindustrie hat im Schlachtbetriebe jedes „Werkstück“ eine andere Größe und Form. Die Roboter können nicht immer das gleiche, sich wiederholende Bewegungsmuster ausführen – vielmehr müssen die Bewegungen bzw. die Schnittführung durch einen Hochgeschwindigkeits-PC für jeden Schlachtkörper individuell neu berechnet werden. Dazu passieren die Schlachtkörper einen oder mehrere Laserscanner (Abb. 1); eine speziell entwickelte Software liefert die Koordinaten für ein dreidimensionales Bild jedes Schlachtkörpers. Die für die Robotersteuerung erforderlichen Daten stehen innerhalb von wenigen hundert Millisekunden zur Verfügung. Die Bewegungen der Roboter laufen synchron mit der Bewegung des Schlachtförderers.

An Ausführung und Funktion der Roboter sind auch hygienische Anforderungen zu stellen.



**Abb. 1.** Laserscanner und Industrie-Roboter mit „Bauch- und Brustbeinöffner“ (Fa. Banss, Biedenkopf)  
**Slika 1.** Laserski skener i industrijski robot za rasecanje grudno-trbušnog dela (Fa. Banss, Biedenkopf)

Die Konstruktion muß eine effektive Reinigung erlauben. Die Schutzhülle muß aus für Lebensmittel geeignetem Gewebe bestehen, welches mit Hochdruckwasserstrahl gereinigt werden kann und widerstandsfähig gegen Desinfektionsmittel ist. Die Roboterwerkzeuge müssen nach jedem Arbeitsgang einer effektiven Zwischenreinigung und –desinfektion unterzogen werden. Inwieweit für eine Desinfektion anstelle von 82-gradigem Wasser auch Heißdampf eingesetzt werden kann, ist Gegenstand laufender Untersuchungen.

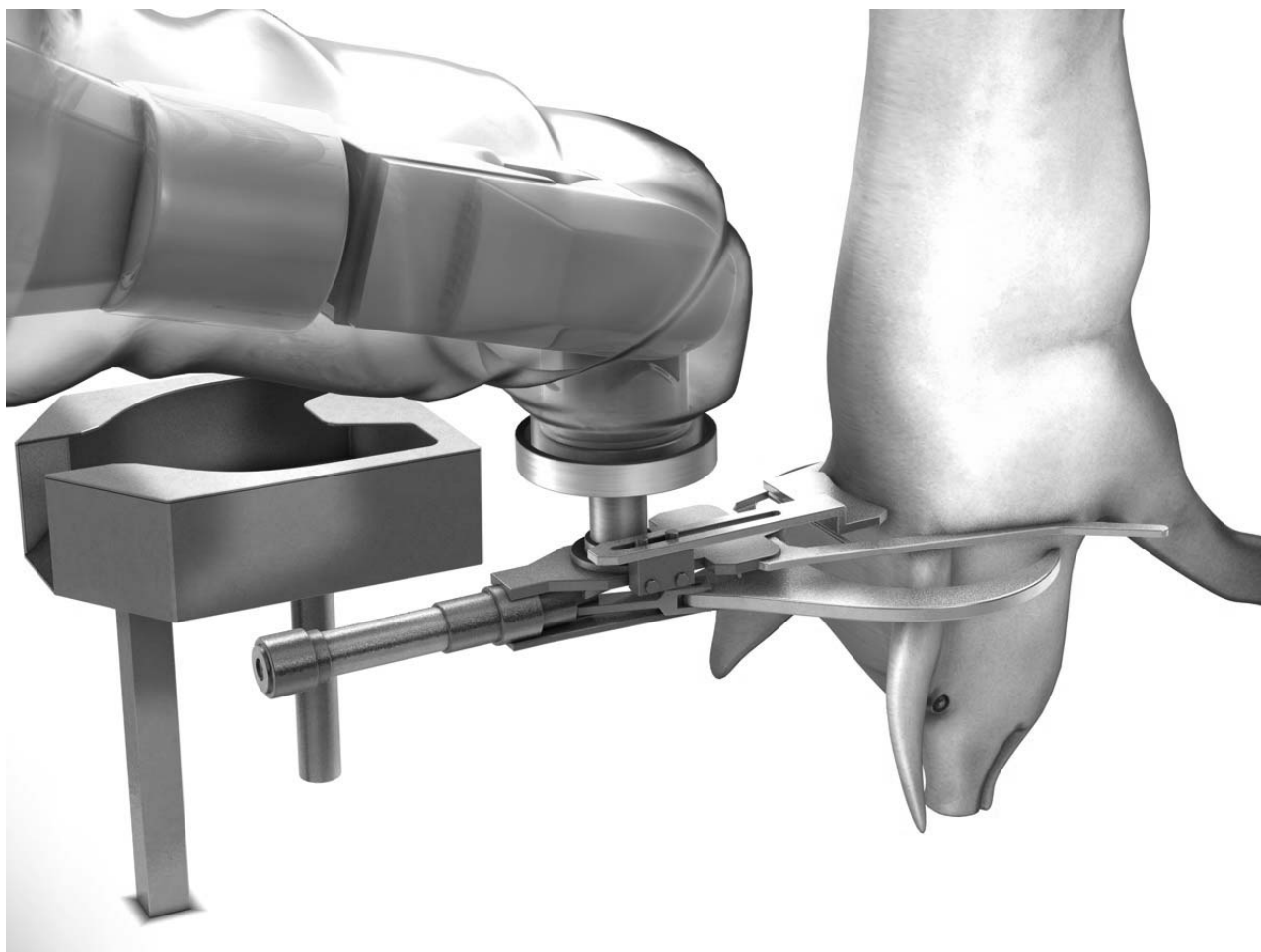
Bisher sind – bei einer Stundenleistung von bis 650 Schweinen – Roboter für folgende Arbeitsschritte im Einsatz: „Vorderklauen kneifen“, „Rektum freischneiden“ (Abb. 2), „Schlossknochen öffnen“, „Bauch und Brustbein öffnen“ (Abb. 1) sowie „Nacken kneifen“ (Abb. 3). Seit kurzer Zeit ist auch ein Roboter geführter Schweinespalter verfügbar. Fleischhygienische Fragestellungen, insbesondere auch zur Effektivität der automatischen Zwischenreinigung und –sterilisation der Roboterwerkzeuge wurden und werden vom Institut für Sicherheit und Qualität bei Fleisch des MRI, Standort Kulmbach, untersucht. So wurden vergleichende Untersuchungen zur mikrobiellen Kontamination von Schlachtkörpern im Beckenbereich nach Einsatz eines manuellen bzw. Roboter-Bung Droppers (Rektum Freischneider, Abb. 2)

durchgeführt. Es wurden Oberflächen-Muskelproben aus dem caudalen Beckenbereich destruktiv mit Hilfe einer Stanze (Durchmesser 25 mm) und eines Skalpells bei 101 Schlachtkörpern nach manuellem Bung Dropper-Einsatz und bei 100 Schlachtkörpern nach Roboter Bung Dropper-Einsatz entnommen und die aeroben Gesamtkeimzahlen sowie die Gehalte an Enterobacteriaceen bestimmt. Die Ergebnisse zeigten hygienische Vorteile für die Robotertechnik. Höhere Keimzahlen ( $10^4$  bis  $< 10^5$  Gesamtkeime pro  $\text{cm}^2$ ) wurden bei 32 % der manuell bearbeiteten Schlachtkörper, aber nur bei 9 % der Roboter bearbeiteten Schlachtkörper ermittelt (Abb. 4; Troeger, 2008). Ein noch deutlicherer Unterschied zugunsten der Robotertechnik ergab sich bezüglich der Keimgehalte der Nackenmuskulatur nach Einsatz eines manuell bzw. Roboter geführten Nackenkneifers (Abb. 3, Moje, 2009). Der Grund für das bessere Abschneiden der Roboter dürfte in der effektiveren Zwischenreinigung und –sterilisation der Werkzeuge liegen.

Bei der **Grobzerlegung** von Schweinehälften sind ebenfalls bereits Industrie-Roboter im Einsatz. Die Arbeitsstation besteht aus einer vertikalen Fixationsvorrichtung für die Schweinehälften, einem dualen Kamerasystem mit PC zur Bildverarbeitung und einem Industrie-Roboter mit Hygiene-Design. Als Schneidwerkzeug dient eine kleine Krei-

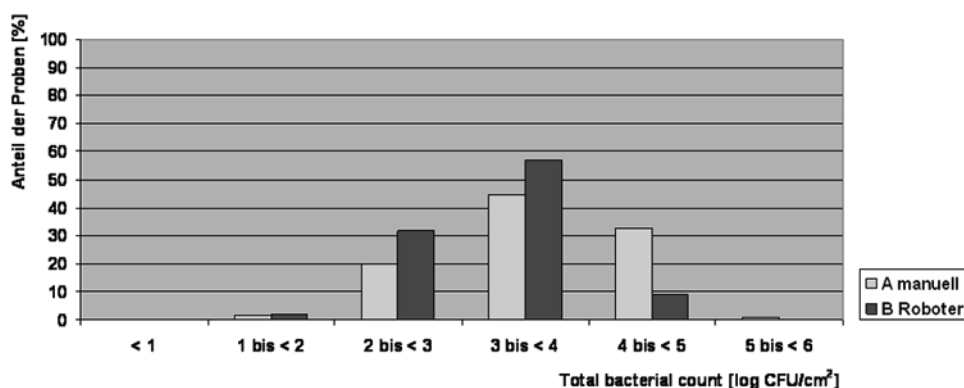


**Abb. 2.** Industrie-Roboter mit „Rektum-Freischneider“ (Fa. Banns, Biedenkopf)  
**Slika 2.** Industrijski robot za opsecanje rektuma (Fa. Banns, Biedenkopf)



**Abb. 3.** Industrie-Roboter mit „Nackenkneifer“ (Fa. Banns, Biedenkopf)

**Slika 3.** Industrijski robot za odvajanje od vrata (Fa. Banns, Biedenkopf)



**Abb. 4.** Gesamtkeimzahlen der Beckenmuskulatur nach manuellem (n = 101) oder Roboter - Bung Dropper – Einsatz (n = 100); 600 Schweine pro Stunde

**Slika 4.** Ukupan broj bakterija u regiji karlice posle manuellnog (n = 101) ili automatskog opsecanja rektuma (n = 101); 600 svinja na sat

ssäge, mit welcher sowohl lineare als auch Kurven-Schnitte ausgeführt werden können. Die Berechnung der Schnittführung orientiert sich an den anatomischen Gegebenheiten. Die Schnittlinien sind nach Kundenanforderungen frei wählbar, saisonale Variationen leicht zu programmieren. Ein Roboter

kann pro Stunde bis zu 1600 individuelle Schnitte ausführen. Die Variation der Schnitte (Abweichung von der Ideallinie) ist beim Roboter mit + - 5 mm deutlich geringer als beim manuellen Sägen (+ - 20 mm). Dies bedingt höhere Ausbeuten an höherwertigen Teilstücken.

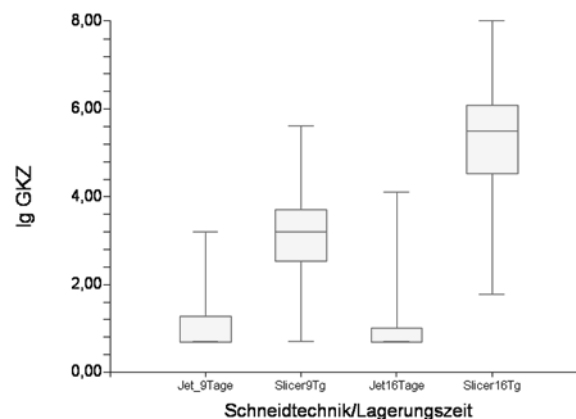
Für ein weiteres Zerlegen und das **Entbeinen** von Teilstücken nach Grobzerlegung wurden bereits einige Spezialmaschinen entwickelt. Die sog. Mittelstück-Schneidemaschine trennt das Kotelett vom Bauch (Folkmann and Christensen, 2003). Die sog. Vorderviertel-Maschine entfernt die Rippen und die Halswirbelsäule aus einem Schweinevorderviertel (Hansen, 2004). An einer weiteren Automatisierung des Ausbeinungsprozesses wird weltweit gearbeitet.

### Schneiden von Fleisch mit Hochdruck-Wasserstrahl (Waterjet)

Wasserstrahlschneiden wird in einer Reihe von Industriezweigen, wie der Luft- und Raumfahrtindustrie, dem Maschinenbau, der Glas-, Holzverarbeitungs-, Textil-, Papier-, Automobil- und Lebensmittelindustrie routinemäßig eingesetzt. Über Anwendungen in der Fleisch-, Geflügel- und Fischindustrie wurde berichtet (N.N., 2001; Wang and Shanmugam, 2009).

Im Rahmen eines Forschungsprojekts wurde der Einsatz eines Wasserstrahlschneidsystems (Hochdruckpumpe Typ Standard HP19/37-S, Fa. Uhde High Pressure Technologies, Hagen; Edelstahl-Schneidtisch mit Schneiddüse mit variabler Vorschubgeschwindigkeit, Fa. Banns Meat Technologies, Biedenkopf) zum Schneiden frischer Schweinerückenmuskulatur erprobt. An fünf Versuchstagen wurden je zwei ganze entbeinte Schweinerücken aus laufender Produktion eines Zerlegebetriebes entnommen und mittels Wasserstrahl (3800 bar, 0,15 mm Düsendurchmesser, 140 cm/min Vorschubgeschwindigkeit) in jeweils 12 ca. 2 cm dicke Scheiben (= 24 Scheiben pro Versuchstag) geschnitten. Die Rückenmuskeln wurden vor dem Schneiden zwei Stunden in einem Gefrierraum bei -18°C gelagert, so dass die Fleischtemperaturen zum Zeitpunkt des Wasserstrahlschneidens ca. -1,5°C in 2 cm Tiefe und im Kern ca. 0°C betragen. Die Rückenmuskel-Steaks wurden in Plastik-Trays unter Schutzgas ( $O_2/CO_2 = 60/40$ ) verpackt und bei 5°C für 9 bzw. 16 Tage gelagert. Als Kontrollen dienten pro Versuchstag 24 Rückenmuskel-Scheiben („Minuten-Steaks“), die im Zerlegebetrieb aus gleicher Zerlegung mit einem konventionellen Slicer geschnitten und unter Schutzgas ( $O_2/CO_2 = 60/40$ ) verpackt worden waren. Die Kühlung der mit Waterjet geschnittenen und der Kontrollscheiben erfolgte im selben Kühlraum. Es wurden physikalische (Farbe, Tropfsaft) und mikrobiologische Untersuchungen (Enterobakteriazeen-Zahl, aerobe Gesamtkeimzahl) durchgeführt.

Die mit Wasserstrahl geschnittenen Rückenmuskelscheiben waren nach Kühlung etwas heller als die mit dem Messer (Slicer) geschnittenen Kontrollen. Die Tropfsaftverluste (= Flüssigkeit in den Trays) nach 9 bzw. 16 Tagen Kühlung betragen bei den mit Wasserstrahl geschnittenen Scheiben im Mittel 8,9 bzw. 10,3 %, bei den Kontrollscheiben entsprechend 10,2 und 12,2 %. Die gravierendsten Unterschiede traten bei den Oberflächenkeimzahlen nach Lagerung auf. Bei der Mehrzahl der mit Waterjet geschnittenen Rückenmuskelscheiben lag die Gesamtkeimzahl nach 16 Tagen Kühlung unter der Nachweisgrenze von 10 Keimen pro  $cm^2$ . Auch der Maximalwert von  $10^4$  Keimen/ $cm^2$  ist, verglichen mit den in der Praxis üblichen Keimbelastungen, noch sehr niedrig. Der Oberflächenkeimgehalt der Kontrollscheiben lag nach 16tägiger Kühlung im Mittel (Median) bei  $2,5 \times 10^5$  Gesamtkeimen pro  $cm^2$  (Abb. 5).



**Abb. 5.** Gesamtkeimzahlen (GKZ) auf Schweinerücken-Steaks in SB-Schutzgasverpackungen, mit Hochdruck-Wasserstrahl oder Slicer geschnitten, nach Kühlung bei 5°C für 9 bzw. 16 Tage  
**Slika 5.** Ukupan broj bakterija u odrescima svinjskog mesa (lumbalni deo) u MAP, isečenog vodenim nožem ili uredajem za narezivanje pri temperaturi od 5°C u toku 9-16 dana

Die weitgehend keimfreien Oberflächen der mit Waterjet geschnittenen Steaks resultieren wahrscheinlich aus einer fehlenden Kontamination der Schnittflächen mit von der Fleischoberfläche verschleppten Keimen. Während es beim Schneiden mit dem Messer zwangsläufig zu einer gewissen Kontamination des Schneidwerkzeugs und damit der frischen Schnittflächen kommt, zerstört der Hochdruck-Wasserstrahl möglicherweise die Ober-

flächenkeime beim Aufprall. Außerdem wird Material entlang der Schnittebene in der Breite des Strahls (steril) abgetragen. Einer praktischen Anwendung der Technik in diesem Bereich sind jedoch aufgrund der, im Vergleich zu konventionellen Slicern, relativ geringen Schnittgeschwindigkeiten noch Grenzen gesetzt. Andererseits erscheint eine Anwendung

des Wasserstrahl-Schneidens bei Schlachtung und Zerlegung durch einen Industrie-Roboter mittelfristig realisierbar und aufgrund der zu erwartenden Hygienevorteile auch sinnvoll. Roboter, die mit Wasserstrahl schneiden, sind in anderen Industriebereichen bereits im Einsatz (N.N., 2008).

## References

- Folkman, P., Christensen, F. H., 2003.** Technology behind a new machine for automatic cutting of pork middles. *Fleischwirtschaft International* 3, 52–54;
- Hansen, F., 2004.** Robot ready for 47 million fore-ends. The world's first robot for removal of surface bones is installed at Danish Crown in Saeby. *Fleischwirtschaft International* 1, 31–32;
- Moje, M., 2009.** Robotereinsatz in der industriellen Schweineschlachtung – hygienische und wirtschaftliche Aspekte. *Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach* Nr. 184, im Druck;
- N.N. 2001.** Waterjet cutting in the food industrie. A white paper. Flow Intern. Corp., Kent, WA, USA;
- N.N. 2008.** Roboter für komplexe Prozesse fit machen. *Robotworld* 03/08, 27;
- Troeger, K., 2008.** Aktuelle Forschungsschwerpunkte des Max Rubner-Instituts Kulmbach. Proc. 11. Internationale wissenschaftliche Konferenz gewidmet V. M. Gorbатов, 21-30 (kyrillisch). Gorbатов's All-Russisches Fleischforschungsinstitut, Moskau;
- Wang, J., Shanmugam, D. K., 2009.** Cutting meat with bone using an ultrahigh pressure abrasive waterjet. *Meat Sci.* 81, 671–677;

Paper recieved: 15.04.2009.