

## Zur Klassifizierung von Schweinehälften: Neue Schätzformeln und neue Geräte Classification of pig carcasses: New estimation formulas and new grading apparatuses

W. BRANSCHIED, M. JUDAS und R. HÖRETH

### Zusammenfassung

Aufgrund unterstellter Mängel in der Schätzgenauigkeit der aktuellen Schätzformeln für den Muskelfleischanteil der Hälfte und die Komponenten des Handelswertes wurde ein Zerlegeversuch durchgeführt, dem zuvor durch den zuständigen Verwaltungsausschuss der EU-Kommission die Zustimmung als nationaler Referenzuntersuchung für die Handelsklasseneinstufung von Schweinehälften erteilt worden war. Die Untersuchung wurde an einer Stichprobe von insgesamt  $n=319$  Schlachtkörpern durchgeführt. Die Stichprobe wurde gleichmäßig geschichtet nach: Schlachtgewicht, Geschlecht und 5 Typgruppen mit 3 deutschen sowie niederländischen und dänischen Mastendprodukten. Die Ermittlung der Referenzwerte für die Formelberechnungen wurden durch Teilstückzerlegung und für die Gewebeanteile durch grobgewebliche Zerlegung ( $n=162$ ) sowie durch digitale Zerlegung auf der Basis von vollständigen Scans der Schlachtkörper mit einem Röntgen-Computertomographen (CT) Somatom Plus 4 (Siemens) ( $n=319$ ) durchgeführt. Der letztgültige Referenzmuskelfleischanteil wurde mit Hilfe der Daten des im Rahmen der Untersuchung kalibrierten CT berechnet. In die Untersuchung wurden 5 Klassifizierungsgeräte einbezogen, darunter die bisher schon zugelassenen Geräte GE Logiq (als Vertreter für die handgeführten Choirometer) und das AutoFOM I sowie das ZP-Verfahren. Darüber hinaus wurden als neue Geräte das AutoFOM III und das CSB-Image-Meater untersucht.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigten, dass die Vermutung der unzulänglichen Genauigkeit der bisherigen Schätzformeln im Wesentlichen zu Recht bestand. Die neuen Schätzformeln belegten für die fünf untersuchten Geräte die grundsätzliche Zulassungsfähigkeit im Hinblick auf die Ermittlung des Muskelfleischanteils, allerdings mit deutlichen Unterschieden in der Schätzgenauigkeit. Dabei erwiesen sich das GE Logiq und das AutoFOM III als mit Abstand am genauesten. In einer vertieften Untersuchung des erhobenen Datensatzes wurde herausgearbeitet, dass Über- und Unterschätzungen (Verzerrungen der Schätzung) innerhalb der Untergruppen der Stichprobe vorkommen, die zukünftig stärker beachtet werden sollten. Probleme bereiten dabei vor allem die unterschiedlichen genetischen Gruppen, die offenbar morphologische Unterschiede aufweisen und damit die Klassifizierung, aber auch die Handelswertbestimmung auf der Basis morphometrischer Methoden erschweren. Die Ursachen sind allerdings derzeit im Einzelnen noch unklar. Jedenfalls ist die Höhe des Muskelfleischanteils nicht das über Verzerrungen allein entscheidende Kriterium. Auf ein auffälliges Verhalten des Knochenanteils wird in diesem Zusammenhang hingewiesen. Der Einfluss des Geschlechtes auf Verzerrungen der Schätzungen und die gegenseitigen Abweichungen der Geräte in den Schätzergebnissen ist gering.

Auf Basis der Daten des Zerlegeversuchs und anhand eines ergänzend an zwei Schlachtbetrieben durchgeführten Feldversuchs ( $n=6.015$ ) wird gezeigt, dass die Übereinstimmung der Choirometer und der beiden AutoFOM-Geräte derzeit bei Einsatz am selben Marktmaterial zufriedenstellend sein dürfte. Allerdings sollte beachtet werden, dass zukünftige Veränderungen der genetischen Zusammensetzung (und der Schlachtgewichte) zu Einschränkungen der Validität der Schätzformeln und der Übereinstimmung der unterschiedlichen Geräte führen könnten.

---

#### Schlüsselwörter

Handelsklassen Schweine – Klassifizierung – Muskelfleischanteil – Handelswert – Computertomograph – AutoFOM

#### Key Words

pork grades – grading – lean content – value based marketing – computertomograph – AutoFOM

---

## Summary

The presently valid equations to estimate lean meat content of carcasses or primal cuts were supposed to be faulty. Therefore, a dissection trial was performed that had been approved by the appropriate Management Committee of the European Commission in order to provide the reference for national grading of pig carcasses. Overall, a representative sample of  $n=319$  carcasses was taken, stratified by weight, sex, and 5 morphological types defined by three German, one Dutch, and one Danish fattening end product. Reference values for the regressions were determined by direct measurements of primal cuts, and, for lean meat content, by manual total dissection of prepared halves ( $n=162$ ) or virtual dissection based on scans with a computed tomography apparatus (CT; Siemens Somatom Plus 4;  $n=319$ ). CT dissection was calibrated as part of the dissection trial, and this CT estimate of lean content provided the reference for the regressions. Five grading instruments were included in the trial, namely the formerly approved GE Logiq (as the reference for handheld choirometers), AutoFOM I and ZP method, and AutoFOM III and CSB-Image-Meater as new instruments.

The dissection results largely confirmed the assumption of insufficient precision of existing equations. For all five instruments in the trial, the new equations gave results to approve them for lean meat estimation, although with clear differences in the level of precision. GE Logiq and AutoFOM III turned out to be the most precise instruments by far. A differentiated analysis of the dataset revealed biases of the prediction equations (i.e. over- or under-estimation) between sub-groups of the sample. These biases have to be observed more strongly in the future. Mainly the genetic types were problematic, because they obviously differ morphologically and, thus, impede classification and determination of market value based on morphological traits. Particular causes are not quite clear yet. In any case, lean content is not the only criterion to produce biases. For example, also bone content appeared to be associated with biased estimates. Sexes were rather unbiased, and also the various instruments differed but little from each other.

In addition to the data from the trial, a field study was performed at two slaughter houses ( $n=6,015$ ). Both datasets show a sufficient agreement between choirometers and the two AutoFOM devices, at least for the present market material. But it has to be observed that future changes in genetic composition or weight at slaughter may restrain the validity of grading equations and the consistency of the various instruments.

## Einleitung

In vorangegangenen Untersuchungen (BRANSCHIED und HÖRETH 2006) war, allerdings an nicht für Deutschland repräsentativem Material, gezeigt worden, dass die derzeit bestehenden Schätzformeln für den Muskelfleischanteil von Schweineschlachtkörpern (Handelsklassen VO Schweinehälften) Verzerrungen aufweisen. Ähnliches wurde von Anwendern des Gerätes AutoFOM für die Schätzung der Teilstückgewichte berichtet. Die zurzeit gültigen Schätzformeln beziehen sich auf Schlachtschweine aus dem Jahr 1996, so dass auch unter Berücksichtigung des seither vollzogenen Wandels in der genetischen Zusammensetzung und im Hin-

blick auf die höheren Schlachtgewichte eine Überprüfung an heutigem repräsentativem Material angezeigt erschien.

Die Versuchsplanung wurde auf der Basis von Anregungen der entsprechenden Interessensgruppen unter Federführung des Zentralverbandes der Deutschen Schweineproduktion (ZDS) und nachfolgend des Bundesmarktverbandes für Vieh und Fleisch vorbereitet. Es bestand Einigkeit, dass die gesuchte Stichprobe an die Erfordernisse der Formelberechnungen anzupassen sei, nicht jedoch für Prüfungen unterschiedlicher Genotypen im Hinblick auf die Schlachtkörperqualität herangezogen werden sollte.

Zielsetzungen der Untersuchungen waren im Einzelnen:

- Prüfung der Validität der bestehenden Schätzformeln der derzeit zugelassenen Geräte für Schweineschlachtkörper anhand der entsprechenden Referenzwerte (Teilstück- und grobgewebliche Vollzerlegung sowie Zerlegung auf der Basis von Scans des Röntgen-Computertomographen).
- Berechnung von Schätzformeln für die zugelassenen Geräte und für zwei neue hinzukommende Geräte auf Basis der neuen Stichprobe.
- Prüfung der Sicherheit der Schätzungen sowie der Verzerrungen in den Untergruppen des Materials (genetische Typen, Geschlecht, Schlachtgewicht, Muskelfleischanteil) auf Basis der neuen Stichprobe.
- Übereinstimmung der verschiedenen Klassifizierungsgeräte miteinander auf Basis der neuen Stichprobe.

### **Schlachttiere, Material und Methoden**

Die Untersuchung wurde, soweit relevant, in Übereinstimmung mit den Vorgaben der EU-Kommission (VO [EWG] Nr. 2967/85) für die Durchführung von Zerlegeversuchen als Voraussetzung für die Zulassung von Geräten für die Klassifizierung von Schweinehälften durchgeführt. Voraussetzung hierfür war die Einreichung des Protokolls I entsprechend der VO (EG) No. 1249/2008, Annex V vor dem Verwaltungsausschuss für die Gemeinschaftliche Organisation des Agrarmarktes (WORKING DOCUMENT 2008). Im abschließenden Protokoll II wurde über einen Teil der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung berichtet (WORKING DOCUMENT 2011). Dieses Verfahren ist zurzeit noch anhängig.

Ergänzend zum Hauptteil der Untersuchung in Form eines Zerlegeversuches mit intensiver Datenerhebung wurde ein ergänzender Feldversuch zur Überprüfung

der Übereinstimmung der Geräte AutoFOM I und AutoFOM III durchgeführt.

Die Ziehung der Stichprobe für den Zerlegeversuch erfolgte zwischen Mai und September 2009 im Schlachtbetrieb Südostfleisch GmbH Altenburg (Fa. Vion). Die Schlachttiere wurden speziell angeliefert und waren teilweise durch verkürzte bzw. verlängerte Mast auf das gewünschte Probenraster ausgerichtet. Die genetische Herkunft der Tiere war bekannt. Bei der Auswahl ging es jedoch nicht darum, bestimmte Genotypen exakt abzubilden, sondern Körperbautypen zu repräsentieren, die aufgrund der in Deutschland vorherrschenden genetischen Verhältnisse zum Zeitpunkt der Untersuchung die größte Bedeutung hatten. Rückschlüsse auf das Verhalten der Genotypen in der Klassifizierung unter Marktverhältnissen waren also nicht Gegenstand der Untersuchung. Im Einzelnen wurden die folgenden Typgruppen einbezogen: *Duroc Eber\*Dänische Mutterlinie* [Du\*DK]; *Piétrain Eber\*Norddeutsche Mutterlinie* [Pi\*Nord]; *Yorkshire Eber\*Niederländische Mutterlinie* [York\*NL]; *Piétrain Eber\*Französische Mutterlinie* [Pi\*FR]; *Piétrain Eber\*Süddeutsche Mutterlinie* [Pi\*Süd]. Es wurde angestrebt, die Subgruppen nach Gewicht und Genetik gleich zu besetzen (n~20; Tab. 1a). Es gelangten n=319 Schlachtkörper in die Gesamtstichprobe, von denen n=308 bzw. 279 für die Formelberechnungen genutzt wurden. Diese und weitere geringfügige Abweichungen von der Gesamtzahl ergaben sich aufgrund versuchstechnischer Aufnahmefehler. Aus der Gesamtstichprobe wurde nur eine Teilstichprobe (n=162; Tab. 1b) grobgeweblich vollzerlegt. Auf besondere weitere Teilstichproben wird in den jeweiligen Tabellen hingewiesen. Die Art der Stichprobenziehung führte im Hinblick auf die Anteile der Handelsklassen zu einer relativ guten Übereinstimmung der Stichprobe mit den tatsächlichen Marktverhältnissen in Deutschland (Tab. 2). Die erzielten Ausprägungen der wichtigsten Merkmale der Stichprobe sind aus Tabelle 3 ersichtlich.

Tab. 1a: Zusammensetzung der Gesamtstichprobe des Zerlegeversuchs (ZP und CSB-Image-Meater n = 308; GE Logiq und Autofom I/III – in Klammern, soweit unterschiedlich – n = 279)

SG <sup>1</sup> (kg)	♂/♀ <sup>2</sup>	Typgruppen					Gesamt
		[Du*DK]	[Pi*Süd]	[Pi*FR]	[Pi*Nord]	[York*NL]	
< 90	♂	10 (11)	11 (8)	11 (9)	10	11	53 (49)
	♀	10 (11)	10	9 (5)	10 (7)	10	49 (41)
90–100	♂	9 (10)	11	9 (8)	10	10	49 (46)
	♀	12	11 (6)	10	11 (10)	10 (9)	54 (47)
> 100	♂	11	9 (10)	10 (8)	11 (9)	10 (11)	51 (49)
	♀	9	11	10 (6)	11 (10)	11	52 (47)
<b>Gesamt</b>		<b>61 (64)</b>	<b>63 (51)</b>	<b>59 (46)</b>	<b>63 (56)</b>	<b>62</b>	<b>308 (279)</b>

<sup>1</sup>SG Schlachtgewicht, warm; <sup>2</sup>♂/♀ Böрге/Sauen

Tab. 1b: Zusammensetzung der Teilstichprobe des Zerlegeversuchs für die Kalibrierung des Röntgen-CT auf Basis der grobgeweblichen Vollzerlegung (n = 162)

SG <sup>1</sup> (kg)	♂/♀ <sup>2</sup>	Typgruppen					Gesamt
		[Du*DK]	[Pi*Süd]	[Pi*FR]	[Pi*Nord]	[York*NL]	
< 90	♂	6	6	6	5	6	29
	♀	6	5	6	5	5	27
90–100	♂	5	5	7	5	5	27
	♀	6	6	4	5	5	26
> 100	♂	6	5	4	6	6	27
	♀	4	6	5	5	6	26
<b>Gesamt</b>		<b>33</b>	<b>33</b>	<b>32</b>	<b>31</b>	<b>33</b>	<b>162</b>

<sup>1</sup>SG Schlachtgewicht, warm; <sup>2</sup>♂/♀ Böрге/Sauen

Tab. 2: Vergleich des Handelsklassenspektrums der Versuchsstichprobe und von Marktentnahmen der Jahre 2006-2009

	Versuch <sup>1</sup> n = 319	2006-2009 <sup>2</sup> n ~ 200.000
E > 60 %	37,3	25,8
E < 60 %	45,5	55,8
E ges.	82,8	81,6
U	15,4	16,0
R	1,9	2,1
O	-	0,2
P	-	-

<sup>1</sup>Referenzmuskelfleischanteil (CT)<sup>2</sup>Klassifizierung AutoFOM I, div. Schlachtorte

Tab. 3: Ausprägung der Merkmale am Gesamtmaterial (n = 319)

	Mittelwert (SD)	Minimum – Maximum
Merkmale Klassifizierung		
Schlachtgewicht (kg)	95,7 (7,7)	80,9 – 115,7
Muskelfleisch % (Referenz CT)	58,5 (3,7)	46,7 – 66,1
Speckmaß 2./3.-letzte Rippe	14,9 (3,3)	9,1 – 27,8
Fleischmaß 2./3.-letzte Rippe	62,5 (5,9)	44,2 – 79,1
Speckmaß ZP	17,1 (4,7)	6,9 – 31,2
Fleischmaß ZP	76,4 (5,6)	57,5 – 92,7
Merkmale Handelswert <sup>1</sup>		
Muskelfleischanteil Bauch (%) <sup>2</sup>	55,6 (5,0)	41,1 – 67,5
Schinken schier (kg)	8,9 (0,9)	6,5 – 11,4
Lachs (kg)	3,5 (0,4)	2,5 – 4,8
Teller schier (kg)	4,4 (0,4)	3,5 – 5,6
Bauch (kg)	7,0 (0,9)	5,2 – 10,2

<sup>1</sup> bezogen auf die Hälfte; <sup>2</sup> Zerlegung, n = 162

Für die Messung der Schlachtkörpermerkmale und die nachfolgenden Schätzungen wurden folgende Geräte eingesetzt (Übersicht bei BRANSCHIED *et al.* 2007):

- ZP-Verfahren (im Folgenden ebenfalls als „Gerät“ bezeichnet) mit digitaler Schiebelehre zur *händischen* Messung an den nach Hkl. VO Schweinehälften vorgegebenen Messstrecken für Speck- und Fleischdicke in Höhe der Schinkenspaltebene (*M. glutaesus medius*). Das Verfahren war bereits vor 2011 zugelassen (Handelsklassen VO für Schweinehälften).
- Ultraschall-Scanner GE Logiq 200pro (General Electric, DE; 2D-Echtzeitmodus) zur *händischen* Messung der in der HKI VO Schweinehälften vorgegebenen Messstrecken für Speck- und Fleischdicke im *M. longissimus dorsi* in Höhe der 2./3.-letzten Rippe, 7 cm seitlich der Mittellinie (Messgenauigkeit 0,1 mm). Die Messungen wurden mit besonderem Zeitaufwand außerhalb der Schlachtlinie durchgeführt und später im Labor hinsichtlich der digitalen Cursorführung überprüft. Diese dienten als Referenzwerte für die *handgeführten* Choirometer (5 opto-elektronischen Geräte: FOM-S70, FOM-71, FOM-S89, PG 200 und HGP4, sowie 2 Ultraschall-Scanner: US-Porkitron und CSB-UltraMeater). Diese Geräte wurden daher nicht eigens in den Versuch einbezogen (zum Verfahren vgl. BRANSCHIED *et al.* 2007). Der Ultraschall-Scanner GE Logiq war zum Zeitpunkt der Untersuchung bereits mit einer Schätzformel zugelassen (Handelsklassen VO für Schweinehälften).
- AutoFOM I (Fa. Carometec, DK) zur *vollautomatischen* Messung von 127 Einzelmaßen über den gesamten Bereich der Kotelettregion hinweg. Grundlage sind Messungen von 16 Ultraschallsonden, die in einem U-förmigen Messbügel angeordnet sind (BRANSCHIED *et al.* 1997). Das Gerät war zum Zeitpunkt der Untersuchung bereits mit einer Schätzformel zugelassen (Handelsklassen VO für Schweinehälften).
- AutoFOM III (Fa. Carometec, DK; Abb. 1) zur *vollautomatischen* Messung von 36 Einzelmaßen über der gesamten Kotelettregion hinweg. Die äußere Messanordnung ist völlig vergleichbar mit AutoFOM I, die Messwerte werden jedoch mit einer neuartigen Software ermittelt. Die Messwerte entsprechen daher nicht den mit AutoFOM I gemessenen Werten. Zum Zeitpunkt des Versuches war das Gerät nicht für den Einsatz zur Bestimmung des Muskelfleischanteils im Zusammenhang mit der Preisfeststellung und Bezahlung zugelassen, erfüllte jedoch die Vorbereitungen für die Bauartzulassung zur



Abb. 1: Installation AutoFOM III vor dem AutoFOM I (beide Carometec)

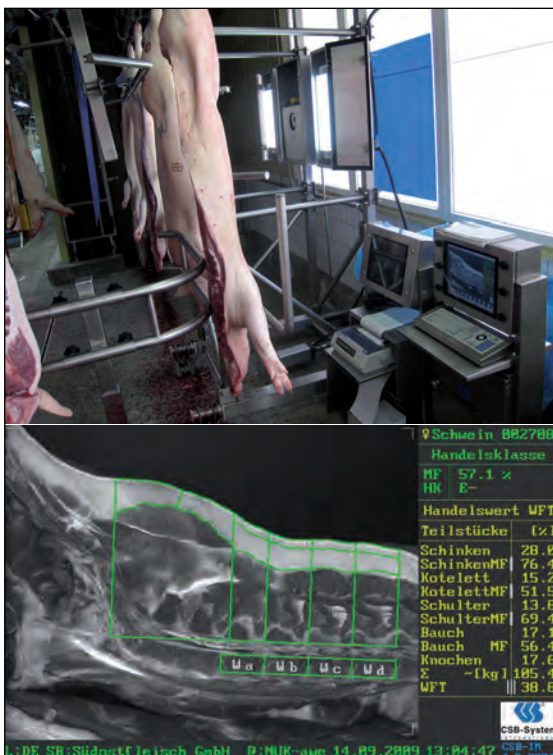


Abb. 2: Installation des CSB-Image-Meaters (CSB) und Beispiel einer charakteristischen Messwertaufnahme

Eichung durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) im Rahmen der Eichordnung.

- CSB-Image-Meater (Fa. CSB-System, Geilenkirchen, DE; Abb. 2) zur *vollautomatischen* Messung von 16 Einzelmaßen im Bereich des *M. gluteus medius* (vgl. ZP) und in weiter cranial gelegenen Bereichen der Spaltebene des Schlachtkörpers. Die Messstrecken werden mit Hilfe einer Videokamera elektronisch aufgenommen und nach-

folgend durch Videobildauswertung digital ermittelt. Die Messanordnung entspricht dem für die Videobildauswertung von Schlachtkörpern üblichen Verfahren. Zum Zeitpunkt des Versuches war das Gerät nicht für den Einsatz zur Bestimmung des Muskelfleischanteils im Zusammenhang mit der Preisfeststellung und Bezahlung zugelassen, erfüllte jedoch die Vorbedingungen für die Bauartzulassung zur Eichung durch die PTB im Rahmen der Eichordnung.

Es wurde angestrebt, mit den Geräten den Muskelfleischanteil der Hälfte und (im Falle der AutoFOM-Geräte) zusätzlich die Gewichte der marktrelevanten Teilstücke Schinken (schier), Lachs, Teller (Bug) und Bauch sowie den Muskelfleischanteil des Bauches zuverlässig zu schätzen.

Die Referenzwerte für die Berechnung der entsprechenden Schätzformeln wurden folgendermaßen ermittelt:

- Die Hälfte (n=162) der Gesamtstichprobe wurde grobgeweblich vollzerlegt. Dies beinhaltete die Differenzierung der Gewebekompartimente aller Teilstücke mit Ausnahme des Kopfes und diente zur direkten Ermittlung des Muskelfleischanteils der Hälfte sowie der Teilstücke. Die Vorgehensweise zur Vollzerlegung wurde im Rahmen eines Workshops vor Versuchsbeginn mit den Mitgliedsstaaten abgestimmt. Zusätzlich wurde der Muskelfleischanteil nach der EU-Methode (WALSTRA und MERKUS 1995), dem gängigen Standardverfahren, ermittelt. Entsprechend dieser Zerlegemethoden sind die Anteile auf das Schlachtgewicht (kalt) und die Herrichtung des Schlachtkörpers nach VO (EG) Nr. 1234/2007 (d.h. mit Augen- und Ohrenabschnitten) zu beziehen.
- Die gesamte Stichprobe (n=319) wurde in einem Röntgen-Computertomographen (CT) Somatom Plus 4 (Siemens; Abb. 3) über den Schlachtkörper hinweg vollständig gescannt (Schichtdicke der Scans 10 mm; vgl. BRANSCHIED *et al.* 2007). Dabei wurde die Schulter abgetrennt und gesondert gescannt, weil nur so eine optimierte Ausrichtung des Teilstücks (senkrecht zur



Schnittebene der Röntgenröhre) und damit eine störungsarme Aufnahme zu erzielen war. Der Muskelfleischanteil wurde nach dem Verfahren von DOBROWOLSKI *et al.* (2004), JUDAS *et al.* (2005) und JUDAS *et al.* (2007) ermittelt. Das Verfahren ist nach VO (EG) 1249/2008 Artikel 23 als Methode zur Ermittlung des „tatsächlichen Muskelfleischanteils“ zugelassen.

- Auf Basis der Teilstichprobe ( $n=162$ ) erfolgte die Kalibrierung des Röntgen-CT zur Ermittlung des Muskelfleischanteils. Auf Grundlage dieser Kalibrierung wurde dann für die gesamte Stichprobe ( $n=319$ ) ein einheitlicher Referenz-Muskelfleischanteil berechnet.
- Die Referenzwerte für die Bestimmung der Teilstückgewichte (Handelszuschchnitt) wurden durch die tiefer gehende Zerlegung der Teilstücke und den entsprechenden Zuschnitt an der gesamten Stichprobe ermittelt ( $n=319$ ). In die Auswertung der vorliegenden Untersuchung wurden ausschließlich die für die Handelswertbestimmung (AutoFOM) erforderlichen Teilstücke einbezogen (Schinken schier, d.h. ohne Speck, Lachs, Teller schier und Bauch sowie Muskelfleischanteil im Bauch). Für die Schätzung der Großteilstücke Schinken, Teller (wie gewachsen) und Kotelett wurden gleichfalls Formeln entwickelt, diese werden an dieser Stelle aber nicht dargestellt.
- Der Referenzwert des Muskelfleischanteils im Bauch wurde durch grobgewebliche Zerlegung des Teilstücks an den vollzerlegten Schlachtkörpern ( $n=162$ ) ermittelt.

Die Ziehung der Stichprobe für den Feldversuch zum Vergleich der Geräte AutoFOM I und AutoFOM III erfolgte im Juli-August 2010 an den Schlachtbetrieben Südostfleisch GmbH, Altenburg (Fa. Vion) und Barfuss GmbH, Oer-Erkenschwick (Fa. Westfleisch). Vor Beginn der Untersuchung wurden die Geräte durch einen Techniker des MRI einer Einzelprüfung entsprechend der Eichordnung unterzogen. Die folgenden Daten wurden, soweit möglich, aus den elektronischen Klassifizierungsprotokollen entnommen: Schlacht-



Abb. 3: Schlachtkörper zum Scannen im Röntgen CT Somatom Plus 4 (Siemens) vorbereitet. Die Schulter wurde abgesetzt (s. Text)

gewicht sowie Schätzergebnisse AutoFOM I für Muskelfleischanteil der Hälfte, Gewichte der Teilstücke Schinken (schier), Lachs, Teller (schier), Bauch und für den Muskelfleischanteil des Bauches. Die Schätzergebnisse des AutoFOM III wurden an Hand der aufgezeichneten Primärbilder nachträglich berechnet. Die Ergebnisse wurden verschlüsselt zugeordnet (Betrieb A, B). Im Betrieb A wurden  $n=2.295$ , im Betrieb B  $n=3.720$  Schlachtkörper aus jeweils drei Tagesschlachtungen durch Zufallsauswahl einbezogen (vgl. auch Tab. 12).

Die statistische Auswertung und die Berechnung der Schätzformeln sowie der Parameter zur Überprüfung der statistischen Sicherheit (Schätzfehler RMSEP, Determinationskoeffizient  $R^2$ , Verzerrung) wurden nach den Angaben von CAUSEUR *et al.* 2003 im Wesentlichen mit der Programmsoftware SAS 9.2 durchgeführt. Die Berechnung der Regressionsfunktionen auf den Muskelfleischanteil der Hälfte (bzw. die übrigen abhängigen Variablen) wurden mit zwei verschiedenen Ansätzen vorgenommen: Für Geräte mit zwei oder wenigen unabhängigen Variablen (Messstrecken etc.) wurde die Multiple Lineare Regression (MLR) mit Selektion der Variablen (CSB-Image-Meater) bzw. ohne Selektion (ZP, GE Logiq) angewendet, für AutoFOM I und III dagegen die sog. PLS-Regression zusammen mit einem Test in Hinblick auf die Anzahl signifikanter Faktoren (sog. T-Werte). Für AutoFOM I wurde ein Modell mit 3 Faktoren und 31 Variab-

len ausgewählt, für AutoFOM III reduzierte sich das Modell auf 1 Faktor und 5 Variable. Bei den AutoFOM-Geräten wurde die Variablenselektion vor der eigentlichen PLS-Regression mit Hilfe der PLS-Toolbox 5.8 (Programmpaket Matlab, Eigenvector Research Inc., Wenatchee WA, USA) vorgenommen. Dabei wurde ein genetischer Algorithmus benutzt, der Kombinationen von Variablen bis zur Minimierung des RMSEP mit Hilfe der Kreuzvalidierung durchtestet. Aus diesen iterativen Rechenläufen wurde der beste Satz von Variablen ausgewählt, die nachfolgend zur Berechnung einer PLS-Regressionsfunktion auf Basis von SAS 9.2 und ohne weitere Variablenselektion herangezogen wurden.

## Ergebnisse

### *Schätzformeln für den Muskelfleischanteil des Schlachtkörpers und Schätzgenauigkeit*

Die neuen Schätzformeln der bereits bei Durchführung der Untersuchung zugelassenen Geräte wurden mit den bisher gültigen Schätzformeln verglichen (Tab. 4).

Beim GE Logiq (und damit bei den von Hand geführten Choirometern) ergab sich wie auch bei den anderen Geräten eine höhere Konstante. Dies dürfte das Ergebnis des deutlich höheren Muskelfleischanteils der aktuellen Stichprobe sein. Darüber hinaus wurde nunmehr die Speckdicke in der Schätzformel etwas stärker im Verhältnis zur Fleischdicke betont. Beim AutoFOM I waren die Veränderungen über die Erhöhung der Konstanten hinaus gering. Statt bisher 30 gelangten 31 Variablen in die Schätzformel. Beim ZP-Verfahren konnte nunmehr eine stark vereinfachte Formelstruktur zugelassen werden, da mit dieser die heutigen EU-Zulassungsbedingungen (RMSEP < 2,5 % entsprechend VO EG 1249/2008 Artikel 23) erfüllt wurden.

Aufgrund der verbesserten Messtechnik reichten beim AutoFOM III 5 Variablen (teilweise aus zwei Variablen abgeleitete Größen) aus, um eine sichere Schätzung zu erreichen. Auch das CSB ImageMeater kam mit nur 3 Maßen aus. Die Hinzuziehung weiterer Variablen erbrachte jeweils keine signifikante Verbesserung der Schätzgenauigkeit.

Tab. 4: Bisherige und neue Schätzformeln – Formelkomponenten und Formelstruktur

GE Logiq / Handchoirometer	Konstante	Speckmaß	Fleischmaß
Bisherige Formel	58,7	-0,828·S	+0,183·F
Neue Formel	61,0	-0,858·S	+0,164·F
ZP-Verfahren	Konstante	Speckmaß ZP	Fleischmaß ZP
Bisherige Formel	48,0	+26,0·S/F +4,51·√F -2,50·lgS -8,42·√S	
Neue Formel	58,1	-0,565·S	+0,132·F
AutoFOM I	Konstante	T-Werte	Variablen
Bisherige Formel	57,5	3	30
Neue Formel	64,0	3	31
AutoFOM III	Konstante	Speckmaße <sup>1</sup>	Fläche/Fleisch <sup>1</sup>
Neue Formel	65,2	-0,24·R2P2 -0,23·R2P6 -0,25·R2P10	-0,11·R2P13 +0,19·R3P5
CSB-Image Meater	Konstante	Speckmaß CSB <sup>2</sup>	Fleisch CSB/Wirbellänge <sup>2</sup>
Neue Formel	68,1	-0,46·MS	+0,11·MF -0,26·WL

<sup>1</sup> R2P2: 2 Speckmaße – gewichteter Mittelwert; R2P6: 2 Minimum-Speckmaße (längs) – Mittelwert; R2P10: Minimum-Speckmaß im Querschnitt; R2P13: Messwert mit Bezug zur Schlachtkörperfläche; R3P5: Fleischmaximum bei Speckminimum

<sup>2</sup> MS: mittleres Speckmaß im Bereich M. glutaesus medius; MF: mittleres Fleischmaß im Bereich M. glutaesus medius; WL: mittlere Länge der einzelnen Wirbelkörper



Alle fünf Geräte erfüllten mit einem Schätzfehler RMSEP <2,5 %-Punkte die Anerkennungsbedingungen der EU (Tab. 5). Soweit vorhanden ergaben die neuen Schätzformeln Verbesserungen gegenüber den früheren Schätzgenauigkeiten. Allerdings war die Verbesserung beim GE Logiq gering, beim AutoFOM I dagegen drastisch. ZP und CSB Image Meater erreichten die Anerkennungsbedingungen jeweils nur äußerst knapp.

*Verzerrungen der Schätzung des Muskelfleischanteils der Hälfte*

Die **bisherigen Schätzformeln** von GE Logiq, AutoFOM und ZP führten am Gesamtmaterial und in den Subgruppen zu Verzerrungen der Schätzung, und zwar generell im Sinne einer Unterschätzung

gegenüber dem Referenzmuskelfleischanteil. Diese wurden in den Typgruppen besonders deutlich (Abb. 4). Dabei waren, wie auch im Hinblick auf Schätzfehler und Determinationskoeffizient, die Verhältnisse bei GE Logiq am günstigsten. Für dieses Gerät lag die Verzerrung im Mittel über alle Gruppen bei -0,7 %-Punkten (AutoFOM I -1,1 %-P.). Die Spanne zwischen geringster und höchster Fehlschätzung lag beim GE Logiq bei 1,4 %-P. ([Pi\*Nord] zu [York\*NL]), beim AutoFOM I bei 1,9 %-P. ([Pi\*Süd] zu [York\*NL]). Die Schätzungen des ZP-Verfahrens waren mit -2,8 %-P. am Gesamtmaterial und -3,4 %-P. im Extrem ([Pi\*Nord]) weitaus am stärksten verzerrt. Auffälligerweise traten die stärksten Verzerrungen bei allen drei Verfahren in den Gruppen [Pi\*Nord] sowie [Pi\*Süd] auf.

Tab. 5: Schätzgenauigkeit der bisherigen und der neuen Schätzformeln

	Bisherige Formel <sup>1</sup>		Neue Formel <sup>2</sup>	
	Schätzfehler (%-Punkte)	R <sup>2</sup>	Schätzfehler (%-Punkte)	R <sup>2</sup>
GE Logiq	1,97	0,75	1,84	0,77
AutoFOM I	2,46	0,55	1,93	0,74
ZP	2,59	0,56	2,44	0,58
AutoFOM III			1,80	0,77
CSB-Image-Meater			2,48	0,56
Grenzwerte	< 2,50	> 0,64	< 2,50	> 0,64

<sup>1</sup> n = 307

<sup>2</sup> n = 308 (ZP, CSB) bzw. n = 279 (GE Logiq, AutoFOM I/III)

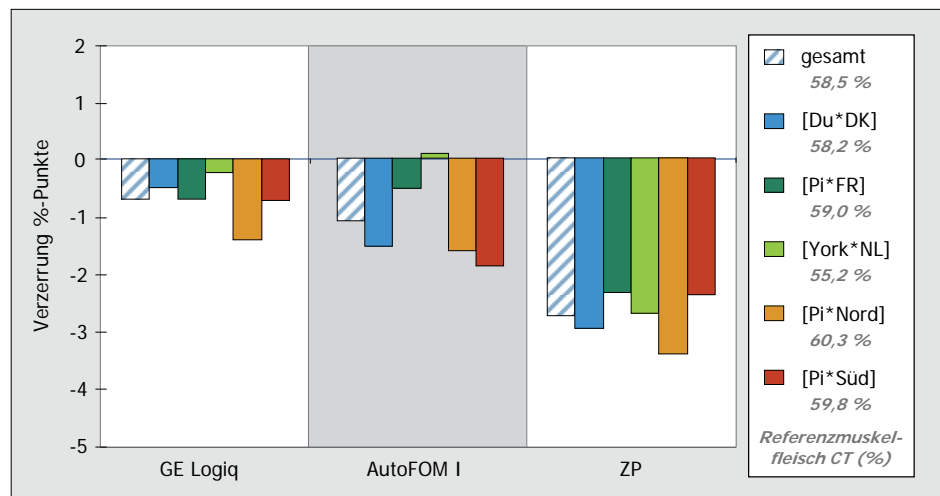


Abb. 4: Schätzung des Muskelfleischanteils der Hälfte mit den zugelassenen Geräten auf Basis der bisherigen Schätzformeln – Verzerrungen (%-Punkte) in den Typgruppen im Verhältnis zum Referenzmuskelfleischanteil (n = 307)

Mit den **neuen Schätzformeln** blieb die Schätzung an der Gesamtstichprobe (n = 319) zwangsläufig verzerrungsfrei, weil diese der Schätzformelberechnung zugrunde gelegen hatte. Für die Sub-Gruppen des Materials wurden dagegen mehr oder weniger große Verzerrungen festgestellt.

Wichtigste Subgruppen in diesem Zusammenhang waren wiederum die Typgruppen, die sich u. a. im Muskelfleischanteil der Hälfte deutlich unterschieden (Abb. 5). Die Spanne zwischen höchster Überschätzung und tiefster Unterschätzung fiel bei GE Logiq und AutoFOM I deutlich kleiner aus als bei den 3 anderen

Geräten. Allerdings waren es stets dieselben beiden Typgruppen, die diese Spanne ausmachten: Die Gruppe [Pi\*Nord] wurde immer vergleichsweise stark unterschätzt, die Gruppe [York\*NL] dagegen stark überschätzt. Diese Über- und Unterschätzungen ließen sich gut durch den niedrigen bzw. hohen Muskelfleischanteil erklären, welcher methodisch bedingt im Rahmen der Berechnung von linearen Regressionsfunktionen zu einem solchen Effekt führt. Einschränkend ist aber festzustellen, dass der erwartete Effekt bei den [Pi\*Süd] ausblieb, da diese mit allen Geräten verzerrungsfrei geschätzt wurden, obwohl ihr Muskelfleischanteil gleich hoch lag wie bei den [Pi\*Nord].

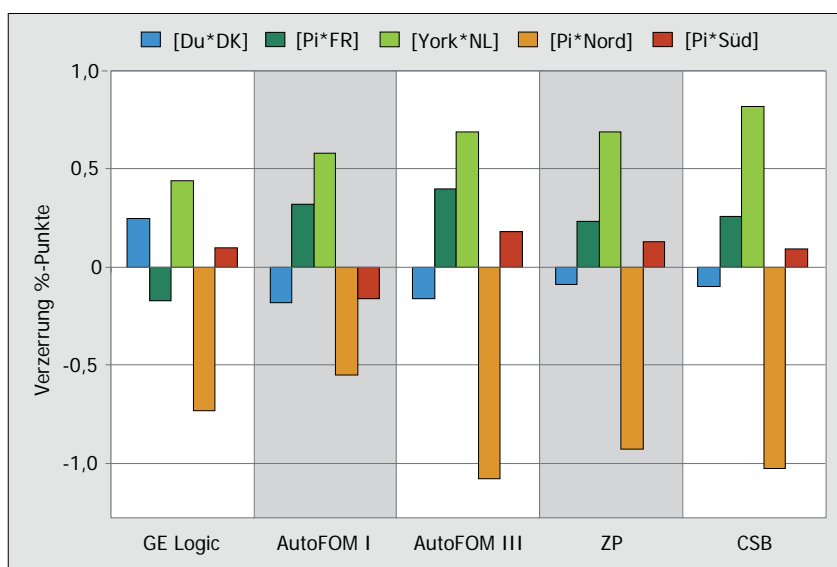


Abb. 5: Schätzung des Muskelfleischanteils der Hälfte auf Basis der neuen Schätzformeln – Verzerrungen (%-Punkte) in den Typgruppen im Verhältnis zum Referenzmuskelfleischanteil (GE Logic, AutoFOM I/III n = 279 bzw. ZP, CSB n = 308)

Tab. 6: Muskelfleisch- und Knochenanteil der Typgruppen

	Muskelfleisch <sup>1</sup> (SD)	Knochen <sup>2</sup> (SD)
[Du*DK]	58,2 (2,9)	8,7 (0,5)
[Pi*Süd]	59,7 (3,3)	8,9 (0,7)
[Pi*FR]	60,0 (3,1)	8,8 (0,6)
[Pi*Nord]	60,5 (3,1)	8,1 (0,6)
[York*NL]	55,1 (3,6)	8,2 (0,7)

<sup>1</sup> Referenzmuskelfleischanteil (CT), n = 319

<sup>2</sup> in % des Schlachtgewichts ohne Kopf, nach grobgeweblicher Vollzerlegung, n = 162

Auffälligerweise unterschieden sich [Pi\*Nord] und [Pi\*Süd], ungeachtet des gleich hohen Muskelfleischanteils, im Knochenanteil deutlich ([Pi\*Süd] um 0,7 %-Punkte höher; Tab. 6). Andererseits war bei den [York\*NL] der Knochenanteil gleich hoch wie bei den [Pi\*Nord].

Von den übrigen Subgruppen stellte ansonsten der Muskelfleischanteil die wichtigste Einflussgröße dar, wobei dies für alle Geräte in gleicher Weise galt (Abb. 6; ZP und CSB nicht dargestellt). Die Verzerrungen in den Gewichts- und Geschlechtergruppen waren demgegenüber weniger

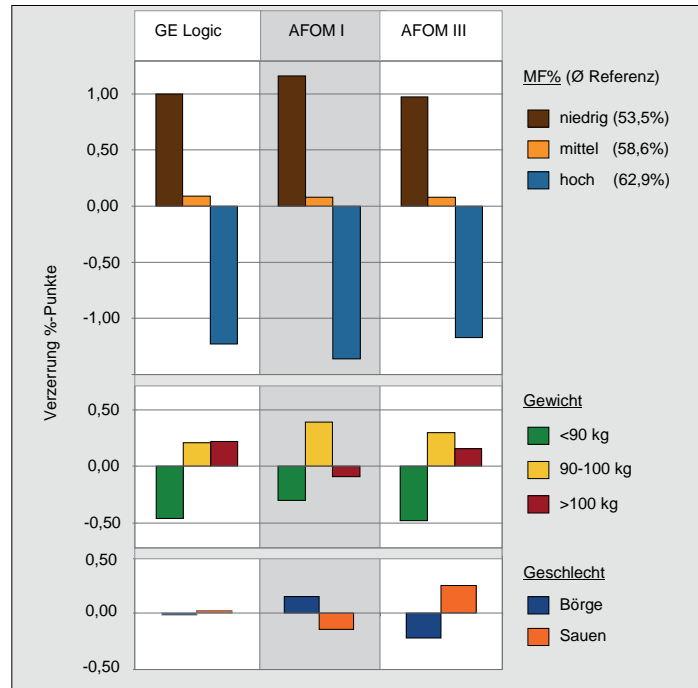


Abb. 6: Schätzung des Muskelfleischanteils der Hälfte auf Basis der neuen Schätzformeln – Verzerrungen (%-Punkte) im Verhältnis zum Referenzmuskelfleischanteil in den Subgruppen von Muskelfleischanteil (MF%), Schlachtgewicht und Geschlecht (n = 279)

relevant. Die Spanne der Fehlschätzung zwischen der „hohen“ und der „niedrigen“ Gruppe des Muskelfleischanteils erreichte bei den drei dargestellten Geräten jeweils mehr als 2 %-Punkte (AutoFOM I 2,5 %-P.).

Neben den Verzerrungen gegenüber dem Referenzwert waren auch die gegenseitigen Verzerrungen der Geräte zueinander

zu berücksichtigen, die bei Einsatz unterschiedlicher Geräte an demselben Material auftreten. Hierbei war der Vergleich der beiden AutoFOM-Geräte zu den von Hand bedienten Choirometern die wichtigste marktrelevante Größe. Wieder waren es die Typgruppen, die die größte Spanne der Verzerrung aufwiesen (um 1 %-Punkt, Abb. 7). Für Muskelfleischanteil, Gewichtsgruppen und Geschlecht

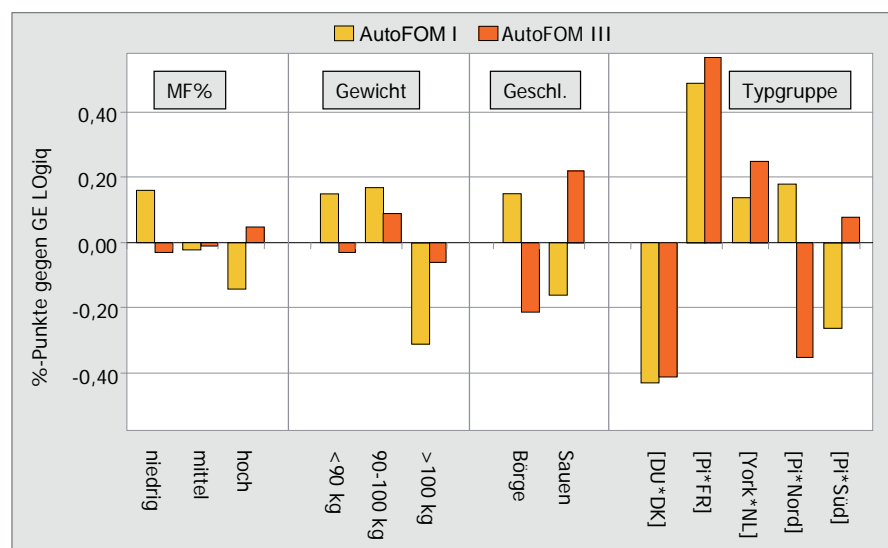


Abb. 7: Schätzung des Muskelfleischanteils der Hälfte auf Basis der neuen Schätzformeln – Abweichungen (%-Punkte) von AutoFOM I bzw. AutoFOM III zu GE Logic in den Subgruppen (n = 279)

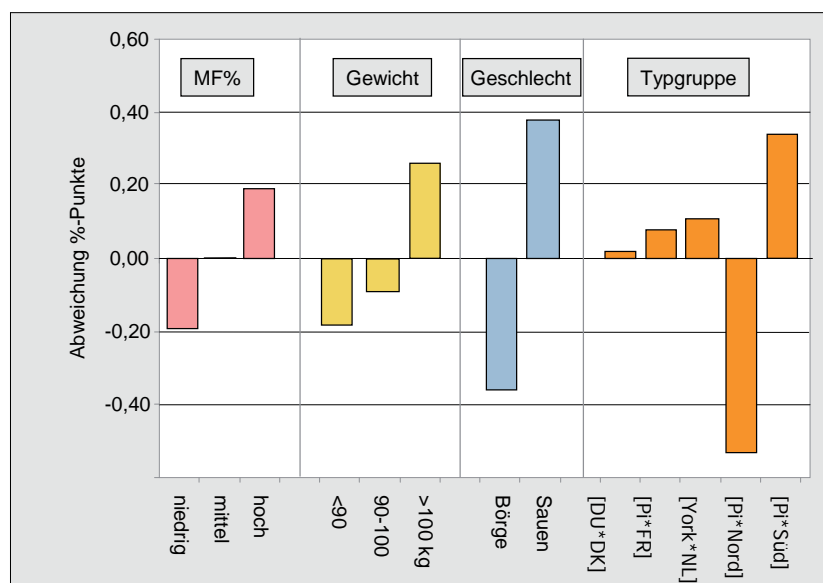


Abb. 8: Schätzung des Muskelfleischanteils der Hälfte auf Basis der neuen Schätzformeln – Abweichungen (%-Punkte) von AutoFOM III zu AutoFOM I in den Subgruppen (n = 279)

waren die Spannen kaum halb so groß. Bei AutoFOM III war die Abweichung zu meist kleiner als bei AutoFOM I.

Dies wies darauf hin, dass auch hinsichtlich der Schätzungen der beiden AutoFOM-Geräte untereinander Unterschiede auftraten (Abb. 8). Sie waren in den Typgruppen am höchsten, gefolgt von den Geschlechtsgruppen. Auch hier ergab sich bei den Typgruppen eine Spanne von fast 1 %-Punkt. Betroffen waren die beiden Extreme [Pi\*Nord] (AutoFOM III deutlich niedriger als AutoFOM I) und [Pi\*Süd] (AutoFOM III deutlich höher als AutoFOM I). Die Unterschiede in den Gruppen des Muskelfleischanteils und des Schlachtgewichts waren am geringsten (Spanne <0,4 %-Punkte).

#### *Schätzung der Komponenten des Handelswertes*

Die in den Preismasken der sog. Handelswertbestimmung verwendeten Komponenten sind das Gewicht von Schinken (schier), Lachs, Teller (schier) und Bauch sowie der Muskelfleischanteil im Bauch. Auf die zugrunde liegenden Schätzformeln wird an dieser Stelle nicht eingegangen.

Die Genauigkeit der Schätzung der Handelswertkomponenten durch das Gerät AutoFOM I verbesserte sich mit der auf Basis des vorliegenden Materials neu berechneten Schätzformel deutlich (Tab. 7), dies galt für das Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ) wie auch den Schätzfehler (RMSEP). Letzterer wurde als Relativzahl im Verhältnis zum Teilstückgewicht (bzw. Muskelfleischanteil Bauch) angegeben, um ihn zwischen den stark unterschiedlich großen Teilstücken vergleichbar zu machen. Zusammengefasst lagen die alten Schätzformeln außerhalb der zu fordernden Zuverlässigkeit ( $R^2 \geq 0,64$ ;  $RMSEP \leq 5\%$ ), während die neuen durchgehend auf hohem Niveau der Zuverlässigkeit standen. Die Zuverlässigkeit war beim neuen AutoFOM III gegenüber AutoFOM I deutlich erhöht (Tab. 7).

Zusätzlich zur verminderten Schätzgenauigkeit wiesen beim AutoFOM I die bisherigen Schätzformeln der Handelswertkomponenten am Gesamtmaterial bei Teller- und Bauchgewicht deutliche Verzerrungen (6 bzw. 8 % des Teilstückgewichtes) auf, während der Schinken unverzerrt und der Lachs nur gering verzerrt geschätzt wurden (Tab. 8).

Tab. 7: Schätzung der Komponenten des Handelswertes (Teilstückgewichte, Muskelfleischanteil im Bauch) mit den Geräten AutoFOM I und AutoFOM III – Schätzgenauigkeit der bisherigen und der neuen Schätzformeln

	AutoFOM I				AutoFOM III	
	Alte Formeln (n = 307)		Neue Formeln (n = 279)		Neue Formeln (n = 279)	
	R <sup>2</sup>	RMSE (%) <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>	RMSEP (%) <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>	RMSEP (%) <sup>1</sup>
Schinken schier	0,67	6,1	0,76	5,2	0,83	4,4
Lachs	0,59	7,8	0,82	5,3	0,84	4,9
Teller schier	0,61	6,1	0,76	4,7	0,77	4,6
Bauch	0,64	7,2	0,72	6,4	0,79	5,5
Bauch MF% <sup>2</sup>	0,49	6,6	0,78	4,4	0,77	4,5

<sup>1</sup> als % des Mittelwertes des jeweiligen Merkmals; sinnvoller „Grenzwert“ ~ 5%

<sup>2</sup> n = 142

Tab. 8: Schätzung der Komponenten des Handelswertes (Teilstückgewichte, Muskelfleischanteil im Bauch) mit dem AutoFOM I – Verzerrungen der bisherigen Schätzformeln (n = 307)

	Referenz-Mittelwert (kg bzw. %)	Verzerrung (kg bzw. %-Punkte)	Verzerrung (%) <sup>1</sup>
Schinken schier	8,9	0,036	0,4
Lachs	3,5	-0,060	-1,7
Teller schier	4,4	-0,253	-5,8
Bauch	7,0	0,546	7,8
Bauch MF% <sup>2</sup>	55,6	-5,0	-9,0

<sup>1</sup> bezogen auf den Mittelwert des jeweiligen Teilstücks

<sup>2</sup> Vollzerlegung, n = 157

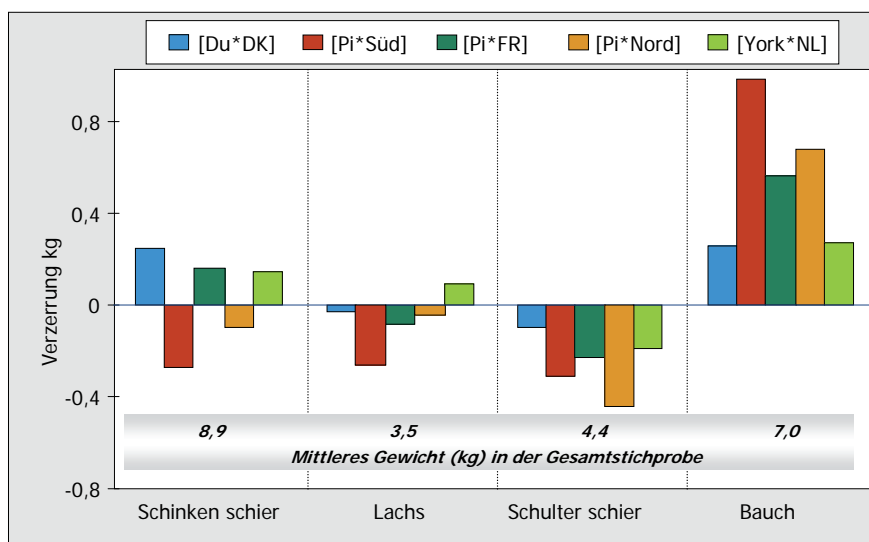


Abb. 9: Schätzung der Teilstückgewichte mit AutoFOM I auf Basis der bisherigen Schätzformeln – Verzerrungen (kg) im Verhältnis zum Referenzgewicht aus der Zerlegung in den Typgruppen (Basis: Hälfte; n = 307)

Am weitesten wich die Schätzung des Muskelfleischanteils im Bauch vom Referenzwert ab (-5 %-Punkte), wobei dies in allen Typgruppen in gleicher Größenordnung ausgeprägt war (vgl. Abb. 10). In den Typgruppen traten die Verzerrungen der Schätzungen der Teilstückgewichte beim Teller und Bauch, aber auch beim Lachs noch deutlicher hervor (Abb. 9). Bei einzelnen Gruppen nahmen sie Größenordnungen von mehr als 10 % des Teilstückgewichtes an.

Auch mit den neuen Schätzformeln traten - am Berechnungsdatensatz beschränkt auf die Subgruppen - Verzerrungen auf. An deren Größenordnung zeigte sich aber, dass die neuen Schätzformeln dieses Problem weitgehend bereinigten (Tab. 9), die Verzerrungen lagen für die Edelteilstücke nur ausnahmsweise über 2 % des

Teilstückgewichtes und ganz überwiegend deutlich darunter. Das Bauchgewicht jedoch wurde weiterhin mit größeren Verzerrungen zum Referenzwert geschätzt, sie reichten bis zu 6 % des Teilstückgewichtes. Die Schätzung des Muskelfleischanteils des Bauches erwies sich mit der neuen Schätzformel als weniger problematisch. Während die bisherige Schätzformel durchgehend drastisch unterschätzte, wurden mit der neuen alle Typgruppen nahezu verzerrungsfrei geschätzt (Abb. 10).

Auch für die Komponenten des Handelswertes wurde die Übereinstimmung zwischen AutoFOM I und III geprüft, da beide Geräte für die Bestimmung des Handelswertes infrage kommen und somit die Vergleichbarkeit im Praxiseinsatz wichtig ist. Die Verzerrungen gegeneinander lagen aber bei den Edelteilstücken lediglich

Tab. 9: Schätzung der Teilstückgewichte mit dem AutoFOM I – Verzerrungen der neuen Schätzformeln in den Typgruppen (n = 279)

Verzerrung	(kg)	(%) <sup>1</sup>
Schinken schier (Ø 8,9 kg)		
[Du*DK]	0,181	2,1
[Pi*Süd]	-0,217	-2,3
[Pi*FR]	0,107	1,2
[Pi*Nord]	-0,188	-2,0
[York*NL]	0,082	1,0
Lachs (Ø 3,5 kg)		
[Du*DK]	0,018	0,5
[Pi*Süd]	-0,063	-1,7
[Pi*FR]	-0,012	-0,3
[Pi*Nord]	0,009	0,2
[York*NL]	0,035	1,1
Teller schier (Ø 4,4 kg)		
[Du*DK]	0,104	2,4
[Pi*Süd]	-0,012	-0,3
[Pi*FR]	0,022	0,5
[Pi*Nord]	-0,156	-3,3
[York*NL]	0,028	0,6
Bauch (Ø 7,1 kg)		
[Du*DK]	-0,184	-2,5
[Pi*Süd]	0,393	5,9
[Pi*FR]	0,025	0,4
[Pi*Nord]	0,070	1,0
[York*NL]	-0,216	-2,9

<sup>1</sup> Verzerrung in % des Teilstückgewichtes

Tab. 10: Schätzung der Teilstückgewichte mit dem AutoFOM I und dem AutoFOM III – Verzerrung des AutoFOM III gegen AutoFOM I in den Typgruppen (n = 279)

Verzerrung	(kg)	(%) <sup>1</sup>
Schinken schier (Ø 8,9 kg)		
[Du*DK]	-0,139	-1,6
[Pi*Süd]	0,140	1,5
[Pi*FR]	0,006	0,1
[Pi*Nord]	0,053	0,6
[York*NL]	-0,024	-0,3
Lachs (Ø 3,5 kg)		
[Du*DK]	-0,020	-0,6
[Pi*Süd]	0,050	1,4
[Pi*FR]	0,016	0,5
[Pi*Nord]	-0,024	-0,7
[York*NL]	-0,010	-0,3
Teller schier (Ø 4,4 kg)		
[Du*DK]	-0,051	-1,2
[Pi*Süd]	0,016	0,3
[Pi*FR]	0,003	0,1
[Pi*Nord]	0,045	1,0
[York*NL]	-0,003	-0,1
Bauch (Ø 7,1 kg)		
[Du*DK]	0,027	0,4
[Pi*Süd]	-0,184	-2,6
[Pi*FR]	-0,004	-0,1
[Pi*Nord]	-0,053	-0,8
[York*NL]	0,174	2,4

<sup>1</sup> Verzerrung in % des Teilstückgewichtes

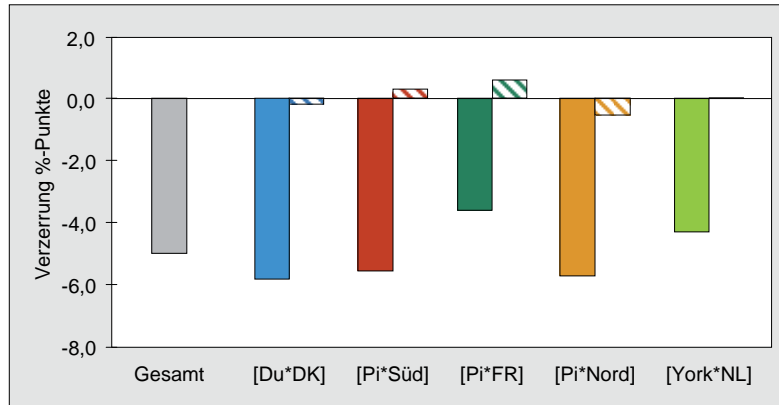


Abb. 10: Schätzung des Muskelfleischanteils im Bauch mit AutoFOM I auf Basis der bisherigen (massive Säulen) und der neuen (schraffierte Säulen) Schätzformel – Verzerrungen (%-Punkte) in den Typgruppen im Verhältnis zum Referenzmuskelfleischanteil aus der grobgeweblichen Vollzerlegung (Basis: Hälfte; n = 157)

in einer Größenordnung von maximal 1,6 % des Teilstückgewichtes (Tab. 10).

Auch beim Bauchgewicht erreichten sie nur maximal 2,6 % des Teilstückgewichtes. Ergänzend ergaben sich auch für die Schätzung des Muskelfleischanteils im Bauch nur Verzerrungen in einer Größenordnung von 0,2-0,4 %-Punkten (Tab. 11).

Tab. 11: Schätzung des Muskelfleischanteils im Bauch mit dem AutoFOM I und dem AutoFOM III – Verzerrung des AutoFOM III gegen AutoFOM I in den Typgruppen (%-Punkte; n = 279)

	AutoFOM I Mittelwert (SD)	AutoFOM III Verzerrung
[Du*DK]	55,6 (4,1)	-0,4
[Pi*Süd]	56,8 (4,0)	0,4
[Pi*FR]	56,7 (4,1)	0,4
[Pi*Nord]	57,6 (3,0)	-0,3
[York*NL]	52,5 (4,7)	0,2

#### Vergleich des AutoFOM I und des AutoFOM III im Feldversuch

Ergänzend wurde die Übereinstimmung der Geräte AutoFOM I und AutoFOM III unter Praxisbedingungen in den Schlachtbetrieben A und B geprüft. Die beiden Teilstichproben stimmten in den Mittelwerten des Muskelfleischanteils der Hälfte, des Schlachtgewichts und der Teilstücke wie auch in den jeweiligen Standardab-

weichungen (SD) gut überein (Tab. 12). Überwiegend zeigte sich in beiden Schlachtorten - gemessen am Determinationskoeffizienten (Anteil der zwischen AutoFOM I und III gemeinsamen Varianz) - eine hohe Übereinstimmung der Klassifizierung beider Geräte. Die Koeffizienten lagen für die Gewichtsschätzungen zwischen 71 % (Bauch) und 88 % (Teller) und erreichten selbst beim Muskelfleischanteil des Bauches noch eine Größenordnung von 63 bis 69 %. Immerhin ließ ein Anteil von annähernd 12 bis 35 % (je nach Teilstück) nicht gemeinsamer Varianz darauf schließen, dass die Schätzungen beider Geräte nicht als vollständig identisch zu betrachten waren. Dementsprechend traten auch gegenseitige Abweichungen auf, die aber die Größenordnung von 0,5 % (Schinken, Lachs) bzw. 1 % (Teller; Bauch) des Teilstückgewichtes nicht wesentlich überschritten. An beiden Schlachtorten ergaben sich gleichsinnig höhere Schätzungen des AutoFOM III. Lediglich das Schinkengewicht wurde im Betrieb A durch AutoFOM III höher, im Betrieb B durch AutoFOM III niedriger eingestuft, allerdings bei sehr niedrigen Absolutwerten der Abweichung (-30 g bzw. +40 g).

Als Subgruppen der Stichprobe standen zur differenzierteren Prüfung der Abweichungen zwischen den Geräten vor allem die Gewichtsguppen zur Verfügung (Abb. 11). Die geringsten Abweichungen ergaben sich stets in der mittleren Gewichtsguppe, die am ehesten dem Marktauf-



Tab. 12: Vergleich AutoFOM I und AutoFOM III im Feldversuch für die Schätzung der Komponenten des Handelswertes – Determinationskoeffizienten ( $R^2$ ) und mittlere Abweichungen in den Schlachtbetrieben A und B (A: n = 2295; B: n = 3720)

	Ort	Mittelwert (SD) <sup>1</sup>	$R^2$	Abweichung <sup>2</sup>	
				(kg bzw. %-P.)	(%) <sup>3</sup>
Schlachtgewicht (kg)	A	92,5 (8,1)			
	B	94,2 (6,7)			
Muskelfleischanteil der Hälfte (%)	A	58,8 (3,1)	0,76	0,06	0,1
	B	58,6 (3,2)	0,75	0,10	0,2
Schinken schier (kg)	A	8,67 (0,76)	0,82	-0,03	-0,4
	B	8,79 (0,76)	0,78	0,04	0,5
Lachs (kg)	A	3,39 (0,36)	0,83	-0,01	-0,3
	B	3,48 (0,37)	0,79	-0,01	-0,4
Teller schier (kg)	A	4,28 (0,38)	0,88	0,03	0,7
	B	4,35 (0,34)	0,87	0,04	0,9
Bauch (kg)	A	6,81 (0,79)	0,85	-0,08	-1,1
	B	6,91 (0,66)	0,71	-0,06	-0,9
Bauch Muskelfleisch (%)	A	56,3 (4,3)	0,69	-0,12	-0,2
	B	56,1 (4,3)	0,63	-0,58	-1,0

<sup>1</sup> Mittelwert (Standardabweichung) aus der Schätzung des AutoFOM I

<sup>2</sup> Abweichung AutoFOM III gegen AutoFOM I

<sup>3</sup> Abweichung bezogen auf das Teilstückgewicht bzw. den Muskelfleischanteil



Abb. 11: Vergleich AutoFOM I und AutoFOM III im Feldversuch in zwei Schlachtbetrieben: Mittlere Abweichungen in den Gewichtgruppen (in % des Teilstückgewichtes bzw. Muskelfleischanteils;  $n_{<90} = 1804$ ,  $n_{90-100} = 3168$ ,  $n_{>100} = 1043$ ), Mittelwerte der Teilstücke und Determinationskoeffizienten ( $R^2$ ) für die gesamte Stichprobe (n = 6015)

kommen entsprach. Die ansonsten in den Subgruppen auftretenden Abweichungen lagen wie am Gesamtmaterial der Schlachtorte weit überwiegend unter 1 %-Punkt des Teilstückgewichtes. Insgesamt erreichten die Abweichungen für die Edel-

teilstücke maximal 1,4 % des Teilstückgewichtes, beim Bauch bis zu 2 %. Auch für den Muskelfleischanteil des Bauches ergaben sich nur geringe Abweichungen (Absolutwert max. 0,6 %-Punkte).

## Diskussion

Klassifizierungsgeräte ermitteln auf morphometrischer Basis und mit Hilfe von Schätzformeln Gewebe- und Teilstückanteile bzw. die entsprechenden Gewichte. Die Bestimmung ist umso genauer, je enger die Beziehung der gemessenen Körperproportionen (überwiegend Speck- und Fleischdicken) und der gesuchten Gewebeanteile ist. Diese Beziehung ist aber nicht stabil. Die Körperproportionen sind züchterisch beeinflussbar und hängen vom erzielten Mastendgewicht ab. Daher kann von der Hypothese ausgegangen werden, dass morphometrische Schätzverfahren in einer sich wandelnden Schweinepopulation nicht zeitlich unbegrenzt anwendbar sind. Zumindest für das Gerät AutoFOM I wird tatsächlich gezeigt, dass innerhalb von 10 Jahren die Genauigkeit der bisherigen Schätzformeln für den Muskelfleischanteil der Hälfte im Hinblick auf den Schätzfehler und auf die Verzerrung im Verhältnis zum jeweiligen Referenzwert in nicht tolerierbarem Ausmaß abnimmt. Dies gilt jedoch viel weniger für die handgeführten Choirometer (vertreten durch GE Logiq), deren Schätzgenauigkeit sich im gleichen Zeitraum kaum verschlechtert hat. Der wesentliche Unterschied zwischen beiden Gerätetypen liegt in der Zahl der Variablen, die in die Schätzformeln eingehen: AutoFOM I braucht 31 (30) Variablen, während die Choirometer mit 2 Variablen auskommen. Es scheint, dass die geringere Zahl an Variablen auch eine geringere Anpassung an die Verhältnisse der Berechnungsstichprobe zur Folge hat. In jedem Fall kann zurückgewiesen werden, dass durch die Anwendung der Choirometer in der Klassifizierung - wie häufig in der Praxis zu hören - eine Anpassung der Körperproportionen an die Erfordernisse der Schätzformeln stattgefunden habe. Die vorliegenden Ergebnisse belegen eher das Gegenteil. Dass trotzdem eine regelmäßige Überprüfung der Schätzformeln unerlässlich ist und dass ein Nutzungszeitraum von 15 Jahren für Schätzformeln bei weitem zu großzügig bemessen ist, ist jedoch gleichfalls aus der Untersuchung abzuleiten. Die für den Muskelfleischanteil beschriebenen Verhältnisse gelten eher noch verstärkt für die Schätzung der Handelswertkomponen-

ten (Teilstückgewichte, Muskelfleischanteil im Bauch) durch das AutoFOM I. Die bisherigen Schätzformeln weisen eine erheblich schlechtere Schätzgenauigkeit auf ( $R^2$ , RSMEP) auf, als dies in der Erstuntersuchung des Gerätes der Fall war (BRANSCHIED *et al.* 1997). Zudem liegen die Verzerrungen allenfalls bei Schinken und Teller in noch akzeptabler Größenordnung.

Die an aktuelles Material angepassten Schätzformeln für den Muskelfleischanteil der Hälfte zeigen für die vier untersuchten Gerätetypen sehr unterschiedliche Schätzgenauigkeiten, die durchaus als Rangfolge gewertet werden dürfen. So entsprechen GE Logiq und AutoFOM III einander, während ihnen gegenüber AutoFOM I ersichtlich abfällt. Das ZP-Verfahren und das CSB-Image-Meater erreichen schließlich gerade noch die geforderte Schätzgenauigkeit von RSMEP < 2,5%-Punkten. Würde man die früher von der EU geforderte Bedingung zur Korrelation ( $r > 0,8$ ) berücksichtigen, würden ZP und CSB die Anerkennungsbedingungen nicht erfüllen. Dies ist nicht zuletzt auch darauf zurückzuführen, dass die Messstellen dieser Verfahren in der Spaltebene des Schlachtkörpers liegen, stark vom Spaltprozess beeinflusst werden und daher weniger zuverlässig sind. Vorteil des CSB-Image-Meaters ist immerhin, dass bei ihm nicht noch zusätzlich mit einem Fehler durch den Bedieneinfluss zu rechnen ist. Dennoch ist bei Geräten, deren Schätzergebnisse die zulässigen Grenzwerte weitgehend ausschöpfen, von erheblichen Beschränkungen in der praktischen Anwendbarkeit auszugehen.

Ein weiteres auffälliges Ergebnis ist, dass GE-Logiq und AutoFOM III in ihren Ergebnissen als gleichwertig erscheinen. Der Grund hierfür liegt u. a. darin, dass das GE Logiq in der vorliegenden Untersuchung gleichsam als Labormethode anzusehen und daher in der Erfassung der Messwerte besonders exakt ist. Die Schätzgenauigkeit des GE Logiq wird sich deshalb im Praxiseinsatz der Choirometer nur bedingt widerspiegeln, der Einfluss der Bediener auf das Ergebnis der Klassifizierung mit Choirometern ist hinlänglich bekannt. Im Gegensatz zum GE Logiq wurde das Auto

FOM im Versuch als Gerät unter Praxisbedingungen ohne nachfolgende Kontrolle und Korrektur eingesetzt. Dies lässt erwarten, dass die hier beschriebenen Schätzgenauigkeiten auch im Betrieb in der Schlachtlinie erhalten bleiben werden. Ohne weiteres einleuchtend ist im Übrigen die deutliche Fortentwicklung des AutoFOM III gegenüber seinem Vorgängergehärt AutoFOM I. Dieses entspricht in den elektronischen Bauteilen als auch in den digitalen Komponenten der Bildauswertung einem Gerät vom Anfang der 90er Jahre, während das AutoFOM III einen mindestens um 15 Jahre fortgeschrittenen Entwicklungsstand repräsentiert. Der Unterschied wird nicht zuletzt in Bildern der zweidimensionalen Ultraschall-Scans beider Geräte deutlich.

Neben der Schätzgenauigkeit, gemessen an den statistischen Streuungsmaßen ( $R^2$ , RMSE), ist für die Vergleichbarkeit der Klassifizierung im Schlachtbetrieb noch entscheidender, ob die Schätzungen zu systematischen Abweichungen in den Sub-Gruppen des am Markt auftretenden Materials führen, d. h. ob bestimmte Gruppen systematisch über- oder unterschätzt werden. Solche Fehlschätzungen sind die Regel und praktisch nicht zu vermeiden, jedoch ist die Größenordnung unterschiedlich. Unter den Verhältnissen der hier bearbeiteten Stichprobe sind die beiden wichtigste Einflussfaktoren mit den größten Einzelverzerrungen die genetischen Typgruppen und die nach Muskelfleischanteil differenzierten Gruppen. Bei der Berechnung von Schätzformeln auf der Basis der linearen Regression ist dies ein regelmäßig zu findender Effekt. Da sich die Typgruppen, wie mit der Schichtung der Stichprobe auch beabsichtigt, hinsichtlich ihres Muskelfleischanteils deutlich unterscheiden, ist zunächst zu vermuten, dass Hauptursache der typspezifischen Verzerrungen der im Hintergrund stehende Muskelfleischanteil sein müsste. In Extremen scheint dies auch zuzutreffen, jedoch nicht durchgehend. Insbesondere die Gruppe [Pi\*Süd] verhält sich unerwartet, da sie einerseits zusammen mit der Gruppe [Pi\*Nord] den höchsten Muskelfleischanteil aufweist, andererseits aber von allen Geräten praktisch unverzerrt geschätzt wird. [Pi\*Nord] weist im Vergleich dazu durch-

weg die bei weitem stärkste Unterschätzung auf. Die morphologischen Ursachen für dieses geradezu paradoxe Verhalten sind derzeit unklar und bedürfen weiterer Untersuchung. Immerhin ist auffällig, dass die [Pi\*Süd] zusammen mit den [York\*NL] einen geringeren Knochenanteil als die anderen Typgruppen aufweisen. Bisher schien man davon ausgehen zu können, dass der Knochenanteil unterschiedlicher Genotypen mit sich veränderndem Muskelfleischanteil, aber bei gleichem Schlachtgewicht konstant bleibt (HÖRETH, 1995).

Auch bei der Schätzung der Komponenten des Handelswertes mit den Geräten AutoFOM I und III treten Verzerrungen auf. Auch hier haben die Typgruppen einen entscheidenden Einfluss. Allerdings sind, abgesehen vom Muskelfleischanteil im Bauch, die Ausmaße um einiges geringer als bei der Schätzung des Muskelfleischanteils der Hälfte. Dies hängt sicher vor allem damit zusammen, dass in alle Schätzformeln für die Teilstückgewichte das real gewogene Schlachtgewicht als Prädiktor eingeht, weil von diesem die Teilstückgewichte in hohem Umfang direkt abhängen. Die gemeinsame Varianz von Teilstück- und Schlachtgewicht liegt bei  $R^2 \approx 80\%$ . Dadurch mindert sich der verzerrende Effekt der übrigen Prädiktoren. Dies gilt naturgemäß nicht für den Muskelfleischanteil des Bauches, der aber dennoch hinsichtlich der Verzerrungen mit den neuen Schätzformeln zufriedenstellend geschätzt wird.

In Deutschland besteht die besonders unglückliche Situation, dass eine ganze Reihe von Geräten für die Klassifizierung eingesetzt wird. Das Problem wird allerdings dadurch etwas gemildert, dass die sieben handgeführten Choirometer auf das Referenzgerät GE Logiq geeicht wurden und daher von den apparativen Voraussetzungen her gegenseitig unverzerrte Schätzungen liefern sollten. Zu Schwierigkeiten der Übereinstimmung führt in der Klassifizierungspraxis aber schon bisher, dass die Choirometer und das Gerät AutoFOM auf weitgehend unterschiedlichen Messstellen aufbauen und dass die Methoden der Formelberechnung und die Formelstruktur nicht vergleichbar sind. Auch am vorlie-

genden Material sind daher Verzerrungen zwischen den Geräten bei der Schätzung des Muskelfleischanteils unvermeidbar. Von Interesse sind dabei nur Vergleiche des GE Logiq und der beiden AutoFOM-Geräte, weil eben nur diese zukünftig spürbare Unterschiede auf übergeordneter, regionaler Ebene provozieren könnten. In Hinblick auf den Muskelfleischanteil der Hälfte zeigen die beiden AutoFOM-Geräte Abweichungen zum GE Logiq vor allem in den Typgruppen, auffälligerweise praktisch nicht in den Gruppen des Muskelfleischanteils. Wenn diese Abweichungen auch im Prinzip mit ca.  $\pm 0,5$  %-Punkten im Bereich des Messfehlers der Geräte (Eichordnung) liegen, geben sie doch noch einmal einen eindrucksvollen Hinweis darauf, dass die Typgruppen morphologische Unterschiede aufweisen, die für die Validität der genutzten Prädiktoren relevant sind. Angesichts dieser Zwangslage erscheinen die Ergebnisse der vorliegenden Studie einigermaßen beruhigend, zumal die Unterschiede von AutoFOM I und III sich gegenüber dem GE Logiq in den Subgruppen fast durchgehend gleichsinnig oder wenig unterschiedlich verhalten. Die daraus zu erwartende gute Übereinstimmung zwischen AutoFOM I und III tritt in den Gruppen des Schlachtgewichts und des Muskelfleischanteils, bedingt auch des Geschlechts, tatsächlich ein. Bei den Typgruppen, die ansonsten deckungsgleich geschätzt werden, fallen aber die beiden schon zuvor auffälligen Gruppen [Pi\*Nord] und [Pi\*Süd] mit relativ hohen Differenzen zwischen den beiden Geräten völlig heraus. Auch dies ist noch einmal ein Hinweis, dass es am vorliegenden Material nicht so sehr das Niveau des Muskelfleischanteils der Hälfte ist, das über Abweichungen der Schätzungen entscheidet. Vielmehr müsste auch an dieser Stelle nach morphologischen Ursachen gesucht werden.

Für das Verhältnis der beiden AutoFOM-Geräte zueinander ist ergänzend auch die Übereinstimmung in den Handelswertkriterien wichtig. Beruhigend ist, dass die gegenseitigen Abweichungen bei den Teilstückgewichten insbesondere in den Typgruppen nach den Ergebnissen des Zerlegeversuchs durchweg gering sind und dass nur für das Gewicht des Bauches bei

zwei Typgruppen Unterschiede von mehr als 2 % des Teilstückgewichtes auftreten. Die Ergebnisse des Feldvergleichs beider Geräte bestätigen diesen Befund im Wesentlichen. Dieser anhand einer großen Stichprobe durchgeführte Versuch zeigt aber auch anhand der Determinationskoeffizienten zwischen beiden Geräten, dass sie nicht identisch klassifizieren und durchaus einen gewissen Freiraum für eigenständiges Verhalten nutzen. Während dieser Freiraum bei den Teilstückgewichten 20 % und darunter beträgt, erreicht er beim Muskelfleischanteil des Bauches immerhin 35 %. Dies wird vor allem in der Zukunft zu beachten sein, wenn sich die genetische Zusammensetzung und möglicherweise auch die Schlachtgewichte weiter verändern.

Zusammengefasst hat die vorliegende Untersuchung gezeigt, dass die bisher zugelassenen Schätzformeln für den Muskelfleischanteil der Hälfte und die Handelswertkriterien am heutigen Marktaufkommen zu mehr oder weniger groben Fehlschätzungen führen und dass diese Fehlschätzungen durch aktuelle Schätzformeln zu bereinigen sind. Allerdings weisen die Ergebnisse auch darauf hin, dass vor allem die genetische Zusammensetzung der deutschen Schweinepopulation über die Validität der Schätzformeln entscheidet. Dabei reagieren die verschiedenen Geräte auf Veränderungen der Zusammensetzung hinsichtlich morphologisch unterschiedlicher Typen nicht vollständig symmetrisch. Dies ist unter heutigen Verhältnissen in Deutschland deswegen besonders problematisch, weil durch den großflächigen Niedergang der Sauenhaltung, der möglicherweise noch nicht einmal abgeschlossen ist, die Ferkelimporte stark angestiegen sind. Über die genetische Ausprägung innerhalb der Mastschweinepopulationen entscheiden damit zunehmend Wettbewerbsaspekte der benachbarten Exportländer bei einem geminderteren Einfluss der eigenen deutschen Zuchtstrategien. Dies führt zu größerer Variabilität der Genotypen in wesentlich kürzeren Zeiträumen, als dies bisher denkbar war. Für das Funktionieren der apparativen Klassifizierung ist dies problematisch, weil die Geräte fallweise deutlich mit Fehlschätzungen einzelner Genotypen reagie-

ren und weil sie sich dabei möglicherweise nicht immer gleichsinnig verhalten. Die günstige Situation der apparativen Klassifizierung, die sich aus der vorliegenden Studie ergibt, ist also eine Momentaufnahme, die möglicherweise schon in näherer Zukunft wieder getrübt werden könnte. Für die Praxis lassen sich die Effekte trotzdem eingrenzen: Die Subgruppen der Gewichtsklassen und der beiden Geschlechter zeigen generell nur geringe Abweichungsprobleme. Daraus folgt: Ungeachtet des eingesetzten Genotyps werden die Mäster aus Sicht der Sicherheit der Klassifizierungsergebnisse (die Preismasken einmal außer acht gelassen) dann geringe Probleme haben, wenn sie ihre Strategie auf mittlere Ausprägung des Schlachtgewichtes (90-100 kg) und auch des Muskelfleischanteils (um 58 %) ausrichten. Die relativ große Übereinstimmung bei den beiden Geschlechtern lässt hoffen, dass ab 2018 auch die Eber als Substitut der Kastraten in der Vergleichbarkeit zu den Sauen geringe Schwierigkeiten bereiten werden.

Für die Bereitstellung eines wesentlichen Teils der Mittel für die Untersuchung wird den Mitgliedern des Bundesmarktverbandes und den Geräteherstellern CSB-System, Geilenkirchen und Carometec, DK gedankt.

## Literatur

BRANSCHIED, W. und R. HÖRETH (2006): Modifizierung ins Auge fassen. *Fleischwirtschaft* 86, 14-17

BRANSCHIED, W., A. DOBROWOLSKI und R. HÖRETH (1997): Bestimmung der Handelsklassen und des Handelswertes von Schweinehälften mit dem Gerät Autofom. *Fleischwirtschaft* 77, 619-622

BRANSCHIED, W., M. SÖNNICHSEN und G. v. LENGERKEN (2007): Die Erfassung der Schlachtkörperzusammensetzung und die Einstufung in Handelsklassen. In: Branscheid, W., K.O. Honikel, G.v. Lengerken und K. Troeger (Hrsg.): *Qualität von Fleisch und Fleischwaren*. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage. Frankfurt a.M.: Deutscher Fachverlag. Band 1, 85-156

CAUSEUR, D., G. DAUMAS, T. DHORNE, B. ENGEL., M. FONT i FURNOLS, S. HØJSGAARD (2003): *Statistical handbook for assessing pig classification methods*. URL <http://ec.europa.eu/agriculture/markets/pig/handbook.pdf>

DOBROWOLSKI, A., R. ROMVÁRI, P. ALLEN, W. BRANSCHIED und P. HORN (2004): Schlachtkörperwertbestimmung beim Schwein. Röntgen-Computertomographie als mögliche Referenzmethode. *Fleischwirtschaft* 84, 109-112

HÖRETH, R. (1995): Zusammensetzung von Schweineschlachtkörpern und der Anteil der Teilstücke nach Änderung der 4./6. DVO. *Mitteilungsblatt BAFF* 34, 5-12

JUDAS, M. und W. BRANSCHIED (2005): Demonstration of a simplified reference method for the determination of lean meat content based on Radiologic Scanning with Computed Tomography (CT). Unpublished working document presented to the EU Management Committee for Pig Meat.

JUDAS, M., R. HÖRETH und W. BRANSCHIED (2007): Computed tomography as a method to analyse the tissue composition of pig carcasses. *Fleischwirtschaft international* 1/2007: 56-59

WALSTRA, P. und G.S.M. MERKUS (1995): Procedure for assessment of the lean meat percentage as a consequence of the new EU reference dissection method in pig carcass classification. Unpublished working document, DLO, The Netherlands

WORKING DOCUMENT (2008): Grading of pig carcasses in Germany. Part I of the protocol provided for in annex V of Commission Regulation (EC) No. 1249/2008, submitted by the German authorities with a view to a dissection trial for approval of the following grading methods: Ultrasonic Scanner GE Logiq 200pro, AutoFom I, AutoFom III, CSB-ImageMeater, ZP; combining Computed Tomography with manual reference dissections presented to the Management Committee for the Common Organisation of the Agricultural Markets. Application for a dissection trial to update the lean meat equations of grading instruments in Germany. Last modified: 4<sup>th</sup> Dec. 2008

WORKING DOCUMENT (2011): Grading of pig carcasses in Germany. Part II of the protocol provided for in annex V of Commission Regulation (EC) No. 1249/2008 submitted by the German authorities with a view to a dissection trial for approval of the following grading methods: Ultrasonic Scanner GE Logiq 200pro, AutoFom I, AutoFom III, CSB-ImageMeater, ZP, with the use of Computed Tomography as reference dissection method presented to the Management Committee for the Common Organisation of the Agricultural Markets. Results of a dissection trial to update the lean meat equations of grading instruments in Germany. Last modified: 5<sup>th</sup> Jan. 2011

Verordnung (EG) Nr. 1234/2007 des Rates vom 22. Oktober 2007 über eine gemeinsame Organisation der Agrarmärkte und mit Sondervorschriften für bestimmte landwirtschaftliche Erzeugnisse (ABl. Nr. L 299/1) in der jeweils geltenden Fassung

Verordnung (EG) Nr. 1249/2008 der Kommission vom 10. Dezember 2008 mit Durchführungsbestimmungen zu den gemeinschaftlichen Handelsklassenschemata für Schlachtkörper von Rindern, Schweinen und Schafen und zur Feststellung der diesbezüglichen Preise (ABl. Nr. L 337/3) in der jeweils geltenden Fassung

Eichordnung vom 12. August 1988 (BGBl. I. S.1657) in der jeweils geltenden Fassung