

## **Automatische Erfassung des Schlachtkörperwertes von Hähnchen mittels Video-Image-Analyse**

Automated measurement of chicken carcass value by Video Image Analysis

M. SONDER und M. JUDAS

### **Zusammenfassung**

Der tatsächliche Handelswert von Hähnchen leitet sich heute stärker aus der Schlachtkörperzusammensetzung und nicht mehr allein aus Lebend- bzw. Schlachtgewicht ab. Daher sollte in dieser Untersuchung eine Laseranlage entwickelt werden, die mittels Video-Image-Analyse (VIA) diesen tatsächlichen Handelswert noch in der Schlachtlinie bei Schlachtgeschwindigkeit bestimmen kann. Der Marktwert von Hähnchen wurde dabei mit einer modellbasierten Software auf Basis einer Multi-Sensor Datenfusion ermittelt. Die Untersuchung erfolgte in zwei Schritten. Zunächst wurde von der Firma e+v Technology GmbH, Oranienburg, eine neue Gerätetechnik zur Erfassung der Beschaffenheit und Struktur von Hähnchenschlachtkörpern entwickelt. Darauf aufbauend entwickelten wir Algorithmen und statistische Modelle zur Wertermittlung der Hähnchenschlachtkörper. Dabei dienten Gewicht und Fleischigkeit des Schlachtkörpers sowie die Ausprägung der Teilstücke als objektive Wert bestimmende Parameter. Probenahmen erfolgten in einem konventionellen Schlachtbetrieb, und die Proben waren nach Gewicht (über/unter 1200 g) und marktüblicher Herkunft (Ross, Cobb) stratifiziert. Die gesamte Stichprobe umfasste ca. 300 Hähnchenschlachtkörper. Direkt am Schlachtband wurden die Schlachtkörper zur Kalibrierung des VIA-Systems ausgewählt, vermessen, standardisiert verpackt und gekühlt zum Max Rubner-Institut, Standort Kulmbach, transportiert und an den darauffolgenden Tagen nach einem speziell entwickelten Design grobgeweblich zerlegt. Zielgrößen waren die Gewichte der einzelnen Teilstücke sowie die gewebliche Zusammensetzung von Brust und Schenkel. Die Zerlegedaten dienten als Referenzwerte für die Kalibrierung des VIA-Systems, das Bilddaten sowie Lasermessungen lieferte. Mit multivariater Regression (PLS-Methode) wurden Schätzformeln berechnet, die die Gewichte der wertvollen Teilstücke sowie Fleisch- und Fettanteile aus den VIA-Daten ableiteten. Insgesamt war die Vorhersage der Wert bestimmenden Eigenschaften aus den Messungen des VIA-Systems erfolgreich, da die relativen Schätzfehler von 2-6 % für die praktische Anwendung niedrig genug waren. Problematisch erwies sich nur die Schätzung von Fettgewicht und -anteil mit einem Schätzfehler von 26 %. Daher kann dieses System künftig betriebsspezifisch genutzt werden, um den tatsächlichen Schlachtwert von Hähnchen zu bestimmen.

---

<b>Schlüsselwörter</b>	Hähnchenschlachtkörper – Schlachtkörperwert – Schlachtkörperzusammensetzung – Video-Image-Analyse – Marktwert – Handelswert
<b>Key Words</b>	chicken carcass – carcass value – carcass composition – video image analysis – market value – commercial value

---

### **Summary**

The actual market value of chicken carcasses is nowadays determined more by carcass composition than by live weight or weight at slaughter. Therefore, a laser system was to be developed that can determine true market value online and at slaughter line speed by means of video image analysis (VIA). This system uses model-based software to determine the actual market value based on multi-sensor data fusion. The study was made in two steps. First, e+v Technology GmbH, Oranienburg, developed a new hardware system to measure configuration and structure of chicken carcasses. Subsequently, we developed algorithms and statistical models for chicken carcass valuation. To this, weight and lean meat content of

the carcass as well as the proportion of main cuts served as objective parameters that determine carcass value. Samples were taken in a conventional abattoir, stratified by weight (above or below 1200 g) and two pedigrees that are customary to the market (Ross and Cobb). The entire sample comprised ca. 300 chicken carcasses for the calibration of the VIA system. The carcasses were selected in batches directly from the slaughter line, measured, packed at standard, cooled and transported to the Max Rubner Institute, location Kulmbach. During the following days, carcasses were dissected for cuts and coarse tissues according to a specially adapted dissection design. Dependent variables were the weights of separate cuts, and tissue composition of breast or legs. These dissection data were the reference to calibrate the VIA system that provided image data and laser measurements. With multivariate PLS regression, we developed estimation equations to predict the weights of valuable cuts and percentages of lean meat of fat from VIA data. Overall, the prediction of parameters of carcass value was successful because the relative estimation errors were only 2-6 %, which is low enough for the system to be applicable in practice. Only the estimation of fat weight or percentage was problematic, with a high relative error of 26 %. In summary, this VIA system can be adapted to the specific requirements of slaughter operations, and it is suited to determine the actual market value of chicken.

## **Einleitung**

Der Marktwert von Hähnchenschlächtkörpern wird immer noch durch das Lebendgewicht der Tiere bestimmt. Der tatsächliche Schlachtkörperwert von Hähnchen leitet sich aber heutzutage vielmehr aus der Schlachtkörperzusammensetzung ab und nicht mehr allein aus Lebend- bzw. Schlachtgewicht. Der tatsächliche Schlachtwert ist somit von der Schlachtkörperzusammensetzung abhängig, also vom Gewicht und Anteil der wertvollen Teilstücke Brust und Schenkel sowie dem Gewichtsanteil von Muskelfleisch und Fettgewebe.

Würde die Bestimmung des Schlachtkörperwertes von Hähnchen nach diesen Kriterien erfolgen, wäre eine standardisierte Sortierung und differenzierte Bezahlung möglich. Zudem könnten unterschiedliche Vermarktungsschienen des Lebensmittel-einzelhandels gezielter beliefert werden. Dies hätte eine erhebliche Wertsteigerung der Rohware mit entsprechender Wertschöpfung im tatsächlich verkaufbaren Produkt zur Folge.

Im Rahmen eines Pilotprojektes sollte ein System zur objektiven Werteinstufung der Schlachtkörper von Hähnchen auf Basis der Video-Image-Analyse (VIA) unter Online-Bedingungen entwickelt werden.

## **Material und Methoden**

In einem Schlacht- und Zerlegebetrieb sollte ein internes Controlling-System eingearbeitet werden, um eine laufende Mengenkontrolle der Ausbeutesätze zu erreichen. Dies sollte eine optimale Anpassung der Zerletechnik an die aktuelle Marktsituation ermöglichen. Hierzu wurde ein System der Video-Image-Analyse (VIA) in der Schlachtlinie installiert.

Das VIA-System nahm eine quantitative Bewertung von Rücken- und Brustansicht der im Schlachtband hängenden Schlachtkörper vor. Über ein Echtbildverarbeitungssystem (Vision) wurden die Schlachtkörper zwei-dimensional vermessen. Zur drei-dimensionalen Volumenbestimmung kam ein Lasersystem zum Einsatz. Um den tatsächlichen Schlachtkörperwert von Hähnchen mittels Video-Image-Analyse ermitteln zu können, wurden quantitative Parameter der Hähnchenschlächtkörper erfasst. Bestimmt wurden definierte Punkte, die Gesamtkörpervolumen, Volumen des Brustbereiches, Brustfläche, Schenkelfläche und -breite, Tailenbreite sowie Brustbreite darstellen (Abb. 1). Das Kamerasystem wurde in der Schlachtlinie eines mittelgroßen Schlachtunternehmens durch die Firma e+v Technology GmbH, Oranienburg, installiert.

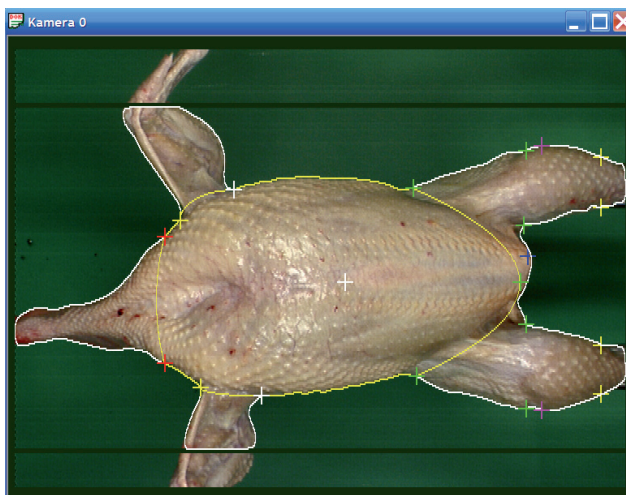


Abb. 1: Video-Image-Analyse (VIA) – Videoaufnahme eines Schlachtkörpers und Flächenabgrenzungen der automatisierten Vermessung des Schlachtkörpers

Eine saisonal gestreute Stichprobe von insgesamt 286 Modellschlachtkörpern der marktüblichen Herkunft Ross und Cobb in zwei Gewichtsklassen (unter/über 1200 g Warmschlachtgewicht) diente als Untersuchungsmaterial. Zur Probenahme wurden drei verschiedene Versuchsstationen in der Schlachtlinie aufgebaut.



Abb. 2: Referenzdaten – Individuelle Vermessung eines Schlachtkörpers

Die erste Station befand sich nach der Rupfmaschine unmittelbar vor der VIA-Anlage. Hier wurde der Modellschlachtkörper aus dem Schlachtband entnommen, markiert und an den definierten Punkten mittels elektronischer Schieblehre manuell vermessen (Abb. 2), und das Warmschlachtgewicht 1 (WSG 1) wurde mit Innereien und Ständer bestimmt.

Nach erfolgter Untersuchung wurde der Modellschlachtkörper zurück in die Schlachtlinie gehängt, um von der VIA-Anlage erfasst zu werden. Die zweite Untersuchungsstation befand sich nach der VIA-Anlage, unmittelbar nach der Entnahme der Innereien. Hier erfolgten die Ermittlung des Warmschlachtgewichts 2 (WSG 2) ohne Innereien und Ständer sowie – der Vollständigkeit halber – diverse Qualitätsuntersuchungen (Temperatur, pH-Wert, Farbe).

Nach Abschluss der Untersuchungen wurden die Versuchsschlachtkörper wieder in die Schlachtlinie gehängt. Nachdem sie eine knapp dreistündige Kühlung durchlaufen hatten, wurden sie an der Station 3 wiederum diversen Untersuchungen unterzogen. Neben dem Kaltschlachtgewicht (KSG) wurden – ebenfalls der Vollständigkeit halber – Qualitätskriterien wie Temperatur, pH-Wert und Farbe erfasst. Die Modellschlachtkörper wurden einzeln standardisiert verpackt und gekühlt zum Max Rubner-Institut, Standort Kulmbach, transportiert.

Die erhobenen Messdaten wurden in den tatsächlichen Handelswert umgesetzt. Hierfür wurden Referenzuntersuchungen und die manuelle Zerlegung der Hähnchenschlachtkörper durchgeführt. Hier stand die Entwicklung eines marktüblichen und praxisgerechten Zerlegedesigns im Vordergrund. Die Schlachtkörper wurden in die einzelnen Teilstücke Brust, Oberschenkel, Unterschenkel (wertvolle Teilstücke), Rücken, Schenkel mit Rückenstück, Hals, Flügel, Flügelspitze und Bürzel zerlegt. Das Abdominalfett wurde ebenfalls erfasst. Die grobgewebliche Zerlegung der wertvollen Teilstücke ermöglichte die Bestimmung des Muskelfleischanteils sowie die Anteile von Fett, Haut,



Abb. 3: Referenzdaten – Grobgewebliche Zerlegung zur Messung von Muskelfleisch, Fett und Knochen

Sehnen und Knochen (Abb. 3). Durch die Wägung der Teilstücke und die Gewebekomponenten wurde der tatsächliche Schlachtkörperwert bestimmt.

Die Daten aus der Zerlegung dienten als Referenzwerte für die Kalibrierung des VIA-Systems. Durch die Bündelung der Vision- und Laser-Daten lieferte das VIA-System die 2D- und 3D-Informationen, die Grundlage für die statistischen Modelle zur Schätzung von Gewichten und Anteilen darstellten. Insgesamt waren 12 drei-dimensionale Variablen verfügbar, sowie 128 zwei-dimensionale Variablen in jeweils Front- und Rückenansicht.

Die statistische Auswertung erfolgte mit der multivariaten PLS-Regression (SAS 9.2, SAS Institute, Cary NC, USA). Dazu wurden zunächst alle 268 Variablen in einem Modell mit 10 Hauptkomponenten verwendet. Eine Variablenselektion erfolgte in mehreren Schritten nach der Methode von JUDAS und De SMET (2008). Dabei wurden alle Variablen ausgeschlossen, die eine geringe Variable Importance

for Projection ( $VIP \leq 0,8$ ) oder einen geringen gewichteten Regressionskoeffizienten hatten ( $-0,01 \leq b \leq 0,01$ ) (Abb. 4). Für das endgültige 10-Hauptkomponenten-Modell, in dem alle verbleibenden Variablen die Kriterien für VIP und  $b$  erfüllten, wurde ein abschließender Test auf signifikante Hauptkomponenten durchgeführt. Dadurch änderten sich die Regressionskoeffizienten etwas, es erfolgte aber keine weitere Variablen-Reduktion für das endgültige Modell (vgl. PLS # 8 in Abb. 4). Die Güte der Schätzmodelle wurde durch vollständige Kreuzvalidierung als RMSEP ermittelt (root mean square error of prediction) (Abb. 5).

## Ergebnisse und Diskussion

Schätzformeln wurden sowohl für ganze Schlachtkörper als auch für Teilstücke und einzelne Gewebe ermittelt:

- Schlachtgewichte (WSG 1, WSG 2 und KSG) an den jeweiligen unterschiedlichen Stationen der Schlachtlinie
- Wertvolle Teilstücke (insgesamt und separat für Schenkel) jeweils als absolutes Gewicht und als relativer Anteil am Schlachtkörper
- Muskelfleisch (insgesamt und separat für die Brust) und Fett (insgesamt) jeweils als absolutes Gewicht und als relativer Anteil am Schlachtkörper

Dabei wurden zwei getrennte Modelle für jede Zielgröße berechnet (Tab. 1): unter Verwendung aller zwei- und drei-dimensionalen Informationen (2D & 3D) bzw. nur mit den zwei-dimensionalen Variablen (2D).

Mit Ausnahme des Fettgewichtes und -anteils wurden alle Zielgrößen mit einem relativen Fehler von 2-4 % geschätzt (lediglich Gewicht des Brustfleisches mit 6 %). Ein Schätzfehler von  $\leq 5\%$  erscheint uns gering genug, um für den praktischen Einsatz geeignet zu sein. Zudem kann ein solches System, das bei hoher Bandgeschwindigkeit arbeiten muss, nach unserer Einschätzung nicht nennenswert genauer werden.

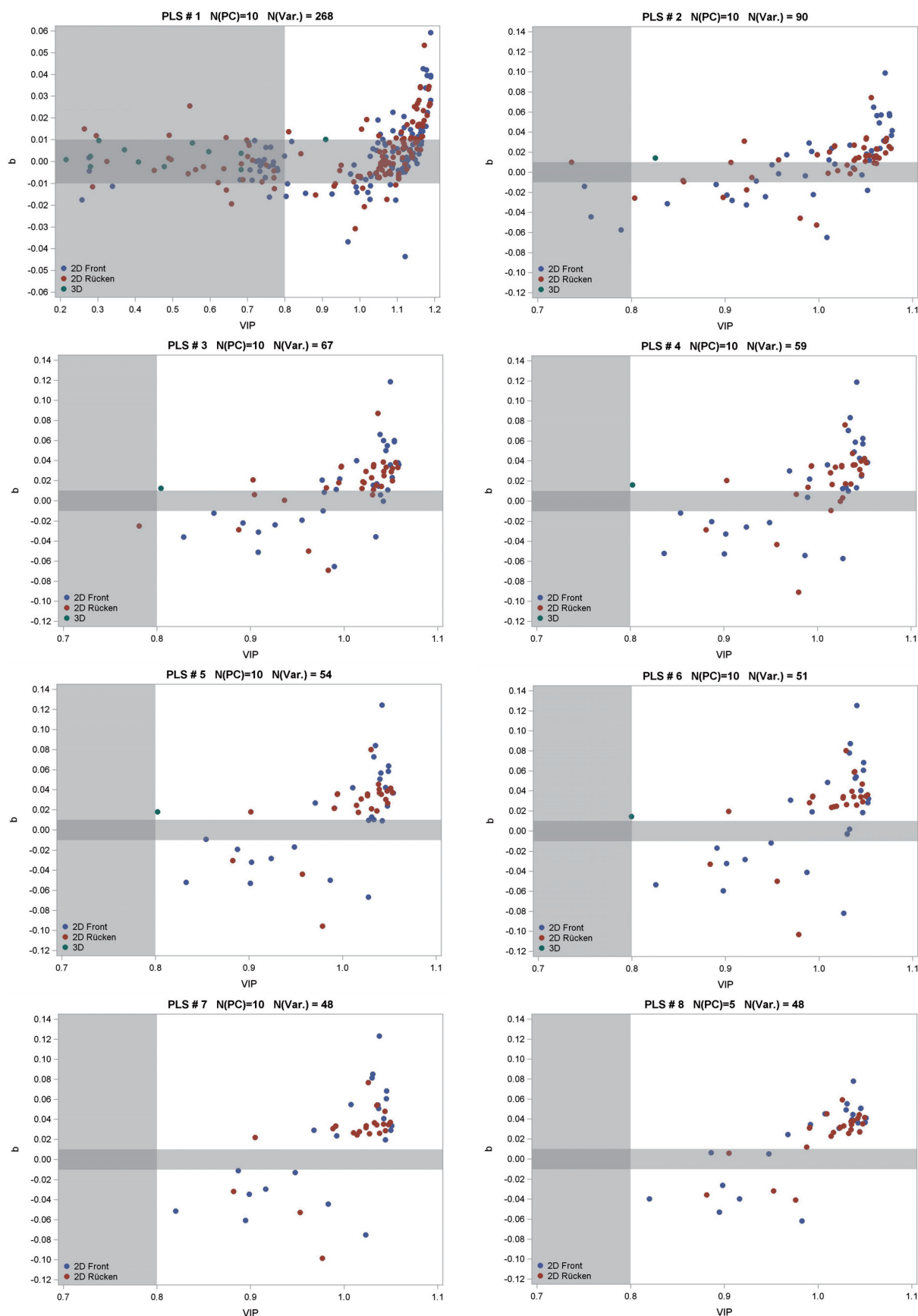


Abb. 4: Variablenselektion zur Bestimmung eines optimalen PLS-Regressionsmodells am Beispiel des Kalt-Schlachtgewichtes. PLS1-PLS7: Selektion von Variablen mit  $VIP > 0,8$  und  $|b| > 0,01$  bei 10 Hauptkomponenten (PC), PLS8: Neu-Berechnung des PLS-Modells mit den selektierten Variablen aus PLS7 ( $n = 48$ ) für die signifikanten Hauptkomponenten (hier:  $n = 5$ )

Tab. 1: Regressionsmodelle zur Schätzung von Schlachtgewichten (SG), Teilstücken (TS) und Gewebe (Fleisch, Fett) aus VIA-Daten mit nur zwei-dimensionalen (2D) bzw. mit zwei- und drei-dimensionalen Variablen (2D &amp; 3D)

	Mittelwert	2D				2D & 3D				
		RMSEP abs.	RMSEP (%) <sup>1</sup>	Var. (n)	PCs (n)	RMSEP abs.	RMSEP (%) <sup>1</sup>	Var. (n)	3D (n)	PCs (n)
Warm-SG 1 (g)	1631	44	3	63	6	45	3	64	1	5
Warm-SG 2 (g)	1301	39	3	63	5	38	3	49	0	5
Kalt-SG (g)	1288	40	3	65	4	39	3	48	0	5
Schenkel (g)	529	19	4	70	4	19	4	72	1	4
Schenkel (%) <sup>2</sup>	41	1,4	3	110	5	1,4	3	120	6	5
Wertvolle TS (g)	873	27	3	57	4	27	3	63	1	1
Wertvolle TS (%) <sup>2</sup>	68	1,4	2	190	4	1,4	2	190	6	6
Brustfleisch (g)	372	21	6	80	4	21	6	68	1	4
Brustfleisch (%) <sup>2</sup>	29	1,3	4	170	5	1,3	4	156	5	5
Gesamtfleisch (g)	632	27	4	78	4	27	4	66	1	4
Gesamtfleisch (%) <sup>2</sup>	49	1,5	3	169	4	1,4	3	160	3	5
Fett gesamt (g)	57	15	26	105	3	16	27	117	2	3
Fett gesamt (%) <sup>2</sup>	4	1,2	26	54	1	1,2	26	69	2	2

RMSEP: absolute (abs., in Gramm bzw. Prozentpunkten) und relative Schätzfehler (%);

Var.: Gesamtzahl der selektierten Variablen, 3D: davon 3-dimensionale Variablen;

PCs: Signifikante Hauptkomponenten

<sup>1</sup> Relativ zum Mittelwert

<sup>2</sup> Relativ zum Kalt-Schlachtgewicht

Die ganzen Schlachtkörper wurden mit einem RMSEP von ca. 40 g geschätzt, Schenkel, die Summe der wertvollen Teilstücke, Brustfleisch und Gesamtfleisch jeweils mit Fehlern von ca. 20-30 g. Der relative Schätzfehler für die Teilstücke und das Muskelfleisch war jeweils deutlich unter 2 %-Punkten. Auch dies erscheint uns als maximale Schätzgenauigkeit für ein solches Online-System.

Für Gewicht und Anteil des Gesamtfetts war der relative Fehler mit 26 % sehr hoch und lässt es fraglich erscheinen, ob für Fett geeignete Messungen mit dem VIA-System möglich sind. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass der absolute RMSEP für den Fettanteil mit 1,2 %-Punkten niedriger liegt als bei allen anderen Zielvariablen. Wenn man davon ausgeht, dass die Genauigkeit eines solchen Online-Verfahrens nicht unter einen absoluten RMSEP von ca. 1 %-Punkt optimiert werden kann, dann ergibt sich zwangsläufig, dass bei dem niedrigen Fettanteil von 4 % ein relativer Schätzfehler von ca. 25 % resultieren muss. Das System scheint damit eine Grenze für die Messauflösung bei ca. 1 %-Punkt zu haben. Eine ähnliche Interpretation gilt hinsichtlich der absoluten Mess-

barkeit von Gewichten: mit 15 g RMSEP ist der Schätzfehler für Fett deutlich niedriger als für die anderen Variablen, was aber durch das geringe absolute Gewicht von 57 g zu dem hohen relativen RMSEP von 26 % führt. Auch hier scheint es eine Grenze für die Messauflösung zu geben, die bei ca. 20 g RMSEP liegen dürfte: Schenkel und Brustfleisch wurden mit diesem niedrigen Fehler geschätzt, der sich aber je nach mittlerem Gewicht als relativ niedrig (4 % für 529 g Schenkel) oder aber erhöht darstellt (6 % für 372 g Brustfleisch).

Die Anzahl der Hauptkomponenten (PC) wurde im letzten Schritt der Modellierung meist deutlich auf 4-6 reduziert, teilweise auch noch stärker (in zwei Fällen mit nur einer PC entspricht das Ergebnis einer multiplen linearen Regression). Die vorherigen Selektionsschritte reduzierten die Anzahl der Variablen deutlich auf ca. 60-80 für die meisten geschätzten Gewichte. Für die Schätzung der zugehörigen Anteile von Schenkel, wertvollen Teilstücken, Brustfleisch und Gesamtfleisch am Kalt-Schlachtgewicht waren ca. 1,5-3mal so viele Variablen erforderlich. Dies ist verständlich, da zur Ermittlung des Anteils

sowohl das Gewicht der Zielvariablen als auch das Kalt-Schlachtgewicht berücksichtigt werden müssen. Auch hier bildet das Fett eine Ausnahme, da ca. doppelt so viele Variablen für das Gewicht im Vergleich zum Anteil erforderlich waren, zudem waren nur 1-2 Hauptkomponenten signifikant.

Die Verwendung von drei-dimensionalen Variablen erbrachte bei keiner Zielgröße eine Verbesserung des Modells. Bei WSG 2 und KSG wurden keine 3D-Variablen selektiert, ansonsten enthielten die Modelle meist 1-3 drei-dimensionale Variablen. Nur zur Schätzung der Anteile für Teilstücke und Brustfleisch wurden 3D-Informationen in nennenswertem Umfang mit 5-6 der 12 gemessenen Variablen verwendet, allerdings ohne den Schätzfehler zu verringern. Es erscheint daher überflüssig, den zusätzlichen Aufwand eines 3D-Lasersystems in die VIA zu integrieren. Offensichtlich lieferten die zahlreichen zwei-dimensionalen Daten – die zu-

dem von Vorder- wie auch Rückseite aufgenommen wurden – genug Informationen, um evtl. relevante zusätzliche Information aus den 3D-Daten hinreichend ersetzen zu können.

Bei den meisten Zielvariablen ergaben die Modelle keine Verzerrung zwischen den Herkunftsorten oder den Gewichtsklassen, nach denen die Stichprobe stratifiziert worden war. Lediglich für die Schlachtgewichte wurden Cobb mit ca. 10 g über- und Ross mit ca. 3 g unterschätzt. Dies entspricht einer relativen Verzerrung von ca. 1 %, was uns in der praktischen Anwendung vernachlässigbar erscheint. Allerdings deutet diese – wenn auch geringe – Verzerrung darauf hin, dass bei einer Neu-Installation eines solchen VIA-Systems mindestens eine Validierung der Schätzmodelle erfolgen sollte. Grundsätzlich wäre natürlich auch eine eigene Kalibrierung mit einer aktuellen, repräsentativen Stichprobe anzuraten.

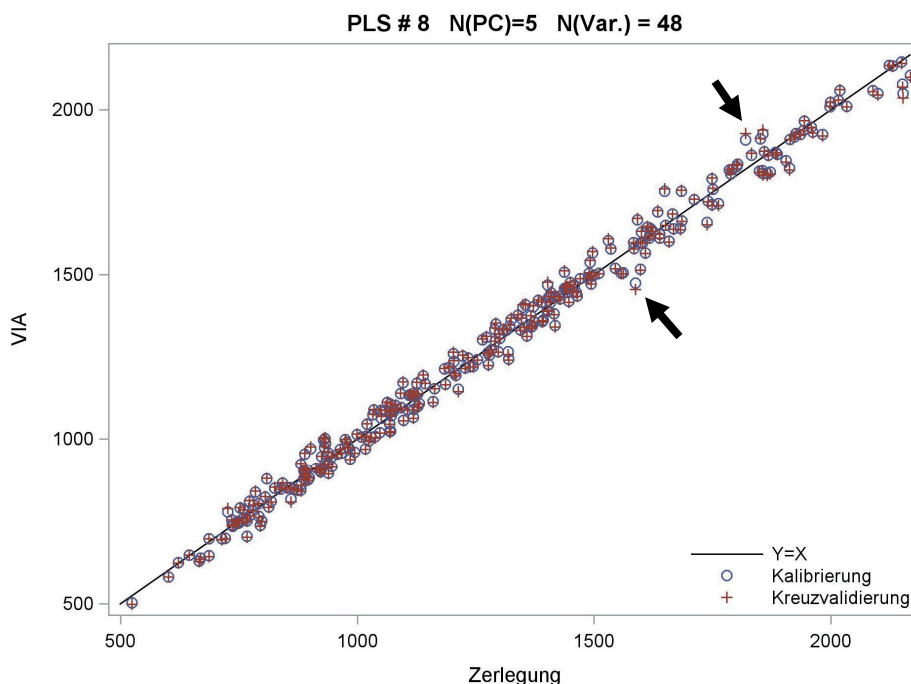


Abb. 5: Schätzgenauigkeit des selektierten PLS-Regressionsmodells (VIA) für das Kalt-Schlachtgewichtes („Zerlegung“). Die Schätzwerte bei Kreuzvalidierung weichen meist nur minimal von den Schätzwerten der Kalibrierung ab (Ausnahmen sind durch Pfeile markiert). Insgesamt beträgt der Schätzfehler der Kalibrierung 35,7 g bzw. 2,8 % des mittleren Kalt-Schlachtgewichtes, der Schätzfehler der Vorhersage – ermittelt durch vollständige Kreuzvalidierung – 38,6 g bzw. 3,0 %

## **Schlussfolgerung**

Insgesamt war die Vorhersage der Wert bestimmenden Eigenschaften von Hähnchenschlächtkörpern gut möglich. Das System könnte künftig nicht nur für die interne Sortierung und Kontrolle der Zerlegung, sondern auch für die Preisfindung und Bezahlung gegenüber den Landwirten genutzt werden. Da das VIA-System an die spezifischen Anforderungen anderer Schlachtunternehmen anpassbar ist, bietet es ein großes Potential für einen wesentli-

chen Schritt nach vorn für eine bessere Preistransparenz bei Hähnchenschlächtkörpern.

## **Literatur**

Judas, M., und De Smet, S. (2008): Optimierung der Variablen-Selektion für die PLS-Regression. In: KSFE 2008 – Proceedings der 12. Konferenz der SAS-Anwender in Forschung und Entwicklung (KSFE)/R.-D. Hilgers, N. Heussen, C. Ortseifen [Hrsg.]. Aachen: Shaker Verlag, 133-139