

TIEFENMESSUNGEN AN KÖRPERGEWEBEN LEBENDER SCHWEINE NACH DEM ULTRASCHALL-REFLEXIONSVERFAHREN

ERSTE MITTEILUNG: VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNG ÜBER DEN AUSSAGEWERT DER ERGEBNISSE DER RÜCKENFETTMESSUNG

Problemstellung

Im Rahmen eines langfristigen Forschungsprogrammes über zweckmäßige Methoden der Erzeugung marktgerechten Schlachtviehs führt das Institut für Tierernährung schwerpunktmäßig Untersuchungen an Schweinen durch mit dem Ziel, den Einfluß verschieden zusammengesetzter Futterrationen und unterschiedlicher Mästungstechnik auf die Güte des Schlachtkörpers zu ermitteln. Diese wird unter den gegenwärtigen Marktanforderungen in erster Linie durch ein günstiges Verhältnis von Fleisch zu Fett bestimmt. Da die Stärke des Rückenspeckes einen brauchbaren Maßstab für den Verfettungsgrad der Schlachthälfte darstellt, spielt sie für die Beurteilung der Auswirkung einer bestimmten Futterration oder Mastmethode auf das Fleisch-Fett-Verhältnis eine wichtige Rolle. Es genügt uns jedoch nicht, nur die Frage nach dem Einfluß des Versuchsfaktors zu klären, sondern es dürfte ebenso wichtig sein, festzustellen, zu welchem Zeitpunkt oder bei welchem Gewicht der Versuchstiere dieser Einfluß in verstärktem Maße einsetzte. Voraussetzung dazu ist jedoch die Möglichkeit, bereits am lebenden Schwein im Laufe der Entwicklung zu beliebigem Zeitpunkt die Stärke des Rückenspeckes mit hinreichender Genauigkeit zu ermitteln.

Die in den USA entwickelten und auch in Deutschland erprobten Verfahren zur Speckdickenmessung am lebenden Schwein (Ruler, Leanmeter) scheiden für unsere Untersuchungen aus, da nicht zu übersehen ist, welche Auswirkungen das mehrmalige Durchstoßen der Haut und des Rückenfettgewebes im Verlauf der Mast auf die Entwicklung der Schweine mit sich bringt. Unsere Aufmerksamkeit wurde deshalb auf ein Verfahren gelenkt, das angewendet werden kann, ohne daß eine Verletzung

des Tieres oder ein störender Einfluß auf den Masterfolg hervorgerufen wird. Es handelt sich um das Ultraschall-Reflexionsverfahren (Impuls-Echo-Verfahren), das in der Industrie eine vielseitige Verwendung zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung gefunden hat (3).

Die bisher umfangreichsten Untersuchungen über die Messungen der Stärke des Rückenfettgewebes am lebenden Schwein haben in Deutschland LAURRECHT und Mitarbeiter durchgeführt (4). Aus den mitgeteilten mittleren Messungsergebnissen zogen die Autoren den Schluß, daß es möglich sei, mit dem Impuls-Echo-Verfahren die Speckdicke am lebenden Schwein zu messen, und daß die Genauigkeit der Schallmessung für züchterische und wirtschaftliche Zwecke ausreichend sei. Zu ähnlichen Schlußfolgerungen kamen KLIESCH und Mitarbeiter (2) auf Grund ihrer Untersuchungen an einem kleineren Tiermaterial. Nach eingehender Information im Max-Planck-Institut für Tierzucht und Tierernährung in Mariensee über die Anwendung des Verfahrens nahmen wir eigene Untersuchungen mit dem Impuls-Schallgerät USIP 9 auf (Bild 1).

Unsere bisherigen Untersuchungen waren in erster Linie auf die Klärung der Frage gerichtet, ob das Ergebnis der Tiefenmessung des Rückenfettgewebes am lebenden Schwein als eine zuverlässige Schätzung der „wahren“ Rückenspeckdicke, wie sie sich an der hängenden Schlachthälfte als Merkmal für das Fleisch-Fett-Verhältnis präsentiert und metrisch erfassen läßt, angesehen werden kann. Dabei kam es uns weniger darauf an, lediglich die durchschnittlichen Ergebnisse vergleichend zu betrachten, als die Einzelwerte in stärkerem Maße für die Beantwortung der gestellten Frage heranzuziehen. Dies war um so mehr erforderlich, als unsere speziellen Untersuchungen über die Beeinflussung der Schlachtkörpergüte durch Fütterung aus technischen Gründen an verhältnismäßig kleinem Tiermaterial durchgeführt werden müssen und daher dem Einzelergebnis eine stärkere Bedeutung beizumessen ist als bei Verwendung einer großen Versuchstierzahl, bei der in erster Linie das durchschnittliche Ergebnis für die Beurteilung der Wirkung eines Versuchsfaktors herangezogen wird.

Methodik

Die Untersuchungen wurden an 36 Tieren des Veredelten Landschweines durchgeführt. Die Tiere stammten aus einem Einzelmastversuch und wurden in der Zeit vom 21. September bis 23. November 1959 mit einem mittleren Lebendgewicht von 111 kg im Schlachthaus des Instituts geschlachtet.



Bild 1: Das Impuls-Schall-Gerät bei der Eichung.



Bild 2: Die Meßstellen waren dauerhaft gekennzeichnet.



Bild 3: Als Koppelmedium wurde Motorenöl benutzt.



Bild 4: Beim Messen der Tiefe des Rückenfettgewebes.

Die Messungen wurden an drei Stellen auf der Mittellinie der Rücken- und Lendenregion vorgenommen (Bild 2). Die Meßstellen waren durch kreisförmige Tätowierung, die bei einem Gewicht der Tiere von 40 bis 50 kg erfolgte, dauerhaft gekennzeichnet. Die erste Meßstelle (MS 1) lag etwa über dem 6. bis 7. Brustwirbel, die dritte (MS 3) etwa über dem 4. bis 5. Lendenwirbel, während sich die zweite Meßstelle (MS 2) etwa in der Mitte zwischen der ersten und dritten befand. Die Tiefe des Rückenfettgewebes wurde gemessen:

- a) am lebenden, stehenden Schwein kurz vor der Schlachtung,
- b) am geschlachteten, hängenden Schwein nach dem Brühen und Enthaaren,
- c) an der hängenden linken Schlachthälfte unmittelbar nach dem Trennen des Schlachtkörpers.

Die Vergleichsmessung erfolgte mit einem Stahlmeßband nach der üblichen Methode der Dickenmessung des Rückenspecks an der hängenden linken Schlachthälfte (Bilder 5 und 6).

Um die Lebendmessung am ruhig stehenden Tier vornehmen zu können, wurden die Schweine in einen Kasten gebracht. Auf der Mittellinie des Rückens und der Lende wurden die Borsten mit einer Elektro-Schermaschine entfernt. Als Koppelmedium wurde Motorenöl benutzt (Bild 3). Vor jeder Messung wurde eine Eichung mit dem Speckdicken-Eichnormal vorgenommen. Um die Meßfehlervariation so gering wie möglich zu halten, erfolgte das Aufsetzen des 2-MHz-Prüfkopfes stets in der gleichen Weise durch ein und dieselbe Person (Bild 4). Das Ablesen der Meßwerte auf dem Leuchtschirm des Impuls-Schall-Gerätes

sowie das Messen der Rückenspeckdicke mit dem Stahlmeßband erfolgte ebenfalls immer durch dieselbe Person. Die Trennung der Schlachtkörper nahm stets derselbe Fleischer vor.

Ergebnisse und Diskussion

Wenn der Ultraschallmeßwert der Tiefe des Rückenfettgewebes eine zuverlässige Schätzung der „wahren“ Rückenspeckdicke darstellen soll, dürfen zwischen den mit den beiden Meßverfahren (Ultraschall und Stahlmeßband) erzielten Ergebnissen sowohl im Mittel als auch im Einzelfall nur geringe Unterschiede bestehen. Theoretisch müßten beide Meßverfahren Werte liefern, deren Differenz bei jedem Tier Null beträgt. Durch den unvermeidlichen Meßfehler tritt dieser Fall praktisch nicht ein. Die Einzeldifferenzen werden also im allgemeinen Unterschiede von dem theoretischen Wert „Null“ aufweisen. Je kleiner der Meßfehler ist, desto geringer werden die Abweichungen sein.



Bild 5: Messung mit Ultraschall an der hängenden Schlachthälfte.



Bild 6: Messung mit Stahlmeßband.

Übersicht 1

Mittlere Differenzen zwischen den Ergebnissen verschiedener Messungen und statistische Kennziffern

Nr.	Vergleich der Messungsergebnisse		Meßstelle (MS)	1. mittlere Differenz in mm (\bar{d}) (b minus a)	2. s	3. V. K. %	4. Zufallsbereich der Einzeldifferenzen (P = 5 %)	5. Vertrauensbereich der mittleren Differenz (P = 5 %)
	(a)	und (b)						
I	Rückenfettiefe am lebenden Schwein (Ultraschall)	Rückenfettiefe	1	+ 3,5	± 3,11	89	— 2,8 bis + 9,8	+ 2,5 bis + 4,5
		am hängenden Schwein nach	2	+ 7,7	± 4,45	58	— 1,3 bis +16,7	+ 6,2 bis + 9,2
		Enthaaren (Ultraschall)	3	+11,2	± 4,86	43	+ 1,3 bis +21,1	+ 9,6 bis +12,8
II	Rückenfettiefe am lebenden Schwein (Ultraschall)	Rückenfettiefe	1	+ 0,6	± 3,50	583	— 6,5 bis + 7,7	— 0,6 bis + 1,8
		an der hängenden	2	5,8	± 3,29	57	— 0,9 bis +12,5	+ 4,7 bis + 6,9
		Schlachthälfte (Ultraschall)	3	+ 8,7	± 3,53	41	+ 1,5 bis +15,9	+ 7,5 bis + 9,9
III	Rückenfettiefe am lebenden Schwein (Ultraschall)	Rückenspeckdicke	1	— 0,8	± 3,55	444	— 8,0 bis + 6,4	— 2,0 bis + 0,4
		an der hängenden	2	+ 4,8	± 2,57	62	— 1,2 bis +10,8	+ 3,8 bis + 5,8
		Schlachthälfte (Stahlmeßband)	3	+ 9,0	— 4,36	48	+ 0,2 bis +17,8	+ 7,5 bis +10,5
IV	Rückenfettiefe am hängenden Schwein nach Enthaaren (Ultraschall)	Rückenfettiefe	1	— 2,5	± 4,07	163	—10,8 bis + 5,8	— 1,1 bis — 3,9
		an der hängenden	2	— 1,9	± 3,19	168	— 8,4 bis + 4,6	— 0,8 bis — 3,0
		Schlachthälfte (Ultraschall)	3	— 2,0	± 4,54	227	—11,2 bis + 7,2	— 0,5 bis — 3,5
V	Rückenfettiefe am hängenden Schwein nach Enthaaren (Ultraschall)	Rückenspeckdicke	1	— 3,8	± 4,10	108	—12,1 bis + 4,5	— 2,4 bis — 5,2
		an der hängenden	2	— 3,2	± 3,38	106	—10,1 bis + 3,7	— 2,1 bis — 4,3
		Schlachthälfte (Stahlmeßband)	3	— 2,1	± 5,12	244	—12,5 bis + 8,3	— 0,4 bis — 3,8
VI	Rückenfettiefe an der hängenden Schlachthälfte (Ultraschall)	Rückenspeckdicke	1	— 1,3	± 2,12	163	— 5,6 bis + 3,0	— 0,6 bis — 2,0
		an der hängenden	2	— 1,0	± 2,48	248	— 6,0 bis + 4,0	— 0,2 bis — 1,8
		Schlachthälfte (Stahlmeßband)	3	+ 0,6	± 4,03	672	— 7,6 bis + 8,8	— 0,8 bis + 2,0

Wenn die Unterschiede lediglich durch den Meßfehler bedingt sind, darf das Mittel aller Differenzen nicht signifikant von Null verschieden sein. Legt man für die Betrachtung der in vorliegender Untersuchung erzielten Ergebnisse die Annahme zugrunde, daß die Differenzen der jeweils verglichenen Meßwerte eine zufallgesteuerte Stichprobe aus einer normalverteilten Grundgesamtheit darstellen, so können die mittleren Differenzen mit Hilfe variationsstatistischer Verfahren getestet werden. Für die Beurteilung dieser Werte wurde der t-Test nach der Differenzmethode herangezogen (5).

In Übersicht 1 sind die mittleren Differenzen verschiedener Vergleiche und weitere zur Kennzeichnung der Stichproben berechnete statistische Kennziffern aufgeführt. Wie die Übersicht zeigt, sind die mittleren Differenzen an allen drei Meßstellen am geringsten bei Vergleich VI. Zwischen den Ergebnissen der Messung der Rückenfettiefe mit Ultraschall und der Messung der Rückenspeckdicke mit Stahlmeßband an der hängenden Schlachthälfte besteht demnach im Durchschnitt bei allen drei Meßstellen nur eine geringe Differenz von rund 1 mm. Daraus könnte der Schluß gezogen werden, daß das Ergebnis der Ultraschallmessung eine gute Übereinstimmung mit dem Meßwert der „wahren“

Rückenspeckdicke zeigt und die Brauchbarkeit des Impuls-Echo-Verfahrens erwiesen ist. Eine solche Folgerung darf jedoch — strenggenommen — erst dann gezogen werden, wenn der Signifikanztest ergeben hat, daß die mittleren Differenzen die Zufalls Grenzen um Null nicht überschreiten. Im vorliegenden Fall ist sowohl die mittlere Differenz von $-1,3$ mm (MS 1) als auch die von $-1,0$ mm (MS 2) signifikant ($P < 0,1$ % bzw. $< 2,5$ %). Die Differenz von $+0,6$ mm ist dagegen nicht zuverlässig von Null verschieden ($P = 37,3$ %). Die beiden ersten Differenzen können also nicht nur auf zufällige Ursachen (Meßfehler) zurückgeführt werden, sondern es müssen auch systematische Einflüsse vorhanden gewesen sein. Betrachtet man die Standardabweichungen (Spalte 2), so wird deutlich, daß diese Werte verhältnismäßig hoch liegen. Besser kommt diese Höhe durch die Variationskoeffizienten (V. K.) (Spalte 3) zum Ausdruck, die die Standardabweichungen in Prozent der jeweiligen Mittelwerte angeben. Demnach weisen die Einzeldifferenzen eine sehr große Variation auf. Wie aus Spalte 4 der Übersicht zu entnehmen ist, sind die Differenzen sowohl positiv als auch negativ. Daraus erklären sich die relativ günstigen Mittelwerte. Es muß daher als problematisch angesehen werden, für die Beurteilung der Brauch-

barkeit des Impuls-Echo-Verfahrens nur die mittleren Differenzen zu verwenden. Besonders wird dies deutlich bei dem Wert für die Meßstelle 3. Im Mittel zeigen zwar die Meßergebnisse eine gute Übereinstimmung, doch zeigt die sehr große Streuung der Einzeldifferenzen um den Mittelwert (Variationskoeffizient von 672 %) eindringlich, daß die mittlere Differenz von + 0,6 mm keineswegs als aussagekräftiger Wert, sondern mehr oder weniger als eine rechnerische Abstraktion anzusehen ist. Der große Vertrauensbereich der mittleren Differenz, der sich von - 0,8 mm bis + 2,0 mm erstreckt (Spalte 5), läßt dies ebenfalls gut erkennen.

Da das Impuls-Echo-Verfahren beim lebenden Schwein einen möglichst genauen Schätzwert für die „wahre“ Rückenspeckdicke liefern soll, sei jetzt der Vergleich dieser Messungen einer näheren Betrachtung unterzogen. Es fällt auf, daß im Mittel an den Meßstellen 2 und 3 relativ große Unterschiede zwischen den beiden Meßergebnissen bestehen, während die Differenz an Meßstelle 1 nur gering ist. Die Werte + 4,8 und + 9,0 mm sind hochsignifikant von Null verschieden ($P < 0,1\%$). Die Grenzzahlen für die Zufallsbereiche ($P = 5\%$) lassen erkennen, daß die Abweichungen im überwiegenden Maße positiv sind. Daraus ist zu folgern, daß im allgemeinen das Ergebnis der Messung der Rückenfett-Tiefe an den erwähnten zwei Meßstellen am lebenden Schwein deutlich niedriger liegt als der Wert für die „wahre“ Rückenspeckdicke. Diese Tatsache muß bei den Messungen am lebenden Tier berücksichtigt werden.

Es erhebt sich nunmehr die Frage, worauf diese unterschiedlichen Messungsergebnisse zurückzuführen sind. Wesentlichen Einfluß dürften eine durch die Tötung eingetretene Änderung des Spannungszustandes und eine durch das Aufhängen des Tieres bewirkte Verschiebung des Rückenfettgewebes haben. Damit dürften aber noch nicht alle systematischen Ursachen für die Variation der Einzeldifferenzen erfaßt sein. Es soll noch besonders erwähnt werden, daß der mittleren Differenz von - 0,8 mm bei Meßstelle 1 kaum eine reale Bedeutung zugesprochen werden kann, wie die Höhe des Variationskoeffizienten und die Größe des Zufalls- und Vertrauensbereiches zeigen. Daß eine Änderung des Spannungszustandes und eine Verschiebung des Rückenfettgewebes angenommen werden können, ist deutlich aus Vergleich I und II ersichtlich. Am gebrühten und enthaarten hängenden Schwein werden an allen drei Meßstellen hochsignifikant ($P < 0,1\%$) höhere Werte gemessen. Gegenüber Vergleich I zeigt Vergleich II, daß sich im Mittel die Differenzen nach dem Trennen der Schlachtkörper verringern, was auch bei Vergleich IV und V zum Ausdruck kommt. Betrachtet man die mittleren Differenzen und die dazugehörigen statistischen Kennziffern bei den einzelnen Vergleichen, so muß man zwangsläufig zu dem Schluß kommen, daß die mehr oder weniger sehr

große Variation der Einzelwerte nicht nur auf die Änderung des Spannungszustandes, die Verschiebung des Gewebes und den Meßfehler zurückgeführt werden kann. Da die beiden erstgenannten Ursachen bei Vergleich VI ausgeschaltet sind, aber trotzdem eine erhebliche Variation auftritt, die nicht nur aus der Fehlervariation erklärbar ist, muß eine weitere wesentliche Ursache angenommen werden. Diese kann nur darin bestehen, daß die Schallgeschwindigkeit im Rückenfettgewebe keinen konstanten Wert hat.

Es muß als wahrscheinlich angesehen werden, daß die Schallgeschwindigkeit sowohl zwischen den Tieren als auch innerhalb der Tiere erheblich variiert. Auf diese Möglichkeit weist auch CLAUS (1) hin. Die wesentlichen Ursachen für die Unterschiede in der Schallgeschwindigkeit dürften Struktur, chemische Zusammensetzung und Temperatur des Rückenfettgewebes sein. Da die Schallgeschwindigkeit im Rückenfettgewebe des lebenden Schweines ohne Kenntnis der Gewebtiefe nicht ermittelt werden kann, dürfte der Ultraschallmeßwert eines Einzeltieres nur eine sehr grobe Schätzung der „wahren“ Rückenspeckdicke sein. Der Aussagewert des Meßergebnisses muß für unsere speziellen Zwecke als zu niedrig angesehen werden, um bindende Schlüsse über die Auswirkung einer bestimmten Futterration oder Mästungstechnik auf die Schlachtkörpergüte von Schweinen ziehen zu können.

Ob der Aussagewert der Ultraschallmessung für andere Entscheidungen, etwa in der Züchtung oder bei der Qualitätseinstufung auf Schlachthöfen, hoch genug ist, kann im Rahmen dieses Beitrages nicht diskutiert werden. Es ist geplant, die Untersuchungen fortzusetzen, um an einem größeren Material die bisherigen Ergebnisse zu überprüfen.

Schrifttumsnachweis

1. CLAUS, A.: Die Messung natürlicher Grenzflächen im Schweinekörper mit Ultraschall. — *Fleischwirtsch.* 9 (1957) S. 552—553.
2. KLIESCH, J., U. NEUHAUS, E. SILBER u. H. KOSTZEWSKE: Versuche zur Messung der Speckdicke am lebenden Tier mit Hilfe des Ultraschalls. — *Z. Tierzüchtung u. Züchtungsbiologie* 70 (1957) S. 29—32.
3. KRAUTKRÄMER, J. u. H.: Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung mit Ultraschall. — Köln: 1957/58.
4. LAUPRECHT, E., J. SCHEPER u. J. SCHRÖDER: Messungen der Speckdicke lebender Schweine nach dem Echolotverfahren. — *Mitt. DLG* 72 (1957) S. 881—882.
5. MUDRA, A.: Statistische Methoden für landwirtschaftliche Versuche. — Berlin u. Hamburg: Paul Parey 1958.