

Nutztiere

Haltungssysteme und Fleischqualität von Mastschweinen

Hans U. Bärlocher¹, Caspar Wenk² und Martin R. L. Scheeder³

¹1005 Lausanne

²Institut für Nutztierwissenschaften, ETH Zürich, 8092 Zürich

³SUISAG, 6024 Sempach und SHL, 3052 Zollikofen

Auskünfte: Hans U. Bärlocher, E-Mail: h.baerlocher@gmx.ch, Tel. +41 21 311 61 67

Zusammenfassung

In einer Feldstudie wurde der Einfluss von Haltungssystemen auf den pH-Wert des *Musculus long. dorsi* beim Mastschwein untersucht. Verglichen wurden alternative (ALT) entsprechend den BTS- (besonders tierfreundliche Stallhaltung) und RAUS (regelmässiger Auslauf um Freien) Richtlinien mit konventionellen (KON) Haltungssystemen. Der pH wurde bei 35 Minuten, zwei und 24 Stunden post mortem gemessen. Generell waren die Unterschiede der Mittelwerte von Schweinen (verglichen wurden Betriebsgruppen mit gleichem Fütterungssystem, gleicher Saison und gleichem Schlachthof) numerisch klein und zumeist nicht-signifikant. ALT-Schweine wiesen beim pH-35 Min. und pH-2 h p. m. bei einer Mehrheit der acht Haltungsvergleiche einen numerisch leicht höheren pH auf; bei einem Vergleich lagen sie leicht tiefer und zwei Vergleiche waren indifferent. Die Vorteile alternativer Haltungssysteme mit Aussenklimabereich bezüglich Adaptation an neue Umgebungen (bessere Stresstabilität) könnten erklärend sein. Beim pH-24 h waren keine signifikanten Unterschiede aufgetreten. Die Frequenz von PSE-Fleisch (pale, soft, exudative) war über alle Unterklassen gesehen sehr gering (<1 %). Sie lag jedoch höher, wenn Vatertiere mit einem Piétrainanteil (hier die Rasse Duca) eingesetzt wurden. DFD-Fleisch (dark, firm, dry) kam kaum vor. Insgesamt war der Effekt der Haltungssysteme gering und nicht qualitätsrelevant. Aus dieser Studie lässt sich schliessen, dass den zur Verbesserung des Tierwohls eingeführten Haltungssystemen (ALT), aufgrund des Kriteriums pH (wie schon bei der Fettzahl) kein negativer Einfluss der Fleischqualität gegenüber steht.

Dieser Artikel befasst sich mit dem Aspekt Fleischqualität anhand des pH-Werts im *Musculus longissimus dorsi* (M.l.d.) von Schweinen in konventionellen (KON) und alternativen (ALT) Haltungssystemen. Im Zeitraum von 1999 bis 2003 entschieden sich rund 40 % der Betriebe (mit einem Anteil von zirka 54 % der Mastschweine) für ein alternatives Haltungssystem. Sie müssen den Richtlinien der BTS- und RAUS-Verordnungen aus dem Jahr 1999 genügen, deren Ziel die artgerechtere Haltung von Nutztieren im ökonomischen Umfeld ist. Seit 2003 stagniert die Verbreitung, da eine Marktsättigung von Qualitätsfleisch aus tierfreundlichen Haltungssystemen, grösstenteils unter den Marken M7 (der Mig-

ros) und Coop Naturaplan (von Coop) verkauft, erreicht wurde (Elmiger 2005). Wesentliche Charakteristika alternativer Haltungssysteme sind ein stetig zugänglicher Aussenbereich, sowie eine funktional angepasste Bucht (im Innenbereich z. B. ein unperforierter und eingestreuter Liegebereich). Weiter muss die minimale Fläche pro Tier inklusiv Auslauf je nach Stalltyp von rund 1,0 m² (Vormast) bis 1,6 m² (Ausmast) etwa doppelt so gross sein wie in konventionellen Stallbauten.

Abwechslungsreich gestaltete Haltungssysteme und artgerechtere Haltung werden mit einer erhöhten Stresstabilität der Schweine und somit einer besseren Konditionierung während

der Mast in Verbindung gebracht. Dies könnte sich auch auf den pH-Verlauf von Muskelfleisch post mortem und damit auf die Fleischqualität auswirken. Versuche mit Vorrichtungen, die die Bedingungen eines alternativen Haltungssystems simulieren sollten, z. B. mit Schweinen, die ein tägliches Lauftraining absolvierten, brachten aber uneinheitliche Ergebnisse zur Fleischqualität.

Die Ergebnisse dieses Artikels zum Thema pH des *Musculus longissimus dorsi* ergänzen die in einem vorhergehenden Artikel veröffentlichten Resultate zum Thema Fettzahl vom Auflagefett (Bärlocher H. U., Wenk C. und Scheeder M. L. R., 2007. Ist die Fettzahl beim Schwein abhängig vom Haltungssystem? *AgrarForschung* 14(10): 466-471).

Die pH-Messung und Grenzwerte für Fleischfehler

Der pH-Wert ist ein grundlegendes Kriterium für verschiedene Qualitätsaspekte wie zum Beispiel für den Tropfsaftverlust von Fleisch. Er ist gleichzeitig ein Indikator für Stress und den Energievorrat in den Muskelzellen vor dem Schlachten. Der pH-Wert wurde zu drei Zeitpunkten post mortem (p. m.) gemessen, nach 35 Minuten sowie nach zwei und 24 Stunden. Der Zeitpunkt nach 35 anstelle der gebräuchlicheren 45 Minuten ergab sich aus arbeitstechnischen Gründen am Schlachthof. Der Messpunkt bei zwei Stunden ist eine noch recht selten erhobene Grösse. Die Überlegung dabei war, zu-

sammen mit dem ersten Messpunkt die dynamische Phase im warmen Schlachtkörper besser zu beschreiben. Der Messpunkt nach 24 Stunden zeigt den End-pH. Ausgehend von einem pH-Wert von sieben im lebenden Muskel fällt dieser, bei idealem Verlauf, nach einer Stunde auf zirka 6,2 und erreicht nach ungefähr sechs Stunden den Endwert von 5,5 bis 5,4 (Honikel, 1998). Durch einen zu schnellen pH-Abfall (z.B. auf unter 5,80 nach 45 Minuten, Honikel & Kim 1985) entsteht der Fleischbeschafftheitsfehler PSE (pale, soft, exudative – blass, weich und wasserlässig); das Fleisch wird blass, wabbelig und wasserlässig. Zur Erfassung der PSE-Häufigkeit bei 35 Minuten p. m. (anstelle von 45 Minuten) wurde die Grenze um 0,04 pH-Einheiten erhöht (Honikel, 2004; Bärlocher, 2006, Seite 29).

Mit dem End-pH können zwei andere von der Norm abweichende, unerwünschte Zustände erfasst werden, erstens DFD-Fleisch (dark, firm, dry – dunkel, fest und trocken) und zweitens acid meat, das heisst Fleisch mit einem besonders tiefen End-pH. DFD-Fleisch weist, bedingt durch erschöpfte Energiereserven zum Zeitpunkt der Schlachtung, einen zu hohen End-pH von über 6,1 auf (Honikel & Schwägele, 1998). Beide Phänomene, PSE und DFD werden durch genetische Disposition begünstigt, die in der Schweiz durch konsequente Züchtungsarbeit annähernd ausgemerzt wurden (Schwörer *et al.* 1999). Acid meat ist ebenso genetischer Ursache und vorwiegend bei der Rasse Hampshire anzutreffen. Typisch für acid meat ist ein sehr tiefer End-pH ohne jedoch PSE-Symptome anzuzeigen (Monin und Sellier 1985); dieses Phänomen spielt in der Schweiz aufgrund der geringen Verbreitung von Hampshire-Schweinen kaum eine Rolle.

Praxisdaten für die statistischen Analysen

Insgesamt flossen 4'731 (pH-35 Min.), 4'682 (pH-2 h) und 3'925 (pH-24 h) Einzelmessungen in die Modellberechnungen ein. Der Haltungseffekt, wurde in zwei Saisons (Sommer 2000 und Winter 2000/2001), zwei Fütterungssystemen (Milch- und Alleinfutter) und zwei Schlachthöfen (Schlachthof 1 und 2) untersucht und unter Berücksichtigung dieser drei Faktoren, d.h. korrigiert um deren Einflüsse, analysiert. Aus der statistischen Verknüpfung aller vier Effekte entstanden acht Haltungsvergleiche, bestehend aus jeweils einer KON- und einer ALT-Unterkategorie (in einer Unterkategorie sind diejenigen Betriebe vereinigt, die das gleiche Fütterungs- und Haltungssystem aufwiesen und in der selben Saison an den selben Schlachthof lieferten, siehe Tab. 2). Der Einfluss des Betriebs (n=86 beim pH-35 Min. und beim pH-2 h, n=83 beim pH-24 h) wurde als zufälliger Effekt zugrunde gelegt. Die Daten wurden in multiplen linearen Regressionen modelliert und ausgewertet, in denen weitere Einflussfaktoren wie zum Beispiel Nüchternungsdauer und Transport- und Wartezeit am Schlachthof als variable Effekte berücksichtigt wurden, da die pH-Wert und pH-Verlauf bestimmenden Energiereserven unter anderem wesentlich von der Zeitdifferenz zwischen der letzten Futteraufnahme bis zur Betäubung und dem Stress, dem die Tiere ausgesetzt sind, abhängen. Die Regressionsmodelle waren nach dem Schema $Y = \text{Mittelwert} + \text{Klasseneffekte} + \text{variable Effekte} + \text{Interaktionen} + \text{Restfehler}$ aufgebaut (wobei Y für die abhängigen Grössen pH-35 Min., pH-2 h und pH-24 h steht) und wurden in gemischten Modellen (mixed models) mit der Methode restricted maximum likelihood (REML) ausgewertet. Eine detaillierte Beschreibung befindet sich bei Bärlocher (2006).



Abb. 1. Von jedem Schlachtkörper wurden drei pH-Messungen gemacht.

Schlachthof-spezifische Unterschiede

Ein systembedingter Unterschied der Schlachthöfe mit Einfluss auf den Verlauf des pH war zu erwarten, da die Schlachthälften in einem der beiden Schlachthöfe während 1,3 Stunden schockgekühlt wurden, währenddem sie im anderen ohne Schockkühlung in die Kühlräume gelangten. Der Unterschied manifestierte sich in einer Differenz der Kerntemperatur im M. l. d. beim Messpunkt zwei Stunden p. m. von 2 °C (27° C gegenüber 25 °C), wie bei Probemessungen festgestellt wurde. Da bei relativ höheren Temperaturen die post mortalen physiologischen Vorgänge schneller ablaufen als bei tieferen, führt das zu einer schnelleren Bildung von Milchsäure und damit zu einem schnelleren Abfall des pH. Die Auswirkung der Schockkühlung zeigte sich denn auch beim pH-2 h: die Durchschnittswerte im Schlachthof 1

Abb. 2. Anzeige des pH bei zwei Stunden post mortem.



lagen bei 5,99 (n=2559) gegenüber 6,15 (n=2123) im Schlachthof 2 und damit um 0,15 pH-Einheiten tiefer.

Durchschnittliche pH-Werte und PSE-Häufigkeit

Die Häufigkeiten von PSE-Fleisch ist in Tabelle 1 nach zwei Grenzwerten angegeben, nämlich pH<5,80 (Honikel und Kim, 1985) und <5,90 (Barton-Gade *et al.* 1995), und mit *H* und *B* bezeichnet. Der pH-35 Min. lag bei ALT-Schweinen bei 6,44 und damit tendenziell (0,3 Einheiten) höher als für die KON-Schweine. Auch im End-pH lagen die ALT-Schweine mit 5,39 numerisch höher als die KON-Schweine mit 5,36. Die PSE-Häufigkeit lag mit 0,8 % (Grenzwerte nach Honikel und Kim, 1985) auf sehr tiefem

Niveau (ALT-Schweine 0,9 %, KON-Schweine 0,7 %).

Unter den Rassengruppen fällt jene mit Duca als Vaterlinie auf. Duca-Eber sind Kreuzungen von Piétrain x Duroc; somit wiesen die Duca-Nachkommen mindestens 25 % Piétrainblut auf. Das erklärt die relativ deutlich erhöhte PSE-Frequenz von 3,8 % (nach Kriterium Honikel und Kim 1985) oder von 6,8 % (nach Kriterium Barton-Gade *et al.* 1995). Die anderen Rassengruppen wiesen PSE-Frequenzen von 0 bis 1,1 % auf (nach Kriterium Honikel und Kim, 1985), was den Angaben von Schwörer *et al.* (1999) recht gut entspricht. Sie stellten in Feldtests eine Häufigkeit von halothanpositiven (d. h. genetisch stress-

empfindlichen) Schweinen von <0,5 % fest.

Der Fleischfehler DFD kam nach dem von Honikel und Schwägele (1998) vorgeschlagenen Grenzwert (pH-24 h über 6,10) nicht vor und auch nach der schärferen Definition von Barton-Gade *et al.* (1995), mit pH-24 h über 5,9 war nur in sechs Fällen DFD-Fleisch festzustellen.

Das Phänomen acid meat (zu tiefer End-pH) schliesslich, das insbesondere bei der Rasse Hampshire vorkommt und einem dominanten Erbgang unterliegt, trat bei den Hampshireschweinen in dieser Untersuchung nicht in Erscheinung. Interessanterweise war das Gegenteil der Fall, der pH-24 h entsprach zusammen mit anderen Rassengruppen dem höchsten Durchschnittswert von 5,40. Zudem war die Standardabweichung mit 0,08 pH-Einheiten die niedrigste, die Streuung also kleiner als bei allen anderen Rassengruppen. Die Hampshire-Schweine bildeten mit 144 Tieren aber auch die kleinste Rassengruppe dieser Untersuchung und stammten von nur drei Betrieben. Das unerwartete Ergebnis könnte eventuell auf die Kenntnis der Mäster um den Hampshirefaktor und ein gezieltes Nüchtern der Tiere zurückzuführen sein.

Geringe Unterschiede des Haltungseffekts

Ausgehend vom physiologischen pH-Wert im lebenden Muskel von zirka sieben fielen die Werte (als LS-Mittelwerte einer Unterklasse) bis 35 Minuten p. m. auf 6,50 bis 6,35 und bis zwei Stunden p. m. auf 6,19 bis 5,90, was unter Schweizer Verhältnissen mit einer stresssanierten Schweinepopulation als normal anzusehen ist.

Die Resultate der pH-Analysen sind in Tabelle 2 wiedergegeben. Betrachtet man zunächst die beiden früh-post mortalen pH-Werte, so fällt auf, dass insgesamt

Tab. 1. Anfangs- und End-pH nach Rassen und Haltungssystem und PSE-Häufigkeit

Rassengruppe		Anzahl Schlachtkörper		pH		SD ^a	PSE-Häufigkeit ^b			
		Schlachthof		Schlachthof			Anzahl		%	
		1	2	1	2		Grenzwerte nach:			
						<i>H</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	
1 ES (≥75%)	pH-35 Min.	955	920	6,46	6,44	0,21	10	19	0,5	1,0
	Rest LS	790	728	5,40	5,35	0,10				
2 ES*LS je 50 %	pH-35 Min.	236	266	6,36	6,48	0,22	3	8	0,6	3,0
	pH-24 h	226	247	5,38	5,38	0,09				
3 Duroc mind. 50 %	pH-35 Min.	88	182	6,40	6,47	0,22	3	5	1,1	2,7
	pH-24 h	62	134	5,39	5,38	0,09				
4 Duca ^c mind. 50 %	pH-35 Min.	306	32	6,31	6,35	0,26	13	23	3,8	6,8
	pH-24 h	214	22	5,39	5,28	0,09				
5 Hampshire mind. 50 %	pH-35 Min.	64	80	6,49	6,49	0,20	0	1	-	0,7
	pH-24 h	64	80	5,40	5,40	0,08				
6 Rest ^d	pH-35 Min.	943	659	6,42	6,40	0,21	9	31	0,6	1,9
	pH-24 h	786	597	5,40	5,37	0,09				

pH nach Haltungssystem	Anzahl (für pH-35')	pH-35 Min.	pH-24 h	PSE-Häufigkeit ^b			
KON	1767	6,41 ± 0,21	5,36 ± 0,10	12	28	0,7	1,6
ALT	2964	6,44 ± 0,22	5,39 ± 0,08	28	56	0,9	1,9
Total	4731	6,43 ± 0,22	5,38 ± 0,09	40	84	0,8	1,8

^aSD: Standardabweichung, gut 66 % der Werte liegen innerhalb der jeweiligen SD. Es ist die jeweils grössere SD angegeben.

^bPSE Grenzwerte: 5.80 (H für Honikel & Kim, 1985) und 5.90 (B für Barton-Gade *et al.*, 1995) bei 45 Min. p. m. Für den pH-35 Min. wurde eine Korrektur von +0,04 vorgenommen (Honikel, 2004), das heisst die effektiven Grenzen lagen bei 5,84 (H) und 5,94 (B). Zahlen beider Schlachthöfe zusammen.

^cDuca: Vaterlinie der Nachkommen ist Piétrain x Duroc.

^dkeine gesicherten Angaben vorhanden, zumeist einer der beiden Haupttrassengruppen 1 und 2 angehörend.

nur in einem Fall (Vergleich 6) ein signifikanter Unterschied aufgetreten war, der sich in beiden Messpunkten, sowohl nach 35 Minuten als auch nach zwei Stunden, manifestierte. Ein ähnliches Bild, jedoch ohne signifikant zu sein, zeigt der Vergleich 4. Gemeinsam ist diesen Vergleichen ein leicht höherer pH-Wert (=langsamerer Abfall) der ALT-Schweine, der sich numerisch noch bei zwei weiteren Unterklassen von Alt-Schweinen zeigt, allerdings mit einer hohen statistischen Unsicherheit (P-Werte von 0,175 bis 0,429).

Zwei tiereigene Eigenschaften begünstigen einen langsameren pH-Verlauf p. m.: erstens eine bessere Stressstabilität und somit eine geringere Tendenz zu PSE-Fleisch und zweitens ein erhöhter Anteil roter (oxidativer) Muskelzellen, die weniger Zellsaftverlust aufweisen als weisse Muskelzellen (Honikel 1986). Eine erhöhte Stressstabilität mit geringeren Stresssymptomen (weniger Angst, schnellere Adaptation an neue Umgebungen wie der Transport und der Warteraum am Schlachthof) wird Schweinen aus alternativen Haltungssystemen zugeschrieben (Beattie *et al.* 2000a; Terluow 2002). Ebenso kann ein erhöhter Anteil des roten, sauerstoffreichen Muskeleiweisses Myoglobin und daher eine etwas rottere Fleischfarbe aufgrund der grösseren Beanspruchung (mehr Bewegungstätigkeit) erwartet werden, da sich der Anteil an Myoglobin nach dem Bedarf des oxidativen Stoffwechsels richtet (Pottarst, 1986).

Versuche mit «stresskonditionierten» (z. B. mit «aktivitätssteigernden» Buchten, jedoch ohne Auslauf, und «aufmerksamkeitsfördernder» Fütterung) und «trainierten» Schweinen (z. B. mit einem täglichen «Training» auf Laufbändern) ergaben uneinheitliche Ergebnisse. Petersen *et al.*

(1997) stellten bei «trainierten» Schweinen beim bewegungsintensiveren *Musculus biceps femoris*, als es der M.I.d. ist, einen höheren früh-post mortalen pH fest. Andere Autoren konnten mit derartigen Versuchen keinen Unterschied messen (z. B. Beattie *et al.* 2000b) oder publizierten gegenteilige Ergebnisse (Enfält *et al.* 1993). Fiedler *et al.* (2005) stellten bei Schweinen aus einer «aktivitätssteigernden» Haltung (ohne Auslauf) einen erhöhten Anteil oxidativer Muskelzellen und einen geringeren Tropfsaftverlust fest, fanden jedoch beim pH-45 Min. keinen Unterschied. In einem ähnlichen Haltungsver-such von Lebret *et al.* (2003), in dem die Schweine in Südfrankreich während des Winters in einem Aussenklimabereich und einer Hütte (mit einer totalen Fläche von 1,15 m² pro Tier und

somit für die Ausmast um zwei Drittel kleiner als es die BTS- und RAUS-Verordnungen vorschreiben) gehalten wurden, wiesen diese beim pH-45 Min. mit 6,37 (n=60) numerisch, jedoch nicht signifikant, tiefere Werte gegenüber einem Wert von 6,42 (n=52) bei Schweinen ohne Auslauf auf. Sie sind damit mit der ALT-Unterkategorie des Vergleichs 7 dieser Studie vergleichbar. Da lag der früh-post mortale pH der ALT-Schweine gegenüber dem der KON-Schweine numerisch ebenfalls tiefer, währenddem nach zwei Stunden praktisch kein Unterschied mehr bestand. Weiter stellten diese Autoren bei den draussen gehaltenen Schweinen einen signifikant höheren Anteil an roten und einen leicht niedrigeren an weissen Muskelzellen gegenüber den drinnen gemästeten Schweinen fest. Die Ver-

Tab. 2. Ergebnisse aus Regressionsmodellen

		n ^a	pH-35 Min.		pH-2 h		pH-24 h		P		
			LS-Mittelwert	P	LS-Mittelwert	P	n	LS-Mittelwert			
Schlachthof 1	Sommer	<i>Molkefütterung</i>									
	1)	KON	306	6,42 ±0,03	0,661	6,01 ±0,04	0,835	232	5,44 ±0,03	0,147	
		ALT	261	6,40 ±0,03		6,02 ±0,04		261	5,39 ±0,03		
			<i>Alleinfütter</i>								
	2)	KON	112	6,37 ±0,04	0,573	5,97 ±0,05	0,921	89	5,35 ±0,04	0,541	
		ALT	779	6,39 ±0,02		5,98 ±0,03		681	5,38 ±0,02		
	Winter			<i>Molkefütterung</i>							
		3)	KON	138	6,47 ±0,04	0,434	6,01 ±0,05	0,463	136	5,39 ±0,02	0,620
ALT			340	6,44 ±0,03	5,96 ±0,04		276		5,40 ±0,01		
		<i>Alleinfütter</i>									
4)		KON	66	6,35 ±0,06	0,074	5,90 ±0,08	0,137	66	5,37 ±0,03	0,288	
		ALT	590	6,46 ±0,02		6,03 ±0,03		396	5,40 ±0,01		
Schlachthof 2	Sommer	<i>Molkefütterung</i>									
	5)	KON	348	6,42 ±0,03	0,175	6,14 ±0,03	0,217	324	5,29 ±0,03	0,104	
		ALT	162	6,48 ±0,03		6,19 ±0,03		157	5,37 ±0,04		
			<i>Alleinfütter</i>								
	6)	KON	182	6,37 ±0,03	0,020	6,07 ±0,03	0,023	164	5,41 ±0,03	0,358	
		ALT	305	6,46 ±0,03		6,15 ±0,02		287	5,36 ±0,03		
	Winter			<i>Molkefütterung</i>							
		7)	KON	482	6,46 ±0,03	0,375	6,13 ±0,03	0,612	268	5,39 ±0,03	0,875
ALT			253	6,41 ±0,04	6,11 ±0,04		250		5,39 ±0,03		
		<i>Alleinfütter</i>									
8)		KON	133	6,44 ±0,05	0,429	6,12 ±0,05	0,319	84	5,40 ±0,05	0,211	
		ALT	274	6,50 ±0,04		6,18 ±0,04		254	5,33 ±0,03		

KON=konventionelle, ALT=alternative Haltung.

^a gilt für pH-35' und pH-2 h mit geringfügigen Abweichungen beim pH-2 bei einigen Klassen.

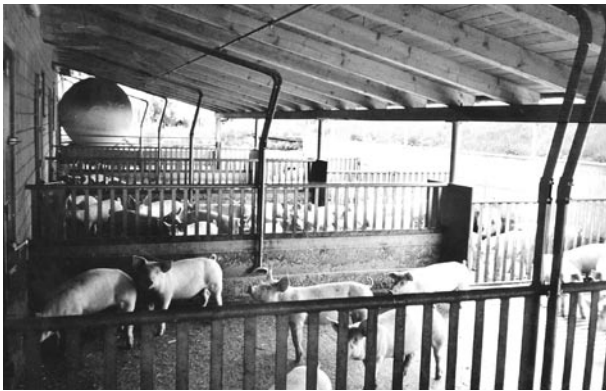


Abb. 3. BTS- und RAUS-konformer Maststall mit Molkefütterung im Auslauf.

gleiche 1 und 2 schliesslich waren in beiden Messpunkten nach 35 Minuten und zwei Stunden p. m. ausgeglichen.

Der End-pH nach 24 Stunden p. m. lag zwischen 5,29 und 5,44. Dies ist im Vergleich zu Literaturangaben um 0,1 bis 0,2 Einheiten tiefer. Da dies bei allen Unterklassen und über die ganze Messperiode von zwölf Monaten der Fall war, sind dafür mess-methodische Gründe anzunehmen, wie z. B. dass die Messung des pH-2 h und des pH-24 h in der selben Einstichstelle wie beim pH-35 Min. erfolgte, was sich auf einen um 0,1 bis 0,15 Einheiten tieferen End-pH ausgewirkt haben könnte (Hönikel 2004). Bei keinem der acht Haltungsvergleiche traten signifikante Unterschiede auf und sie waren auch numerisch klein ($\leq 0,08$ pH-Einheiten). Dies legt den Schluss nahe, dass Haltungseffekte in dieser Untersuchung keinen nennenswerten Einfluss auf das Niveau des pH nach 24 Stunden hatten. Er wurde vielmehr von den Effekten Nüchternungs-, Transport- und Wartezeit beeinflusst.

Einfluss der Effekte auf den pH-Verlauf

Von den in die Regressionsanalyse einbezogenen Effekten auf den Verlauf des pH war der Magerfleischanteil (MFA) für den pH-35 Min. der wichtigste Effekt (Varianzanteil von 24 %, $P=0,0001$), verlor aber mit fortschreitender Reifung des Flei-

sches an Bedeutung (Varianzanteile von 11 %, $P=0,008$, beim pH-2 h und 2,3 %, $P=0,0009$, beim pH-24 h p. m.). Die Korrelation zwischen pH und MFA war negativ, das heisst je höher der MFA desto tiefer der pH; im Beispiel des pH-35 Min. betrug der Steigungskoeffizient minus 0,0045, was einer Abnahme von 0,045 pH-Einheiten je 10 % MFA entspricht. Gerade umgekehrt verhielt es sich mit den Variablen Nüchternungs- und Wartezeit. Sie waren für den End-pH eine der Wichtigsten mit einem relativen Varianzanteil von 18 bis 20 % ($P<0,0001$), währenddem sie im früh-post mortalen pH nur 3 bis 8 % ($P>0,1$) der Modellvarianz erklärten. Die Variable Transportzeit hingegen war in allen drei Messpunkten eine der wichtigsten Grössen. Beim End-pH wies sie den relativ grössten Varianzanteil von 25 % ($P<0,0001$) auf und bei den beiden früh-post mortalen pH-Werten verzeichnete sie 13 bis 16 % ($P<0,01$). Die genetische Herkunft, das heisst der Effekt der Rassengruppe, erklärte 8 bis 13 % ($P<0,0001$) der Modellvarianz der beiden früh-post mortalen pH-Stadien, während der End-pH davon praktisch nicht beeinflusst wurde (0,2 %, $P>0,5$), was wiederum deutlich macht, dass sich der Hampshirefaktor in den einbezogenen Herkünften nicht auswirkte (Bärlocher 2006).

Generell kann man festhalten, dass tiereigene Eigenschaften wie die Effekte MFA und Rasseinfluss beim früh-post mortalen pH eine grössere Rolle spielten als beim End-pH (ausgenommen der Effekt Geschlecht, der mit 2,1 % der Varianz ($P<0,004$) nur beim End-pH eine gewisse Rolle spielte). Die vor der Schlachtung auf das Tier wirkenden Einflussgrössen (Nüchternungszeit, Transport- und Wartezeit) waren beim früh-post mortalen pH teilweise bedeutungsvoll, beeinflussten jedoch den End-pH massgeblicher.

Der Effekt des Haltungssystems war bei allen drei Messpunkten von vergleichsweise untergeordneter Bedeutung und zeigte innerhalb der acht KON- und ALT-Vergleichsgruppen keinen einheitlichen Trend.

Literatur

- Bärlocher H. U., 2006. Influence of alternative semi-outdoor housing systems in comparison with the conventional indoor housing on carcass composition and meat and fat quality of finishing pigs. *FAT-Schriftenreihe Nr. 71*, Tänikon.
- Barton-Gade P. A., Warriss P. D., Brown S. N., & Lambooi B., 1995. Methods of improving pig welfare and meat quality by reducing stress and discomfort before slaughter – Methods of assessing meat quality. *Proceeding of the EU-Seminar. New information on welfare and meat quality of pigs as related to handling, transport and lairage conditions*, 29-30 June. *Landbauforschung Völkenrode Sonderheft Nr. 166* (1996), ISSN 0376-0723.
- Beattie V. E., O'Connell N. E., Kilpatrick D. J., & Moss B. W., 2000a. Influence of environmental enrichment on welfare-related behavioural and physiological parameters in growing pigs. *Animal Science* **70**, 443-450.
- Beattie V. E., O'Connell N. E., & Moss B. W., 2000b. Influence of environmental enrichment on the behaviour, performance and meat quality of domestic pigs. *Livest. Prod. Science* **65**, 71-79.
- Elmiger B., 2005. Evaluation der Tierhaltungssysteme BTS und Raus. Bundesamt für Landwirtschaft.
- Enfält A. C., Lundström K., Hansson I., Karlsson A., Essen-Gustavsson B., & Hakansson J., 1993. Moderate indoor exercise: effect on production and carcass traits, muscle enzyme activities and meat quality in pigs. *Animal Production* **57**, 127-135.
- Fiedler I., Küchenmeister U., Ender K., Haider W., Ernst K., Puppe B. & Manteuffel G., 2005. Reaktion der Muskulatur auf eine stimulierende Haltung – Befunde am Kotelettmuskel (M.

longissimus) von Landrasse-Schweinen. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* **112**, Heft 10, 361-400.

■ Honikel K. O. & Kim C. J., 1985. Über die Ursachen der Entstehung von PSE-Schweinefleisch. *Fleischwirtschaft* **65** (9), 1125-1131.

■ Honikel K. O., 1986. Muskelstruktur und Fleischqualität. In: Chemisch-physikalische Merkmale der Fleischqualität. Kulmbacher Reihe, Band 6, 18-38.

■ Honikel K. O., 1998. Physikalische Messmethoden zur Erfassung der Fleischqualität. In: Qualität von Fleisch und Fleischwaren (Ed. K. Tröger). Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main, 696-722.

■ Honikel K. O. & Schwägele F., 1998. Biochemische Prozesse der Fleischbildung. In: Qualität von Fleisch und Fleischwaren, (Ed. K. Tröger). Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main, 593-615.

■ Honikel K. O., 2004. Persönliche Mitteilungen.

■ Lebret B., Couvreur S., Dourmad J.Y., Meunier-Salaün M.C., Mormède P. & Bonneau M., 2003. Influence of husbandry methods on animal welfare and meat quality traits in pigs. EAAP 54th Annual meeting of the European Association for Animal Production, Roma, Italy.

■ Monin G. & Sellier P., 1985. Pork of Low Technological Quality with a normal Rate of Muscle pH Fall in the Immediate Post-Mortem Period: The case of the Hampshire Breed. *Meat Science* **13**, 49-63.

■ Petersen J. S., Henckel P., Mariño N., Oksbjerg N. & Soerensen M. T., 1997. Muscle Metabolic Traits, Post Mortem-pH-Decline and Meat Quality in Pigs Subjected to Regular Physical Training and Spontaneous Activity. *Meat Science* **46**, 259-275.

■ Pottharst K., 1986. Fleischfarbe, Farbstabilität und Umrötung. In: Chemisch-physikalische Merkmale der Fleischqualität. Kulmbacher Reihe, Band 6, 89-110.

■ Schwörer D., Lorenz D. & Rebsamen A., 1999. Schweizer Weg für hochwertiges Schweinefleisch. Schriftenreihe Institut für Nutztierwissenschaften, ETH Zürich (Eds. F. Sutter and M. Kreuzer), Band 19, 61-75.

■ Terluow, E. M. C., 2002. Stress des animaux et qualités de leur viandes. Rôles du patrimoine génétique et de l'expérience antérieure. *INRA Production Animale* **15** (2), 125-133.

Die Studie wurde vom Bundesamt für Veterinärwesen in Auftrag gegeben und an der ETH Zürich und der Forschungsanstalt Agroscope ART in Tänikon in den Jahren 2000 bis 2005 durchgeführt. Die Datenerhebung stammt aus den Jahren 2000/2001.

RÉSUMÉ

Porcs à engrais: influence des systèmes de détention sur le pH du muscle long dorsal

Une étude de terrain a permis de comparer l'influence des systèmes de détention ALT (alternatif), conformes aux directives SST (systèmes de stabulation particulièrement respectueux des animaux) et SRPA (sorties régulières en plein air d'animaux de rente) avec celui des systèmes KON (conventionnels) sur le critère pH du M.l.d. des porcs à engrais. Le pH a été relevé aux stades de 35 minutes, 2 et 24 heures post mortem. La comparaison a porté sur des groupes d'exploitations qui employaient le même système d'affouragement, sur la même saison et sur le même abattoir. Les différences entre les moyennes étaient généralement faibles et n'étaient pas statistiquement significatives pour la plupart. Le pH des porcs ALT relevé au stade de 35 minutes et 2 heures était légèrement plus élevé dans la majorité des huit comparaisons. Dans un cas, leur pH était légèrement plus bas. Deux comparaisons ont donné des résultats indifférents. Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que les porcs ALT qui disposaient d'une aire de climat extérieure s'adaptaient mieux aux nouveaux environnements (meilleure résistance au stress). Les pH relevés au stade de 24 heures n'ont pas permis de constater des différences statistiquement significatives. La fréquence de la viande PSE (pale, soft, exudative) était très faible chez toutes les races (<1 %) sauf chez la race Duca avec 25 % du sang Piétrain, où elle montait à 3,8 %. La viande DFD (dark, firm, dry) était quasiment absente. Dans l'ensemble, l'effet des systèmes de détention était limité et ne jouait aucun rôle en ce qui concerne la qualité de la viande. Ces résultats permettent de conclure que les systèmes de détention ALT, introduits pour améliorer le bien-être des animaux, n'ont pas d'effet négatif sur la qualité de la viande, cela qui a déjà été constaté et publiés précédemment chez le critère indice de graisse.

SUMMARY

Fattening pigs: influence of housing systems on the pH-value of the musculus long. dorsi (M.l.d)

In a survey, the effect of alternative (ALT) compared to conventional (KON) housing systems on the post mortem pH of the M.l.d. of fattening pigs was investigated. ALT housing systems corresponded to the Swiss BTS (animal friendly stables) and RAUS (regular access to outdoor areas) regulations providing for e.g. larger and enriched pens with a straw bed as well as limited outdoor access. The pH was taken at 35 minutes, 2 and 24 hours post mortem. In general, the differences in mean scores for the pigs, which were classified into farm groups with the same feeding system, same season and same slaughterhouse, were few and mostly non-significant. A majority of ALT pig groups within a total of eight comparisons exhibited a numerically slightly higher pH at 35 minutes and 2 hours, whilst two comparisons were neutral and one ALT group exhibited a lower early-post mortem pH value. This could be explained by better adaptation (i.e. fewer stress symptoms) of ALT pigs to novel situations such as transport and lairage at the slaughterhouse. The pH at 24 hours did not show any significant differences. The frequency of PSE (pale, soft, exudative) meat was in general very low (<1 %), but was higher (3,8 %) when the sire line was a Piétrain breed. The rate of DFD (dark, firm, dry) meat was vanishing small. The impact of housing systems was generally low, and the results of this study suggest that ALT housing systems introduced in order to improve animal welfare in pig husbandry do not exert a negative impact on meat quality (as also shown previously for the criteria adipose tissue).

Key words: fattening pig, housing system, meat quality