



Beurteilung der Fleischqualität am lebenden Schwein

Andreas KALT, Adrian KAUFMANN, Pius AFFENTRANGER, Andreas HOFER und Niklaus KÜNZI, Institut für Nutztierwissenschaften, Gruppe Tierzucht, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich
Daniel SCHWÖRER, Mast- und Schlachtleistungsprüfungsanstalt (MLP), Allmend, CH-6204 Sempach

In einem Mastversuch mit Edelschweinen wurde geprüft, ob eine Schätzung der Fleischqualität am lebenden Tier möglich sei. Dazu wurden Ultraschallbilder des grossen Rückenmuskels auf der Höhe der letzten Rippe mit einem Bildverarbeitungsprogramm digitalisiert und ausgewertet. Die Korrelationen zwischen Ultraschallbildstrukturen und Fleischqualitätsmerkmalen waren nicht oder nur schwach signifikant verschieden von null, so dass eine Schätzung der Fleischqualität am lebenden Schwein nicht möglich war.

In der Schweinezucht sind mit Hilfe der Ultraschalltechnik grosse Fortschritte bezüglich Fleischansatzvermögen erzielt worden. Noch heute wird mit relativ einfachen Ultraschallecholotmessungen in der Eigenleistungsprüfung im wesentlichen die Rückenspeckdicke reduziert. Die Ultraschallgeräte wurden vor allem für die Humanmedizin zu sogenannten Ultraschallscannern weiterentwickelt, die an den Querschnittbildern neben Distanzmessungen auch Flächenmessungen erlauben (Affentranger *et al.* 1992). Nach Angaben der Gerätehersteller sollen die Bilder auch Informationen zu den Gewebestrukturen enthalten. In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, ob die Bildstrukturen im grossen Rückenmuskel objektive Aussagen zur Fleischqualität erlauben. Von den Merkmalen der Fleischqualität ist insbesondere der Gehalt an intramuskulärem Fett von Interesse. Er bestimmt weitgehend den Genusswert des Fleisches (Schwörer und Morel 1987).

Versuchsablauf

Zur Untersuchung der Fleischqualität am lebenden Schwein wurde auf dem ETH-Versuchsgut Chamau, Hünenberg, im Winter 1992/93 ein Mastversuch durchgeführt. Die Datenerhebung erfolgte in Zusammenarbeit mit der Mast- und Schlachtleistungsprüfungsanstalt Sempach.

Es wurden 47 Tiere der Rasse Edelschwein geprüft, wovon 23 kastrierte männliche Tiere *ad libitum* und je 12 weibliche und 12 kastrierte männliche Tiere rationiert gefüttert wurden. Für bei-

de Intensitäten wurde ein gewürfeltes Ja-gerfutter bis 65 kg und ein Ausmastfutter bis zum angestrebten Endgewicht von 103 kg Lebendgewicht gefüttert.

Es konnte in einer früheren Untersuchung gezeigt werden, dass der Gehalt an intramuskulärem Fett und weitere Qualitätsparameter unter anderem auch von der Fütterungsintensität abhängig sind (Affentranger *et al.* 1991). Mit zwei Intensitäten wurde eine möglichst grosse Streuung (Varianz) beim Gehalt an intramuskulärem Fett angestrebt.

Die Tiere wurden im Schlachthof Luzern geschlachtet und am folgenden Tag (24 - 28 Stunden nach dem Tod = *post mortem*)

in die Teilstücke Schmer, Hals, Bauch, Füsse, Schulteraufgabe, Schulter, Schinkenaufgabe, Schinken, Rückenspeck und Karree zerlegt. Die wertvollen Fleischstücke setzen sich aus Karree, Schulter und Schinken zusammen. Auf der Höhe des 10. Brustwirbels wurde im grossen Rückenmuskel 45 Minuten *post mortem* (p.m.) eine pH-Messung (pH1) und am Schinken eine Rigormessung durchgeführt. An der Querschnittfläche des Karrees auf der Höhe des 10. Brustwirbels wurde 24 Stunden p.m. die Farbhelligkeit (Unigalvo) des grossen Rückenmuskels erhoben und eine zweite pH-Messung durchgeführt. Für die Laboranalysen wurden ab dem 10. Brustwirbel (caudal) drei Koteletts entnommen. Das Safthaltevermögen (Kapillarovolumeter-Methode), die Konsistenz (Penetrometer), der Anteil an intramuskulärem Fett (Infrarotanalyse) und der Bindegewebegehalt im grossen Rückenmuskel wurden im Labor der MLP Sempach bestimmt.

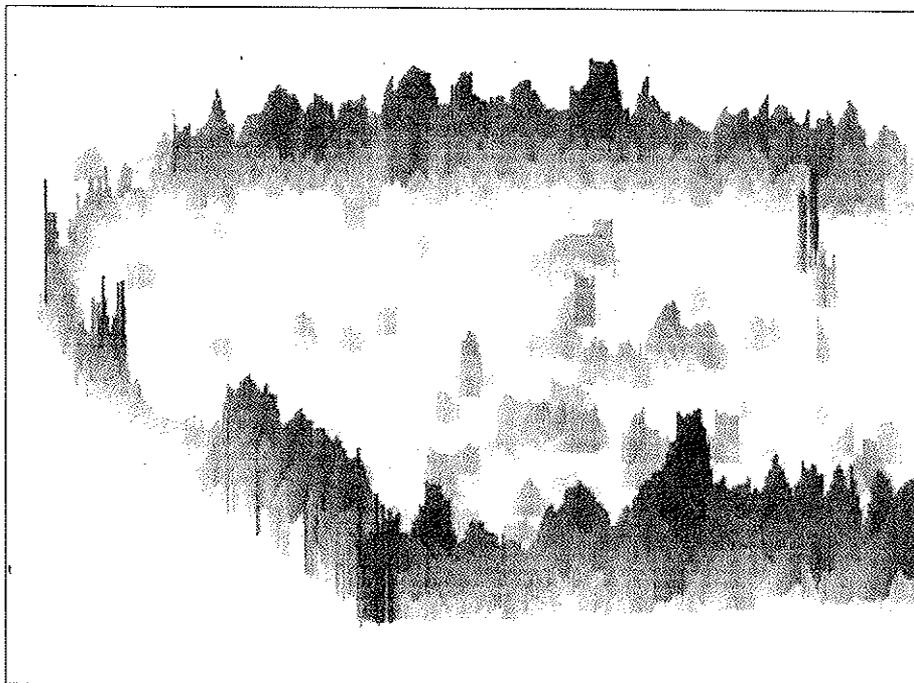


Abb. 1. Dreidimensionale Darstellung eines Ultraschallbildes des Rückenmuskels inklusive Muskelfaszien.

Fleischqualitätsmerkmale und Ultraschallparameter

Tabelle 1 enthält Angaben zur Mast- und Schlachtleistung sowie zum Gehalt an intramuskulärem Fett der Versuchstiere, aufgeteilt nach Geschlecht und Fütterungsintensität. Die *ad libitum* gefütterten Tiere erreichten zirka 100 g höhere Masttageszunahmen als die rationiert gefütterten Tiere. Sie wurden rund zehn Tage früher geschlachtet und hatten bei gleichem Mastendgewicht eine um 2 % bessere Schlachtausbeute. Wie erwartet waren sie beim Schlachten bei gleichem Mastendgewicht fetter als die rationiert gefütterten Schweine. Dies zeigt sich beim um 3 % tieferen Anteil an wertvollen Fleischstücken. Durch die unterschiedliche Fütterungsintensität hatten die *ad libitum* Tiere im Durchschnitt zirka 0,35 % mehr intramuskuläres Fett.

Tabelle 2 zeigt Mittelwerte und Standardabweichungen für Fleischqualitätsmerkmale und Ultraschallparameter. Die Fleischqualität war - mit Ausnahme eines zu tiefen intramuskulären Fettgehaltes - gut. Die Standardabweichung im Merkmal «intramuskuläres Fett» (0,33 %) und auch im Merkmal «Bindegewebe im grossen Rückenmuskel» (0,43 %) ist relativ klein. Die Ultraschallparameter zeigen im Vergleich zu den Fleischqualitätsmerkmalen tendenziell höhere Variationskoeffizienten (VK).

Ultraschallmessungen sind gut wiederholbar

Da in der vorliegenden Arbeit die Schätzung der Fleischqualität am lebenden Tier unabhängig von Fütterung und Geschlecht interessierte, wurden diese beiden (fixen) Effekte in der Auswertung der Ultraschallbilder nicht berücksichtigt. Die Wiederholbarkeiten der Ultraschallparameter wurden anhand von zwei Querschnittsbildern ermittelt. Die Resultate sind in Tabelle 3 dargestellt. Sie zeigen, dass es mit dem verwendeten Ultraschallgerät möglich ist, bei wiederholten Messungen ähnliche Resultate zu erhalten. Die Fettdicke ist am besten reproduzierbar.

Fleischqualitätsmerkmale sind schwierig zu schätzen

Zwischen den erhobenen Fleischqualitätsmerkmalen und den Ultraschallparametern wurde untersucht, wie stark sie

Ultraschallmessung und Bildverarbeitung

Zwei Tage vor der Schlachtung wurden bei allen Tieren Ultraschallmessungen mit einem «Realtime Scanner» (Aloka SSD-630) durchgeführt. Es wurde mit einem 3,5 MHz linear Schallkopf gearbeitet, dessen Auflösung 0,4 mm axial und 1,8 mm lateral beträgt. Die Messstelle auf der linken Körperhälfte lag auf der Höhe der letzten Rippe. Es wurden drei Ultraschallbilder gemacht und die zwei besseren Aufnahmen bezüglich Vollständigkeit und Qualität des Querschnittbildes ausgewertet. Für die Auswertung stand das Bildverarbeitungsprogramm Microscale TC (Digithurst Ltd, England) zur Verfügung. Zuerst wurden die Auflagefettdicke (FD) und die Muskelfläche des grossen Rückenmuskels (MF) gemessen. Anschliessend wurde bei den Bildern derjenige Bereich des grossen Rückenmuskels definiert, welcher mit dem Bildverarbeitungsprogramm hinsichtlich Fleischqualität ausgewertet werden sollte. Die Grenzlinie der gewählten Fläche verlief zirka 0,5 - 1,0 cm innerhalb der visuell sichtbaren Muskelabgrenzung, damit die Echos der den grossen Rückenmuskel umschliessenden Gewebe ausgeschlossen werden konnten. Von dieser definierten Fläche waren sämtliche Bildpunkte (Pixel) mit Graustufen zwischen 1 (schwarz) und 256 (weiss) für weitere Auswertungen zugänglich. Mehrere Bildpunkte umfassende helle Flecken mit einer Graustufe grösser als 40 wurden als Objekte definiert. Einzelne Objekte können in Abbildung 1 als Erhöhungen im grossen Rückenmuskel erkannt werden.

Als Messgrössen (Parameter) wurden die durchschnittliche Graustufe der untersuchten Fläche (dGstu), der relative Anteil der Bildpunkte mit der Graustufe 1 (Anteil 1), die Anzahl Objekte pro cm² (AnzObj) und der Flächenanteil dieser hellen Objekte (AntObj) berechnet.

Die Reproduzierbarkeit der Ultraschallbilder konnte anhand der Wiederholbarkeitskoeffizienten der Ultraschallparameter der beiden Ultraschallbilder beurteilt werden. Für die Berechnung der Beziehungen zu den Fleischqualitätsmerkmalen (Einfachkorrelationen und Schätzgleichungen) wurden die Parameter aus der Bildverarbeitung gemittelt.

Tab. 1. Mast- und Schlachtleistung sowie intramuskuläres Fett getrennt nach Geschlecht und Fütterungsintensität

	rationiert		12 Kastraten		ad libitum	
	12 Weibchen		12 Kastraten		23 Kastraten	
	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x
Schlachtgewicht (kg)	81,7	2,4	80,1	2,4	83,6	2,4
Ausbeute (%)	78,5	1,2	78,8	2,7	80,6	1,1
Masttageszuwachs (g/Tag)	822	45	825	65	932	62
wertvolle Fleischstücke (%)	55,4	1,9	55,7	2,4	52,5	2,3
intramuskuläres Fett (%)	1,08	0,26	0,96	0,24	1,36	0,31

\bar{x} : Mittelwert s_x : Standardabweichung

Tab. 2. Fleischqualitätsmerkmale und Ultraschallparameter

	\bar{x}	s_x	VK (%)	MIN	MAX
pH1	5,97	0,23	3,8	5,41	6,39
pH2	5,47	0,08	1,4	5,31	5,65
Rigor (mm)	11,6	1,8	15,7	9	16
Farbhelligkeit (Unigalvoneinheiten)	28,9	2,6	9,0	24,5	35,5
Konsistenz (g)	57,6	7,7	13,3	43	75
Safthaltevermögen (Mikroliter)	51,0	17,1	33,5	29	96
intramuskuläres Fett (%)	1,19	0,33	27,5	0,61	1,92
Bindegewebe (%)	1,88	0,43	230	1,20	2,93
Rückenspeckdicke (FD; cm)	1,27	0,24	19,0	0,88	1,92
Rückenmuskelfläche (MF; cm ²)	33,4	2,9	8,7	28,6	44,0
durchschnittliche Graustufe (dGstu; %)	11,1	5,1	46,5	2,7	25,9
Anteil schwarze Punkte (Anteil 1; %)	41,3	14,2	34,6	13,8	78,0
Anzahl helle Objekte (AnzObj)	3,65	1,82	50,0	0,5	8,2
Flächenanteil der Objekte (AntObj; %)	4,99	3,92	78,6	0,6	17,3

\bar{x} : Mittelwert s_x : Standardabweichung VK: Variationskoeffizient



Tab. 3. Wiederholbarkeit der Ultraschallparameter

Ultraschallparameter	Wiederholbarkeit
Rückenspeckdicke (FD)	0,98
Rückenmuskelfläche (MF)	0,90
durchschnittliche Graustufe (dGstu)	0,87
Anteil schwarze Punkte (Anteil 1)	0,81
Anzahl helle Objekte (AnzObj)	0,76
Flächenanteil der Objekte (AntObj)	0,86

zueinander in Beziehung stehen (phänotypische Korrelationen, Tab. 4).

Die errechneten Korrelationen waren nicht oder nur schwach signifikant verschieden von null. Die Farbhelligkeitsmessung am geschlachteten Tier (Unigalvo) war am häufigsten schwach signifikant korreliert mit den einzelnen Ultraschallparametern. Helleres Fleisch hatte mehr helle Bildpunkte. Zum Bindegewebe konnten keine signifikanten Beziehungen gefunden werden.

Durch eine Kombination von Ultraschallparametern konnte für das Merkmal intramuskuläres Fett (imF%) eine leichte Verbesserung der Beziehung erreicht werden. Die Regressionsgleichung lautet (multiple Korrelation = 0,59, Reststandardabweichung = 0,27 %):

$$\text{imF\%} = 0,183 + 0,474 \cdot \text{FD} + 0,046 \cdot \text{MF} - 0,018 \cdot \text{Anteil 1} - 0,101 \cdot \text{AnzObj}$$

imF: intramuskuläres Fett
 FD: Rückenspeckdicke
 MF: Rückenmuskelfläche
 Anteil 1: Anteil schwarze Punkte
 AnzObj: Anzahl helle Objekte

Bei allen anderen Merkmalen der Fleischqualität brachte die Kombination von mehreren Ultraschallparametern keine Verbesserung der Schätzgenauigkeit. Mit dem vorliegenden Datensatz war es folglich nicht möglich, die Fleischqualitätsparameter am lebenden Tier befriedigend zu schätzen.

Die Bildqualität ist ausschlaggebend

Beim vorliegenden Datensatz waren die Beziehungen zwischen den Fleischqualitätsmerkmalen und den Ultraschallparametern zu gering, um am lebenden Tier eine sinnvolle Schätzung der Fleischqualität mit Hilfe der Ultraschallbildstrukturen im grossen Rückenmuskel durchzuführen. Gründe für die geringen Beziehungen dürften die ungenügende Bildqualität und Bildauflösung des verwendeten Ultraschallgerätes sein. Die im

Ultraschallbild sichtbaren Konturen (Intramuskuläres Fett, Bindegewebe) werden zum Teil mit zufälligen Intensitätsschwankungen des Gerätes («Rauschen») und «Fehlechos» von muskelfremden Geweben vermischt. Sollte es in Zukunft mit neuerer Gerätetechnologie möglich sein, das «Rauschen» und die «Fehlechos» zu vermindern, dann könnten die Beziehungen sehr wahrscheinlich verbessert werden. Zu den gleichen Erkenntnissen betreffend der Ultraschallbildqualität gelangten auch Kolb und Nitter (1993). Diese beiden Autoren machen in ihrer Arbeit auch den tiefen Mittelwert und die geringe Varianz im Merkmal «intramuskuläres Fett» für die schlechten Erfolgsaussichten einer Schätzung am lebenden Schwein verantwortlich. Kolb und Nitter (1993) fanden bei ihren Piétrain-Tieren im Merkmal imF% einen Mittelwert von 0,45 % und eine Standardabweichung von 0,3 %. Trotz der unterschiedlichen Fütterungsintensität in diesem Versuch war die Standardabweichung von 0,33 % klein. Der Mittelwert des Merkmales imF% war mit 1,18 % grösser als bei Kolb und Nitter (1993). Trotzdem konnte der Anteil an intramuskulärem Fett mit dem vorliegenden Datensatz nur mit einem Bestimmtheitsmass von 35 % und einer Reststandardabweichung von 0,27 % geschätzt werden. Obwohl die Prüftiere der Mast- und Schlachtleistungsprüfungsanstalt mit 0,51 % eine etwas grössere Standardabweichung aufwiesen (Rebsamen *et al.* 1993), ist nicht zu erwarten, dass anhand des Tiermaterials der Landesucht eine bedeutende Verbesserung der Schätzung erreicht werden könnte. Abbildung 2 verdeutlicht, dass anhand der geprüften Tiere, die mehrheitlich in Klasse 1 und teilweise in Klasse 2 fallen würden, auch eine subjektive Beurteilung einer Fleischprobe schwierig ist.

Im Vergleich zum Merkmal «intramuskuläres Fett» konnten beim Merkmal «Bindegewebe im grossen Rückenmuskel» keine signifikanten Korrelationen zu den

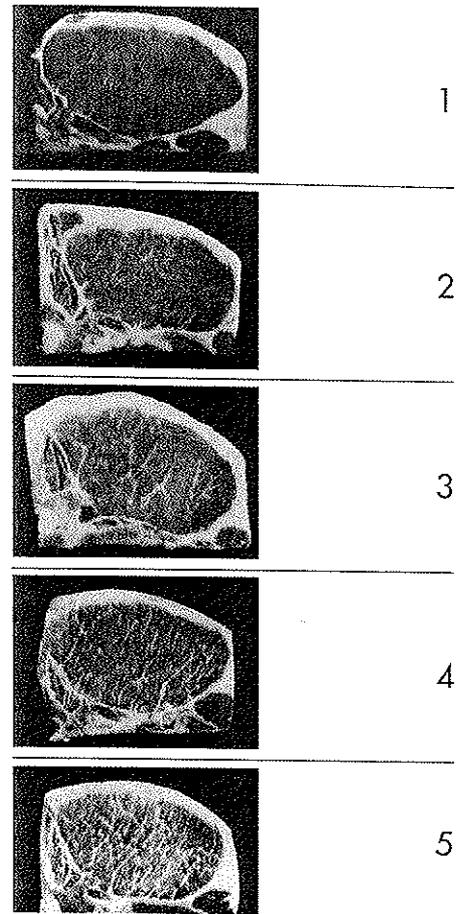


Abb. 2. Das intramuskuläre Fett trägt viel zur Saftigkeit und zum artspezifischen Aroma des Fleisches bei.

Subjektive Beurteilung der Marmorierung:
 Klasse 1 Spuren
 Klasse 3 optimal
 Klasse 5 sehr stark

Parametern der Ultraschallbildanalyse gefunden werden. Auf den Ultraschallbildern können (neben den erwähnten Fehlechos) die hellen Konturen im Muskel eher mit dem intramuskulären Fett als mit dem Bindegewebe in Verbindung gebracht werden.

Beim Rindvieh scheint die Schätzung der Fleischqualität am lebenden Tier erfolgreicher zu sein. Brethour (1990) hat die Beziehung zwischen kleinen, hellen Flecken im grossen Rückenmuskel auf den Ultraschallbildern über der 12. Rippe und

Tab. 4. Ausgewählte Korrelationen zwischen Ultraschallparametern und Fleischqualitätsmerkmalen

	FD	MF	dGstu	Anteil 1	AnzObj	AntObj
pH1	0,10	-0,16	0,34	-0,35	0,29	0,29
Farbhelligkeit	0,05	0,10	0,37	-0,34	0,31	0,30
Saffhaltevermögen	0,02	-0,07	0,37	-0,28	0,28	0,25
intramuskuläres Fett	0,35	0,20	0,25	-0,30	0,12	0,11
Bindegewebe	-0,15	0,04	-0,19	0,19	-0,14	-0,14

für $r_{x,y} > 0,29$: signifikant verschieden von null ($p < 0,05$)
 Abkürzungen siehe Tabelle 3

der Fleischmarmorierung untersucht. Dabei hat er mit einem subjektiven Klassierungssystem gearbeitet. Für die Wiederholbarkeit seiner subjektiven Beurteilung der Ultraschallbilder gibt er Werte zwischen 0,61 und 0,81 an. Er berechnete bei verschiedenen Versuchsgruppen die Korrelation zwischen der Beurteilung der Ultraschallbilder und der Fleischmarmorierung. Diese Korrelationen waren fast alle sehr hoch signifikant verschieden von null ($p < 0,001$). Ein Grund für die sehr hoch gesicherten Beziehungen liegt wohl beim grösseren Gehalt an intramuskulärem Fett beim Rindvieh im Vergleich zum Schwein.

Will man die Schätzung des intramuskulären Fettes am lebenden Schwein wiederholen, muss dies an einem Datensatz mit grösserer Varianz getan werden. Das wäre eventuell mit Tieren unterschiedlicher Rassen denkbar, falls der Rasseneinfluss auf die Ultraschallbildqualität nicht zu gross ist (z.B. durch unterschiedliche Hautbeschaffenheit). Wahrscheinlich wird es jedoch nur durch eine verbesserte Gerätetechnik möglich sein, die Fleischqualität am lebenden Tier in der Praxis genügend genau zu schätzen.

LITERATUR

Affentranger P., Kaufmann A., Gerwig C. und Künzi N., 1992. Zur Anwendung des Ultraschallverfahrens in der Versuchstätigkeit mit Schweinen. *Landw. Schweiz* 5, 403-407.

Affentranger P., Gerwig C., Künzi N., Seewer G., Schwörer D. und Prabucki A., 1991. Vergleich der Mast- und Schlachtleistung sowie Fleischqualität von Kreuzungstypen bei unterschiedl. Fütterungssensitivitäten. Tagungsber. Schweinefleischqualität-Qualitätsschweinefleisch, *ETH Zürich* 1991, 69-75.

Brethour J.R., 1990. Relationship of ultrasound speckle to marbling score in cattle. *J. Anim. Sci.* 68, 2603-2613.

Kolb R. und Nitter G., 1993. Digitalisierte Ultraschallbilder an lebenden Schweinen zur Abschätzung des Fleischanteils im Bauch. *Züchtungskunde* 65, 297-305.

Rebsamen A., Schwörer D. und Lorenz D., 1993. 26. Tätigkeitsbericht des schweizerischen Verbandes für Mast- und Schlachtleistungsprüfungen beim Schwein 1992. *Der Kleinviehzüchter* 41, 405-447.

Schwörer D. und Morel P., 1987. Verbesserung des Genusswertes von Schweinefleisch durch züchterische Bemühungen. *Der Kleinviehzüchter* 35, 1294-1304.

RÉSUMÉ

Estimation de la qualité de la viande sur le porc vivant

Dans un essai d'engraissement avec le Grand Porc Blanc a été testé la possibilité d'estimer la qualité de la viande directement sur l'animal vivant. Dans ce but, des images ultrasoniques du grand muscle dorsal à la hauteur de la dernière côte ont été digitalisées et analysées avec un programme de traitement d'images. Les corrélations entre les structures des images ultrasoniques et les critères de la qualité de la viande n'étaient pas ou seulement très faiblement significatives. Une estimation de la qualité de la viande sur l'animal vivant n'était donc pas possible.

SUMMARY

In vivo estimation of meat quality in pigs

The possibility of estimating meat quality in live pigs has been analysed in a fattening test with 47 animals of the Large White breed. For this purpose, ultrasonic pictures of the longissimus dorsi muscle taken on the last rib have been digitized and analysed with a picture processing program. The correlations between ultrasonic picture structures and meat quality criterions were nonexistent or weakly significant. An estimation of meat quality on live pigs was therefore impossible.

KEY WORDS: meat quality, ultrasonics.

KURZBERICHT

Phänologischer Rückblick ins Jahr 1993

Claudio DEFILA, Sektion Agrar- und Biometeorologie, Schweizerische Meteorologische Anstalt, CH-8044 Zürich

Seit 1951 werden in der Schweiz phänologische Beobachtungen durchgeführt. Der phänologische Rückblick auf das Jahr 1993 weist, trotz wechselhafter Witterung, tendenziell eine frühe Vegetationsentwicklung auf. Eine statistische Auswertung der phänologischen Daten von 1951 bis 1992 zeigt, dass die milden Winter der letzten Jahre eine Verfrühung der phänologischen Frühlingsphasen bewirkten.

Seit 1989 wurde in der Zeitschrift «Landwirtschaft Schweiz» jährlich ein phänologischer Rückblick auf das vergangene Jahr publiziert. Diese Tradition soll nun in der vorliegenden Zeitschrift weitergeführt werden. Im ersten Kurzbericht (Defila 1989) ist eine Einführung in die Pflanzenphänologie und in die für die Auswertung verwendete Statistik enthalten. Neben der

Beschreibung des Witterungsverlaufes soll auch auf die Vegetationsentwicklung des vergangenen Jahres eingegangen werden. Der Aufbau der Tabelle und die Auswahl der Phänophasen und Beobachtungsstationen entspricht den vorangehenden Publikationen. Glücklicherweise konnten 1993 bei allen ausgewählten Stationen die Beobachtungen durchgeführt werden.

Wechselhafte Witterung

Ähnlich wie der Winter 1991/92 kann auch der Winter 1992/93 bei den milden und trockenen Wintern eingereicht werden. Der Januar 1993 wird zu den wärmsten seit 1901 gezählt. Der Monat Januar war zudem auf der Alpensüdseite von extremer Trockenheit geprägt. Bei einzelnen Stationen fiel während des ganzen Monats kein messbarer Niederschlag. Im Frühling war recht wechselhafte Witterung zu verzeichnen mit Schneefällen bis in die Niederungen. Im Mai war es sehr warm und überwiegend trocken. Auch die Sommermonate waren durch wechselhafte Witterung geprägt. Nach einem relativ warmen