



lfz
raumberg
gumpenstein

Lehr- und Forschungszentrum
Landwirtschaft
www.raumberg-gumpenstein.at

Zwischenbericht Kalbfleischfarbe

Projekt Nr./Wissenschaftliche Tätigkeit Nr. 100523

Kalbfleischfarbe bei Vollmilchmast – Einflussfaktoren und
Maßnahmen zur Verhinderung einer dunklen Fleischfarbe

Colour of calf meat fattened with whole milk – influence factors and
measures for preventing dark veal colour

Projektleitung:

Dr. Margit Velik, LFZ Raumberg-Gumpenstein

Projektmitarbeiter:

Jakob Murgg, Diplomand, BOKU Wien
Roland Kitzer, LFZ Raumberg-Gumpenstein
Andrea Stuhlpfarrer, LFZ Raumberg-Gumpenstein
Ing. Markus Gallnböck, LFZ Raumberg-Gumpenstein
Dr. Andreas Steinwider, LFZ Raumberg-Gumpenstein

Projektpartner:

Ing. Michael WurZRainer, Tiroler Viehmarketing
Ing. Otto Kicker, Bio Austria
Dr. Andreas Steidl, Rewe, Ja! Natürlich
Mag. Peter Überbacher, Tauernfleisch GmbH

Projektlaufzeit:



lebensministerium.at

www.raumberg-gumpenstein.at

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
Zusammenfassung / Summary	3
1 Einleitung und Fragestellung	4
2 Literatur zur Kalbfleischfarbe.....	4
GRUNDLAGEN ZUR FLEISCHFARBE	4
BEURTEILUNG DER FLEISCHFARBE	4
FLEISCHFARBE UND EISENVERSORGUNG	5
FLEISCHFARBE UND HÄMOGLOBINGEHALT	6
EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE KALBFLEISCHFARBE.....	6
3 Bisherige Datenauswertungen.....	9
3.1. DATEN BIOVERMARKTUNG	9
3.2. DATEN TAUERNFLEISCH I.....	10
3.3. DATEN TAUERNFLEISCH II.....	10
3.4. STATISTISCHE AUSWERTUNG.....	11
3.5. ARBEITSHYPOTHESEN.....	11
4 Erste Ergebnisse der Datenauswertungen	12
5 Weitere Vorgehensweise	17
6 Literaturverzeichnis.....	17

Zusammenfassung / Summary

Bis zum Datum der Zwischenberichtslegung wurden im Rahmen des Projektes eine ausführliche Literaturrecherche zum Thema „Kalbfleischfarbe und deren Einflussfaktoren“ gemacht sowie drei Datensätze (BioVermarktung, Tauernfleisch I und Tauernfleisch II) ausgewertet. Die Datensätze BioVermarktung und Tauernfleisch I wurden von den Kooperationspartnern für die statistische Auswertung zur Verfügung gestellt, beim Datensatz Tauernfleisch II wurden von LFZ-Mitarbeitern am Schlachthof zusätzlich die Parameter Bluthämoglobingehalt und Kalbfleischfarbe laut Farbmessgerät erhoben. Bis jetzt lassen sich folgende für die Praxis interessante Aussagen ableiten.

(1) Anhang der Literatur und den Ergebnissen unserer Untersuchungen lässt sich bestätigen, dass die subjektiv beurteilte Fleischfarbe mittels Farbskala durch den Klassifizierer gut mit der objektiv beurteilten Fleischfarbe mittels Farbmessgerät übereinstimmt. Der L*-Wert der Farbmessung ist der entscheidende Parameter zur Beurteilung der Kalbfleischfarbe. (2) Zwischen Bluthämoglobingehalt bei der Schlachtung und Kalbfleischfarbe besteht ein Zusammenhang. Höhere Hämoglobingehalte gehen mit dunklerer Kalbfleischfarbe einher. Es bleibt jedoch zu klären, inwieweit die Erhebung des Bluthämoglobingehalts zum Zeitpunkt der Schlachtung ein für österreichische Verhältnisse praxistauglicher Indikator zur Beurteilung der Kalbfleischfarbe ist. (3) Zwischen Schlachtung und Zerlegung treten bei Kalbfleisch geringfügige Farbveränderungen auf, die allerdings vom Konsumenten nicht wahrnehmbar sein dürften. (4) Nicht alle Teilstücke/Muskeln eines Kalbes haben die gleiche Fleischfarbe. Fleisch des Brustanschnitts (M. retus abdominis, also dort, wo die Fleischfarbe routinemäßig gemessen wird) ist dunkler als Fleisch der wertvollen Teilstücke Karree und Schlängel. (5) Die Beifütterung (Heu, Stroh...) der Kälber hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Eisenversorgung des Kalbes und somit auf die Kalbfleischfarbe. Mastkälber aus Mutterkuhherden zeigen eine dunklere Kalbfleischfarbe als Kälber die von Eimer getränkt werden. Eine zeitliche Trennung (insbesondere während Fütterungszeiten) der Kälber von den Mutterkühen ist daher sinnvoll. (6) Die Aussage, dass weibliche Tiere eine dunklere Kalbfleischfarbe bzw. höhere Bluthämoglobingehalte haben als männliche Kälber, kann nach unseren Datenauswertungen nicht bestätigt werden.

Up to now a detailed literature study on the influence factors on calf meat colour was undertaken and three datasets (BioVermarktung, Tauernfleisch I, Tauernfleisch II) were statistically analysed. Datasets BioVermarktung und Tauernfleisch I were provided from cooperation partners, blood haemoglobin content and meat colour from dataset Tauernfleisch II were recorded by staff of AREC Raumberg-Gumpenstein. So far the following practical recommendations can be given:

(1) According to the literature and the results of our analyses it is confirmed, that subjectively (colour scale) and objectively measured veal colour (colour instrument) are correlated. The L*-value of the colour instrument is the critical parameter for assessing veal colour. Between blood haemoglobin content at slaughter and veal colour exists a connection. Higher haemoglobin contents imply darker veal meat. However, it has to be clarified to which extent recording the blood haemoglobin content at slaughter is a practicable indicator for assessing veal colour. (3) Between slaughter and carcass cutting slight discolouration occurs, however, it does not seem to be noticed by consumers. (4) Not all muscles/carcass sections of a veal carcass have the same colour. Meat from the breast section (M. rectus abdominis; veal colour is routinely measured here) is darker as compared to the valuable sections striploin and round. (5) Feed supplements (hay, straw,...) have a major impact on iron supply of the calf and on veal colour. Calves, fattened in suckler cow herds have a darker veal colour compared to calves fattened with milk bucket. Hence, a temporal separation (particular during feeding times) of calves from the suckler cow herd can be recommended. (6) The statement that female calves have a darker veal colour than male calves could not be confirmed according to our results.

1 Einleitung und Fragestellung

In Österreich werden jährlich rund 80.000 Kälber geschlachtet, was circa 1 % des österreichischen Fleischanfalls entspricht. Der Kalbfleischanfall ist seit 1990 von rund 17.000 Tonnen auf ca. 8.500 Tonnen zurückgegangen. Laut Aussagen österreichischer Experten ist der österreichische Kalbfleischmarkt in den letzten Jahren fast vollständig zusammengebrochen. Kalbfleisch ist in Österreich ein Nischenprodukt, das laut Umfragen der Roll-AMA von 80 % der Konsumenten selten bis nie gegessen wird. Wenngleich die Nachfrage nach Kalbfleisch in Österreich gering ist, wird dennoch jährlich Kalbfleisch von rund 47.000 Tieren aus dem Ausland importiert.

Von Seiten der Praxis (Landwirte, Berater, Schlachthöfe) wird angeführt, dass Kälber, die mit Vollmilch und Ergänzungsfuttermitteln wie Kraftfutter, Heu, Stroh gefüttert werden (meist Biobetriebe oder kleine Betriebe, die jährlich ein paar Kälber mästen), häufig eine zu dunkle Fleischfarbe zeigen. Bei Kälbern, die auf spezialisierten Betrieben mit Milchaustauscher (MAT) gefüttert werden, tritt das Problem einer zu dunklen Kalbfleischfarbe laut Praxisaussagen nicht auf.

Der Konsument erwartet bei Kalbfleisch eine helle Farbe, da er helles Fleisch mit jungen Rindern in Verbindung bringt. Nur wenn Kalbfleisch hell ist (und sich damit deutlich vom dunkleren Fleisch älterer Tiere unterscheidet), ist er bereit, Kalbfleisch zu kaufen und dafür auch mehr zu bezahlen als für Fleisch anderer Rinderkategorien. Bestrebungen dem Konsumenten dunkleres Kalbfleisch zu verkaufen, haben sich bislang nicht durchgesetzt. Der Druck von Seiten des Handels auf die Kälbermäster Kalbfleisch mit heller Fleischfarbe zu erzeugen, nimmt zu. So gibt es bei Kälbern mit der Fleischfarbe 5 (Beurteilung durch Klassifizierer anhand einer achteiligen Farbskala (1=hell, 8=dunkel)) Preisabzüge; Rewe, Ja! Natürlich vermarktet beispielsweise überhaupt nur Kälber bis Farbklasse 4.

Hinsichtlich Einflussfaktoren auf die Kalbfleischfarbe herrscht in der Praxis große Verunsicherung. Mehrere Studien belegen, dass die Fleischfarbe, der Bluthämoglobingehalt und die Eisenversorgung durch das Futter eng korrelieren. Eine ausreichende Eisenversorgung ist für die Gesundheit der Kälber essentiell; bezüglich Eisengehalt im Futter und Bluthämoglobingehalt im Blut schreiben die Kälberhaltungsrichtlinie (97/182/EG, 91/629EWG) und die Futtermittelverordnung (2000) explizit untere Grenzwerte vor. Hier soll darauf hingewiesen sein, dass auch jene Bio-Kälber, die eine helle Fleischfarbe haben, oberhalb dieser Grenzwerte liegen und somit weit ab von einem anämischen Gesundheitszustand sind.

Die Einflussfaktoren, die zu einer zu dunklen Fleischfarbe führen, scheinen komplex zu sein. Da sich auch in international durchgeführten Studien keine endgültige Lösung zu diesem Problem findet, besteht hier Handlungsbedarf.

2 Literatur zur Kalbfleischfarbe

Grundlagen zur Fleischfarbe

Die Fleischfarbe wird von zwei Pigmenten beeinflusst, dem Myoglobin (Muskelfarbstoff, der vor allem dem Sauerstofftransport dient) und dem Hämoglobin (Blutfarbstoff, der zum Sauerstofftransport im Blut dient) sowie wasserbedingten Reflexionen an der Fleischoberfläche. Das Hämoglobin macht nur circa 5 % der muskeleigenen Pigmente aus und ist nur bei unvollständigem Entbluten von größerer Bedeutung für die Fleischfarbe. Beim Myoglobin werden je nach Oxidationszustand drei Arten unterschieden: das sauerstofffreie hellrote Myoglobin, das mit Sauerstoff gebundene Oxy-myoglobin und das bei längerer Sauerstoffexposition auftretende braune Metmyoglobin.

Beurteilung der Fleischfarbe

Die Kalbfleischfarbe wird in Österreich routinemäßig am Schlachthof ca. 45 Minuten nach der Schlachtung am Brustanschnitt (*M. rectus abdominis*) anhand einer 8-teiligen Farbskala beurteilt. Neben der subjektiven Beurteilung hat sich für wissenschaftliche Fragestellungen das CIELAB-Farbsystem (auch L*a*b*-Farbsystem genannt) durchgesetzt. Der L*-Wert beschreibt die Fleischhelligkeit (Skala von 0-100, 0

schwarz, 100 weiß). In Garipey et al. (1998) ist festgehalten, dass nach dem kanadischen Kalbfleisch-Beurteilungssystem L-Werte >50 der ersten (=hellsten) von vier Farbklassen entsprechen. Freudenreich (1987) definiert prinzipiell für Kalbfleisch eine Helligkeit gemäß Hunter (L) bzw. Chromameter (Minolta) von $L \geq 42$. Der a^* -Wert beschreibt den Rot-grüntön (-60 bis +60, Pluswerte beschreiben den Rotton, Minuswerte den Grünton) und der b^* -Wert den Gelb-blautön (Pluswerte beschreiben den Gelbtön, Minuswerte den Blautön). Mehrere Studien belegen, dass subjektive und objektive Farbbeurteilung eng zusammenhängen (Korrelationskoeffizient zwischen 0,60 und 0,80 auf einer Skala von 0-1) (Egger, 1999, Eikelenboom et al. 1998, Klont et al. 1999).

Fleischfarbe und Eisenversorgung

Die Fleischfarbe bei der Schlachtung ist eng mit der Eisenversorgung und dem Bluthämoglobingehalt des Kalbes bei der Geburt und während der Mast korreliert. Eisen wird für die Hämoglobin- und Myoglobinsynthese sowie für die Bildung von körpereigenen Proteinen und Enzymen verwendet und in Leber, Milz und Knochenmark gespeichert.

Der Zusammenhang zwischen Eisen im Futter und Bluthämoglobingehalt ist allerdings nicht immer eng (Boehncke und Gropp 1979), da Kälber zum Zeitpunkt der Geburt unterschiedliche Eisenvorräte in der Leber haben, je nach Futtermittel das enthaltende Eisen unterschiedlich gut verfügbar ist und die Eisenresorption im Duodenum (Zwölffingerdarm) unterschiedlich hoch ist.

Vollmilch hat einen sehr niedrigen Eisengehalt von nur 3,5-4 mg Eisen (Fe) /kg TM (Trockenmasse) - aber eine hohe Eisenverfügbarkeit (1 Liter Vollmilch Frischmasse enthält rund 0,5 mg Eisen). Heu (schlecht verfügbare Eisenquelle) enthält Fe-Gehalte von durchschnittlich 100-250 mg /kg TM und Stroh von 150-300 mg Fe /kg TM. Getreide hat Eisengehalte zwischen 30 und 60 mg /kg TM. Laut österreichischer Futtermittelverordnung (2000) müssen Milchaustauscherfutter für Kälber bis zu einem Lebendgewicht von 70 kg mindestens 30 mg Fe /kg Alleinfuttermittel bezogen auf einen Wassergehalt von 12 % enthalten. Laut EU-Kälberhaltungsrichtlinie (91/629/EWG, 1991) muss die Futterration von Kälbern ab der zweiten Lebenswoche täglich mindestens 50 g Raufutter und von der 8. bis 20. Lebenswoche mindestens 250 g Raufutter enthalten. Für Kälber über 20 Wochen gibt es keine Vorschriften.

Nach Steinwidder (2006) sollte zu Mastbeginn zumindest eine Eisenkonzentration von 40 mg /kg Futter-TM und zu Mastende von 30 mg Fe /kg Futter-TM gewährleistet werden. Eisengehalte von mehr als 50 mg /kg TM in den letzten 4 Wochen vor der Schlachtung können laut Steinwidder (2006) negative Auswirkungen auf die Fleischfarbe haben. Laut Boehncke und Gropp (1979) wird der Myoglobingehalt der Skelettmuskulatur erst ab einem Eisengehalt von 50-100 mg pro kg Futter beeinflusst. Nach Burgstaller et al. (1979) ist bei der Kälbermast mit Milchaustauscher (MAT) eine Eisenversorgung zwischen 40 - 70 mg Fe/kg MAT ausreichend.

Fischer et al. (1979) mästeten Kälber mit Milchaustauscher (MAT), der 10, 40, 70 bzw. 100 mg Fe /kg TM enthielt. Bereits 40 mg Fe /kg TM im MAT waren mit einer Abnahme der Fleischhelligkeit verbunden.

Tab. 1: Rationsbeispiele Mastkälber

Mastkalb (1)	Eisen (Fe) Gehalt	
12 l Vollmilch, 0,5 kg Heu+Stroh		
1 kg (l) Vollmilch TM	4 mg Fe	
1 Liter Vollmilch FM.....13 % TM	0,5 mg Fe	
12 l Vollmilch (1,56 kg TM)	6 mg Fe	
1 kg Heu, Stroh	ca. 250 mg Fe	
0,5 kg Heu, und Stroh	125 mg Fe	
Futteraufnahme 2 kg TM	131 mg Fe pro Tier und Tag	65 mg Fe /kg TM

Mastkalb (2)	Eisen (Fe) Gehalt	
14 l Vollmilch, 0,2 kg Heu+Stroh		
14 l Vollmilch FM (1,82 kg TM)	7 mg Fe	
0,2 kg Heu+Stroh	50 mg Fe	
Futteraufnahme 2 kg TM	57 mg Fe pro Tier und Tag	28,5 mg Fe /kg TM

* FM..... Frischmasse

Fleischfarbe und Hämoglobingehalt

Ein häufig verwendeter und gut geeigneter Indikator für die Eisenversorgung des Kalbes ist der Bluthämoglobingehalt (Hb), da Eisen ein wichtiger Bestandteil des Hämoglobins ist. Bei keiner bzw. geringer Eisenergänzung sinkt der Bluthämoglobingehalt von der Geburt bis zur Schlachtung deutlich ab. Bei gut mit Eisen versorgten Kälbern liegt der Hb-Gehalt zwischen 12 und 16 g /dl Blut (Boehncke und Gropp 1979). Welchman et al. (1988) geben Hb-Gehalte zwischen 10,2 und 14,6 g (Mittelwert 12,4) an. Die EU-Kälberhaltungsrichtlinie schreibt vor, dass ein durchschnittlicher Hämoglobingehalt von 7,25 g pro dl Blut während der Mast gewährleistet sein muss, um einen anämischen Gesundheitszustand zu gewährleisten. Welchman et al. (1988) geben als Grenzwert einer Eisenanämie einen Hämoglobingehalt von 9 g/dl Blut bei einem Alter von 16-20 Wochen an. Völker et al. (1996) geben einen Referenzwert von >8,8 g Hb /dl Blut an.

Nach Egger (1995) ist bereits der Blut-Hb-Gehalt zu Mastbeginn ein aussagekräftiger Indikator für die Fleischfarbe des Schlachtkörpers. Der Blut-Hb-Gehalt zum Zeitpunkt der Geburt schwankt tierindividuell sehr stark. Laut Egger (1991) darf bei einer Eisenzufuhr von 50 mg /kg TM der Blut-Hb-Gehalt zu Mastbeginn (ca. 65 kg Lebendgewicht) maximal 8 mg sein, da ansonsten 80 % der Kälber bezüglich Farbe deklassiert werden. Dufey (1991) zeigte, dass Kälber die vor der Schlachtung Blut-Hb-Werte >12 g hatten, auf einer 4-stufigen (1=hell, 4=rot) Farbskala mit durchschnittlich 3,25 beurteilt wurden.

Morel (1996) mästeten 224 Kälber auf Tiefstreu mit Vollmilch und Ergänzungsmilchpulver, so dass während der gesamten Mast ein Eisengehalt von 21 mg /kg TM gewährleistet war. Kälber, die in der 4-5 Lebenswoche Hb-Gehalte von <8 aufwiesen und bei der Schlachtung Hb-Gehalte um 7,5 g/dl, zeigten zu 100 % helles Fleisch (3-stufige Skala: hell, rosa, rot). Kälber die mit 4-5 Wochen Hb-Gehalte zwischen 8-11,4 hatten und bei der Schlachtung um 8,1, zeigten zu 96 % helles Fleisch. Ein Drittel der Kälber, die zu Mastbeginn Hb-Gehalte >11,4 mg zeigten und bei der Schlachtung durchschnittlich 9,3 g, wurden als nicht hellfleischig klassifiziert. Der durchschnittliche Blut-Hb-Gehalt aller 224 Kälber lag bei der Schlachtung bei 8,6 g Hb und 17 % der Kälber wurden als nicht hellfleischig klassifiziert. Demnach steigt das Risiko von rotfleischigem Kalbfleisch bei höheren Blut-Hb-Gehalten (und höherer Eisenversorgung); nichts desto trotz zeigt ein Teil dieser Kälber trotzdem helles Fleisch. In einem Versuch von Egger (1991) wurden männliche Fleckviehkälber auf Tiefstreu gemästet. Durch eine Erhöhung des Eisengehaltes in der Ration von 20 mg auf 50 mg /kg TM wurde der Bluthämoglobingehalt zur Schlachtung signifikant erhöht (11,5 vs. 8,5 g Hb) und die Fleischfarbe signifikant dunkler (L*-Wert 46 vs. 40).

Mehrere Versuche befassten sich mit sinkenden Eisenergänzungen im Laufe der Mast, um somit eine zu dunkle Kalbfleischfarbe zu verhindern (Kirchgessner, et al. 1974, Knaus et al. 1997). Miltenburg et al. (1992) mästeten Kälber mit unterschiedlichen Eisengehalten im MAT (60, 100, 150 mg Fe/ kg TM) bis zur 8. Mastwoche und danach einheitlich mit MAT ohne Eisenergänzung. Weder die subjektive Farbbeurteilung nach die objektive Messung der Farbhelligkeit wurden negativ beeinflusst. Durchfälle führen laut Boehncke und Gropp (1979) ebenfalls zu einem schnelleren Absinken der Blut-Hb-Werte während der Mast und somit unter Umständen zu einer helleren Kalbfleischfarbe (*Anmerkung: Kälberdurchfälle sollten unten allen Umständen vermieden werden*).

Einflussfaktoren auf die Kalbfleischfarbe

Geschlecht

Mehrer Studien belegen, dass weibliche Kälber eine dunklere Fleischfarbe als männliche Kälber haben

(Freudenreich et al. 1980, Egger 1995, Morel 1996, Morel und Chassot 2010). Egger (1995) beobachtete bei weiblichen Kälbern zum Teil höherer Heuaufnahmen und eine dunklere Fleischfarbe als bei männlichen Tieren. Morel (1996) führt an, dass bei weiblichen Tieren – eventuell bedingt durch die höheren Heuaufnahmen - die Bluthämoglobingehalte weiter streuen als bei männlichen Kälbern.

Schlachtgewicht, Rasse, Schlachtalter

Zum Einfluss der Mast- und Schlachtleistungsparameter auf die Kalbfleischfarbe zeigt die Literatur kein einheitliches Bild. Nach Eikelenboom et al. (1988) stehen Anfangsmastgewicht, Tageszunahmen, Futtermittelverwertung, Schlachtausbeute, Fleischansatz und Fettabdeckung nicht mit der (objektiv beurteilten) Kalbfleischfarbe in Zusammenhang. Auch Steinwider et al. (2001) konnten bei bis 110 bzw. 140 kg Schlachtkörpergewicht gemästeten männlichen Kälbern, die Vollmilch bzw. MAT verabreicht bekamen und zusätzlich Stroh aufnehmen konnten, keinen Einfluss auf die Fleischfarbe feststellen.

Freudenreich et al. (1980) beobachteten, dass höhere Handelsklassen und ein stärkerer Verfettungsgrad zu einer helleren Kalbfleischfarbe führen. Wilson et al. (1995) beobachteten eine Tendenz, dass schwere Kälber und Kälber mit höheren Tageszunahmen eine hellere Fleischfarbe aufwiesen. Sie schlussfolgerten, dass es allerdings auch andere Faktoren (innerhalb eines Betriebs und zwischen Betrieben) geben dürfte, die die Fleischfarbe beeinflussen. In Bohlencke und Gropp (1979) ist zu lesen, dass bei hohen Tageszunahmen und gleicher Eisenaufnahme weniger Hämoglobin gebildet werden kann.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass (zumindest in der Tendenz) sich gut entwickelnde Kälber helleres Fleisch haben.

Zum Einfluss der Rasse auf die Kalbfleischfarbe finden sich in der Literatur nur wenige Arbeiten. Steinwider et al. (2001) mästeten Kälber der Rassen Fleckvieh, Holstein und Braunvieh, wobei Fleckvieh die dunkelste Fleischfarbe zeigte. Demgegenüber steht eine Datenauswertung von Weissensteiner et al. (2006) nach der Fleckvieh gegenüber den Rassen Pinzgauer und Holstein zumindest numerisch die hellste Fleischfarbe aufwies. Schnäkel et al. (2000) verglichen die Kalbfleischfarbe von Angus-, Limousin- und Herford-Kälbern und beobachteten, dass der Vergleich der L*, a* und b* Werte keine signifikanten Unterschiede zeigte; bei Betrachtung der Gesamtfarbdifferenz zeigte Angus die dunkelste Farbe. Morel und Chassot (2010) schlachteten Angus x Charolais, (Red Holstein x Limousin) x Charolais und Limousin x Charolais Kälber im Alter von 5 Monaten, die aus Mutterkuhhaltung stammten. Bei den Red Holstein x Limousin) x Charolais Kälbern wurden 43 % auf einer 2-teiligen Skala als rotfleischig eingestuft, bei den beiden anderen Kreuzungen waren es über 60 % der Kälber.

In der Literatur finden sich keine Arbeiten die explizit den Einfluss des Alters auf die Fleischfarbe untersuchen (Versuche immer in Kombination mit Mastendgewicht).

Ergänzungsfuttermittel – Kraftfutter, Raufutter (Heu, Stroh)

In der Literatur ist mehrfach belegt, dass der Einsatz von Getreide als Ergänzungsfutter bei Milchmastkälbern zu höheren Bluthämoglobingehalten und einer dunkleren Fleischfarbe (Beauchemin et al. 1990; Gariépy et al., 1998, Cozzi et al. 2002) führen. Bei Cozzi et al. (2002) führte das Füttern von 250 g Trockenschnitzel (220 mg Fe /kg TM) pro Tier und Tag zu signifikant höheren Blut-Hb-Werten und dunklerem Kalbfleisch im Vergleich zum Füttern von Milchaustauscher bzw. Milchaustauscher und Stroh. Zwischen dem Füttern von MAT+250 g Weizenstroh pro Tier und Tag bzw. nur MAT zeigten sich in der Fleischfarbe und im Blut-Hb-Gehalt keine signifikanten Unterschiede. Xiccato et al. (2002) konnten beim Vergleich der Kälbermast mit MAT bzw. MAT+Mais (von 30 g Mais in der ersten Woche ansteigend bis 500 g Mais pro Tier und Tag ab der 14. Lebenswoche) keinen Einfluss auf die Fleischfarbe feststellen.

Welchman et al. (1988) fütterten 170 Kälber in 5 verschiedenen Systemen: (I) System I: 2-mal tägliche MAT-Eimer-Fütterung, einstreulose Haltung, männliche Kälber; (II) System II: 2-mal tägliche MAT-Eimer-Fütterung+Beifutter, einstreulose Haltung, männlich; (III) System III: 2-mal tägliche MAT-Eimer-Fütterung, Haltung auf Stroh, männlich; (IV) System IV: MAT über (ad libitum u. restriktiven) Selbsttränker, Haltung auf Stroh, weiblich; (V) System V: MAT über restriktiven Selbsttränker+Beifutter, Haltung auf Stroh, weiblich.

Die Blut-Hb-Werte lagen zu Versuchsbeginn (1. Lebenswoche) in den Systemen I-V bei 11.5, 12.2, 12.5,

12.5 bzw. 12.7 g/dl Blut und zur Schlachtung bei 7.8, 9.7, 9.0, 9.2 und 12.4 g/dl Blut. Auffallend ist der hohe Blut-Hb-Gehalt der Kälber aus System V. Im Vergleich hierzu lag der Blut-Hb-Gehalt von Kälbern, die bis zur 6. Lebenswoche mit MAT und danach nur mit Kraftfutter (400 mg Fe /kg TM) und Heu gefüttert wurden (ohne MAT) in der ersten Lebenswoche bei 13.1 g/dl und in der 19. Lebenswoche bei 12.7 g/dl. Die Kalbfleischfarbe wurde in diesem Versuch nicht untersucht.

Egger und Bourgeois (1993) mästeten 100 männliche Fleckviehkälber mit MAT (Kontrollgruppen) und unterschiedlichen Heuqualitäten (Versuch I) bzw. mit unterschiedlichen Mengen an MAT bei ad libitum Heuaufnahme (Versuch II). Der MAT enthielt 20 mg Fe/ kg TM. Zwischen den Gruppen wurden keine signifikanten Unterschiede in der Fleischfarbe beobachtet. In der Tendenz wurde ab einem Eisengehalt von 55 mg Fe /kg TM (ca. 0,3 kg Heu Aufnahme pro Tag) die Fleischfarbe dunkler.

Nach den Ergebnissen von Egger und Bourgeois (1993) wird bei ad libitum MAT Fütterung am Tränkeautomaten selbst bei Vorlage von eisenreichem Heu sehr guter Qualität die Fleischfarbe nicht negativ beeinflusst. Egger (1991) beobachtete, dass bei einer gegenüber der Kontrollgruppe um 10 % reduzierten Milchverabreichung, die Heuaufnahme deutlich ansteigt und die Fleischfarbe dunkler wird. Nach Ergebnissen von Morel (2000) nehmen Kälber am Tränkeautomaten gegenüber der Eimertränke deutlich weniger Milch und mehr Getreide auf (*Anmerkung: hier könnte es natürlich auch sein, dass die Kälber den Tränkeautomat nicht gut annahmen und daher die Beifutteraufnahme anstieg*). Auch in einem Versuch von Steinwider et al. (2008) nahmen Mastkälber, die mit ad libitum Joghurt-Tränke gefüttert wurden pro Tier und Tag durchschnittlich 0,3 kg Heu (0,2 kg zu Mastbeginn und 0,6 kg zu Mastende) auf. Bei Blut-Hb-Gehalten von durchschnittlich 9 mg /dl Blut konnte kein negativer Einfluss auf die Fleischfarbe festgestellt werden.

Nach Egger (1995) – auch wenn wissenschaftlich fundierte Untersuchungen fehlen – könnte Stroh (Einstreu bzw. Raufe) eine genauso passende Rohfaserquelle wie Heu sein und mit weniger Risiken behaftet sein. Steinwider et al. (2001) mästeten 120 männliche Kälber mit Vollmilch bzw. MAT (höherer Eisengehalt als Vollmilch) und konnten keinen Einfluss auf die (objektiv gemessene) Fleischfarbe feststellen. Steinwider et al. (2006) schlagen vor, bei Kälbermast mit Mutterkühen die Kälber zeitlich von den Mutterkühen zu trennen, um eine zu hohe Beifutteraufnahme zu verhindern. Die Zulage von Kupfer dürfte keinen Einfluss auf die Kalbfleischfarbe haben (Egger 1991). Im Rahmen der Literaturrecherche wurden keine Versuche mit Silagefütterung an Mastkälber gefunden.

pH-Wert, Temperatur, Transportdistanz, Nüchterung

Fernandez et al. (1996) fanden bei 1- vs. 11-stündiger Transportdauer und 1- vs. 11-stündiger Nüchterungsdauer keinen Einfluss auf die objektive Fleischfarbe und den pH-Wert. Nach einem Versuch von Klont et al. (1999) haben post mortem pH-Wert und Temperatur (sofern im Normbereich) wenig Einfluss auf die Fleischfarbe. In Klont et al. (1999) und Klont et al. (2000) ist zu lesen, dass eine bessere Konformation (Fleischkasse) zu einer langsameren Fleischdurchkühlung und zu einem schnelleren pH-Abfall führen (*Anmerkung: hier könnte auch der Fleischfehler DFD vorgelegen haben, der zu dunklerem Fleisch führt*). Nach Klont et al. (2000) bewirkt ein langsamer pH-Abfall (> 6,7 drei Stunden post mortem) dunkleres Kalbfleisch. Die dunklere Kalbfleischfarbe bei langsamen pH-Abfall konnte im Vergleich zu einem schnellem pH-Abfall auch 3, 4, 7 und 10 Tage post mortem beobachtet werden. Van de Water (2003) beobachteten bei längerer Nüchterung eine dunklere Kalbfleischfarbe, was auf die Entleerung der Energiereserven und das Auftreten des Fleischfehlers DFD zurückzuführen sein dürfte.

Einzel- vs. Gruppenhaltung

Gemäß der EU-Kälberhaltungsrichtlinie (1991) müssen über 8 Wochen alte Kälber in Gruppenhaltung gehalten werden. Nach biologischen Richtlinien wirtschaftende Betriebe müssen ihre Kälber ab der 2. Lebenswoche in Gruppen halten. Xiccato et al. (2002) mästeten 80 männliche Holsteinkälber in Gruppen- bzw. Einzelhaltung und konnten keinen Einfluss auf die Fleischfarbe feststellen. Maatje et al. (1989) mästeten Kälber in Einzelhaltung (2-malige Fütterung pro Tag) versus Gruppenhaltung (4-malige Fütterung pro Tag) mit MAT und 300 g Strohpellets. Die Tiere der Gruppenhaltung zeigten eine hellere Fleischfarbe und niedrigere Hb-Gehalte im Vergleich zur Einzelhaltung, wofür der Autor keine Erklärung fand (*Anmerkung: 2-malige vs. 4-malige Futtevorlage; meine These: bei ad libitum Milchvorgabe sinkt*

Beifutteraufnahme und somit Risiko einer zu dunklen Fleischfarbe). Ein Versuch von Lensink et al. (2001) zeigt, dass Kälber die von Betrieben stammen, die den Kälbern eine positive ‚Behavior‘ entgegen bringen, eine signifikant hellere Fleischfarbe zeigen als Kälber, denen eine negative ‚Behavior‘ entgegen gebracht wird.

Farbveränderungen nach der Schlachtung, Verpackung, Lagerung

Laut Hulsegge (1990) ist es durchaus möglich die Qualität der Fleischfarbe bereits 45 min nach der Schlachtung zu messen und zu klassifizieren. Andere Autoren empfehlen wiederum erst nach Annäherung an den End-pH-Wert (nach mehreren Stunden) die Farbbeurteilung durchzuführen. Chatelain et al. (2007) fand zwischen den Farbwerten 45 min und 24 h post mortem eine nur geringe Korrelationen zwischen 0 und 0.3 (Skala von 0-1), was ihrer Meinung nach die Vorhersage der Farbe nach 24 h aus den Farbwerten von 45 min fast unmöglich macht. Nach Freudenreich et al. (1980) wird Fleisch zwischen 0 und 6 Stunden nach der Schlachtung leicht dunkler und erst ab 6 Stunden post mortem beginnt eine Farbaufhellung. Das Hellerwerden des Fleisches (L*-Wert steigt) ist auf Proteindegenerationen im Muskel zurückzuführen. Nach ihren Untersuchungen dürften Farbveränderungen 6 Tage post mortem abgeschlossen sein. Nach Untersuchungen von Faustman et al. (1992) treten bei rotem Kalbfleisch Farbveränderungen eher auf als bei weißem Kalbfleisch: Ab vier Tagen nach der Schlachtung enthielt rotes Kalbfleisch deutlich mehr Metmyoglobin (grau-braune Färbung) als weißes Kalbfleisch.

Gemäß Gariepy et al. (1998) steigt durch die Vakuumverpackung das Risiko des Auftretens von Oberflächenfarb-Veränderungen. Miltenburg et al. (1992) beobachteten deutliche Unterschiede in den objektiv gemessenen Farbhelligkeitswerten zwischen unterschiedlichen Muskeln (*M. longissimus* (Rostbraten), *M. rectus abdominis* (Brustanschnitt) und *M semimembranosus* (Schlängel)). Klont et al. (2000) konnten beim Füttern mit MAT ohne Beifütterung (200 männliche Mastkälber) keine Farbveränderung des *M. longissimus* 3, 4, 7 und 10 Tage post mortem feststellen. Beim Vergleich der Fleischfarbe 45 min, 24 h und 48 h nach der Schlachtung, wurde die Fleischfarbe heller, was auf die Eiweißdenaturierung zurückzuführen ist. Guignot et al. (1992) beobachteten, dass der Muskeltyp einen deutlichen Einfluss auf die Fleischfarbe und den pH-Abfall haben (Untersuchungen am *M. longissimus dorsi*, *M. psoas major*, *M triceps brachii caput laterale*).

3 Bisherige Datenauswertungen

Bei Kalbfleisch wird die Fleischfarbe – anders als bei allen anderen Rinderkategorien, bei denen die Fleischfarbe keinen Einfluss auf die Schlachtkörper-Bezahlung hat – am *M. rectus abdominis* (Brustanschnitt) (Abb. 2) mit Hilfe einer 8-teiligen Farbskala (Abb. 1) direkt am Schlachtband von einem geschulten Klassifizierer erhoben.

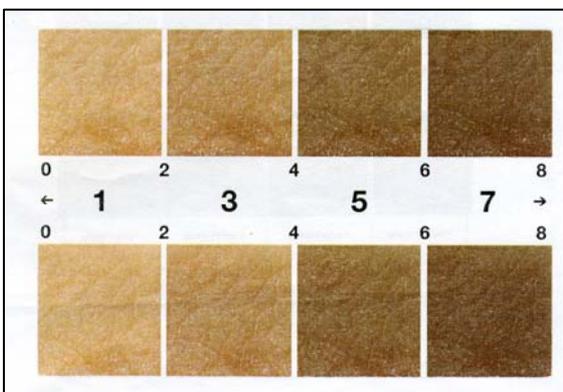


Abb. 1: Kalbfleisch-Farbkarte zur Farbbeurteilung



Abb. 2 Farbklassifizierung am *M. rectus abdominis*

3.1. Daten BioVermarktung

Es wurden Daten der BioVermarktung HandelsGesmbH, 2093 Geras zur Verfügung gestellt. Die Daten stammten aus dem Jahr 2008 und beinhalteten die Kälberschlachtungen aller Betriebe, die im Jahr 2008 mindestens 3 Kälber zur Schlachtung gebracht hatten. Es wurden 717 Datensätze zur Verfügung gestellt. Folgende Daten standen zur Verfügung: (1) Betriebsnummer, (2) Schlachthofname, (3) Schlachtalter (Geburts- und Schlachtdatum), (4) Schlachtgewicht (5) Geschlecht, (6) Fettklasse, (7) Fleischklasse, (8) Milchverabreichung (Mutterkuh oder Eimertränke) (9) Fleischfarbe laut 8-teiliger Klassifizierungsskala, (10) Rasse. Die Datensätze mit einem Schlachtgewicht von < 80 kg wurden nicht ausgewertet, da die Gewichte teilweise unrealistisch niedrig waren. Somit standen für die Auswertung 677 Datensätze zur Verfügung.

3.2. Daten Tauernfleisch I

Von dem Schlacht- und Zerlegebetrieb Tauernfleisch wurden 525 Datensätze von Kälberschlachtungen aus dem Jahr 2008 zur Verfügung gestellt. Bei diesen Kälberschlachtungen wurde jeweils eine Farbmessung an der Oberschale (Kaiserteil, *M. semimembranosus*) mit dem Farbmessgerät Chroma Meter CR 400 (8 mm Messbereich) der Fa. Konica Minolta gemacht. Weiters war wie bei den BioVermarktungs-Daten von den 525 Datensätzen Betriebsnummer, Schlachtalter, Schlachtgewicht, Geschlecht, Fettklasse, Fleischklasse, Fleischfarbe laut Klassifizierungsskala, Rasse bekannt. Informationen zur Milchverabreichung (Mutterkuh oder Eimertränke) standen nicht zur Verfügung.

3.3. Daten Tauernfleisch II

Von den Mitarbeitern des LFZ Raumberg-Gumpenstein wurden zwischen Mai und September 2009 bei drei Schlachterminen an insgesamt 194 Kälberschlachtkörpern zusätzlich zu den im Kapitel „Daten Tauernfleisch I“ genannten Daten folgende Parameter erhoben.

Datenerhebung bei der Schlachtung

Die Messungen erfolgten 0-45 Minuten post mortem am Schlachtband. Während des Entblutens wurde pro Tier eine Blutprobe (9 ml K3E K3EDTA Röhrchen) zur Bestimmung des Hämoglobingehalts gezogen. Die Blutproben wurden noch am gleichen Tag per Post ans LFZ Raumberg-Gumpenstein Außenstelle Wels versandt. Mit dem Gerät Chroma Meter CR 400 (siehe Kapitel Daten Tauernfleisch I) wurden am Brustanschnitt (*M. rectus abdominis*, kein frischer Anschnitt, ca. 10 min nach Schlachtung) je drei Messungen gemacht, aus denen dann der Mittelwert gebildet wurde. Unmittelbar nach den Farbmessungen erfolgte die Beurteilung von Fleischfarbe, Fett- und Fleischklasse durch einen geschulten Klassifizierer.

Datenerhebung bei der Zerlegung

Vierundzwanzig Stunden post mortem wurde mit dem Chroma Meter CR 400 die Fleischfarbe am Brustanschnitt (*M. rectus abdominis*), am Schlögel (*M. semimembranosus*) und am Rostbraten (*M. longissimus dorsi*, 6. Brustwirbel) gemessen. Bei Brust und Schlögel wurde unmittelbar vor der Messung ein frischer Anschnitt gemacht. Beim Rostbraten wurde kein frischer Anschnitt gemacht, sondern der Anschnitt verwendet, den die Schlachthof-Mitarbeiter 5-10 Minuten zuvor während der Schlachtkörperzerlegung gemacht hatten. Weiters wurde der pH-Wert im Rostbraten gemessen.



Abb. 3: Farbmessung an Brust



Schlögel



und Rostbraten (vom Rind, nicht Kalb)

3.4. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm SAS (Statistic Analysis System, Version 9.2,2008). Als Signifikanzgrenze wurde für die Merkmale ein p-Wert von 0,05 gewählt. Für die Varianz- und Kovarianzanalyse wurde jeweils die Procedure GLM verwendet.

Das subjektiv beurteilte Merkmal Fleischfarbe (8-teilige Farbskala) der Daten BioVermarktung sowie Tauernfleisch I und II wurde auf Normalverteilung getestet (**Test auf Normalverteilung**). Weiters wurden die Daten mit **χ^2 -Kontingenztest, Korrelationen** (inklusive **Rangkorrelation nach Spearman**), **Varianzanalyse** (Mehrfaktor-Modelle mit Wechselwirkungen) und mittels **Kovarianzanalyse** ausgewertet.

Bei der Varianzanalyse der BioVermarktungsdaten waren Geschlecht, Tränkeart, Fleischklasse (E+U und O+P wurden jeweils zu einer Klasse zusammengefasst), Fettklasse, Schlachtagter (< 120, \geq 120 Tage), Schlachtgewicht (80-120 kg, >120 kg) und Nettozunahmen (<900 g, \geq 900 g) fixe Effekte. Bei der Kovarianzanalyse galten Schlachtagter, Schlachtgewicht und Nettozunahmen als kontinuierliche Effekte.

Bei der Varianzanalyse der Tauernfleisch I Daten waren Geschlecht, Fleischklasse (E+U und O+P wurden jeweils zu einer Klasse zusammengefasst), Fettklasse (1+2 zu einer Klasse zusammengefasst), Schlachtagter (< 120 und \geq 120 Tage), Schlachtgewicht (<80 kg, 80-120 kg, >120 kg) und Nettozunahmen (<900 g, \geq 900 g) fixe Effekte. Bei der Kovarianzanalyse galten Schlachtagter, Schlachtgewicht und Nettozunahmen als kontinuierliche Effekte.

Bei den Daten Tauernfleisch II wurde für die Varianzanalyse zusätzlich zu den fixen Effekten der Daten Tauernfleisch I die Wirtschaftsweise (Bio vs. konventionell) als fixer Effekt definiert. Der Messzeitpunkt (Schlachtung vs. Zerlegung) und das Teilstück (Brust, Karree, Schlögel) wurden mittels einfacher Varianzanalyse ausgewertet.

3.5. Arbeitshypothesen

Hypothese 1 – Farbbeurteilung

Zwischen subjektiver Farbbeurteilung mittels 8-teiliger Farbskala durch den Klassifizierer und der Farbmessung mittels Farbmessgerät besteht ein enger Zusammenhang

Hypothese 2 – Messzeitpunkt

Zwischen Schlachtung, Zerlegung und Ankunft beim Konsumenten verändert sich die Fleischfarbe nicht

Hypothese 3 – Teilstück

Zwischen unterschiedlichen Teilstücken/Muskeln eines Kalbes gibt es keine Unterschiede in der Fleischfarbe

Hypothese 4 – Bluthämoglobingehalt

Zwischen Bluthämoglobingehalt und Kalbfleischfarbe besteht ein enger Zusammenhang. Hoher Bluthämoglobingehalten bedeuten dunkles Kalbfleisch

Hypothese 5 – Milchverabreichung (Mutterkuh vs. Eimertränke)

Zwischen Kälbern, die bei der Mutterkuh Milch trinken und Kälbern, die mit Eimer getränkt werden, besteht kein Unterschied in der Fleischfarbe

Hypothese 6 – Geschlecht

Zwischen männlichen und weiblichen Tieren besteht kein Unterschied hinsichtlich der Kalbfleischfarbe und im Bluthämoglobingehalt

Hypothese 7 – Mastleistung

Schlachalter, Schlachtgewicht, Fleischklasse, Fettklasse und Nettozunahmen beeinflussen die Kalbfleischfarbe

4 Erste Ergebnisse der Datenauswertungen

Die bisherigen Datenauswertungen und Literaturrecherchen bestätigen, dass die Einflussfaktoren auf die Kalbfleischfarbe vielfältig sind und es sehr schwierig ist allgemein gültige Empfehlungen für Kälbermastbetriebe abzuleiten. Im Folgenden sollen die sieben angeführten Hypothesen kurz beleuchtet werden. Zu beachten ist, dass es sich bei den Ergebnissen um Felderhebungen handelt.

Hypothese 1 – Farbbeurteilung

Zwischen subjektiver Farbbeurteilung mittels 8-teiliger Farbskala durch den Klassifizierer und der Farbmessung mittels Farbmessgerät besteht ein enger Zusammenhang

Die Daten Tauernfleisch I und II bestätigen, dass zwischen der Farbbeurteilung laut Farbskala und der objektiven Farbmessung [Helligkeit (L*-Wert) und Rotton (a*-Wert)] ein statistisch signifikanter Zusammenhang besteht. Die Korrelationskoeffizienten liegen bei den Daten Tauernfleisch I und II zwischen 0,5 und 0,6. Diese Korrelationen finden sich sowohl für die Farbskala als auch für die Messung mit Farbmessgerät. Weiters finden sich die Korrelationen für alle drei untersuchten Teilstücke Brust, Karree und Schlögel.

Tab. 2: Korrelationen zwischen subjektiver und objektiver Fleischfarbe

Merkmal 1	Merkmal 2	Korrelationskoeffizient	P-Wert
Tauernfleisch I			
Zerlegung_Schlögel_L*	Farbskala	-0,60	<0,001
Zerlegung_Schlögel_a*	Farbskala	0,58	<0,001
Tauernfleisch II			
Schlachtung_Brust_L*	Farbkarte	-0,56	<0,001
Zerlegung_Brust_L*	Farbkarte	-0,49	<0,001
Zerlegung_Karree_L*	Farbkarte	-0,49	<0,001
Zerlegung_Schlögel_L*	Farbkarte	-0,55	<0,001
Schlachtung_Brust_a*	Farbkarte	0,52	<0,001
Zerlegung_Brust_a*	Farbkarte	0,56	<0,001
Zerlegung_Karree_a*	Farbkarte	0,60	<0,001
Zerlegung_Schlögel_a*	Farbkarte	0,63	<0,001

Prinzipiell können Korrelationskoeffizienten zwischen -1 und +1 liegen, wobei Minuswerte einen negativen und Pluswerte einen positiven Zusammenhang bedeuten. Die Farbskala und der L*Wert sind negativ korreliert (höhere L*-Werte bedeuten niedrigere Farbskala und somit helles Fleisch), die a*Werte sind positiv korreliert (höhere a*-Werte bedeuten höhere Farbskala und intensiver rot gefärbtes Kalbfleisch). Koeffizienten von 0 bedeuten, dass kein Zusammenhang zwischen zwei Merkmalen besteht. Korrelationskoeffizienten von 0,5-0,6 – wie bei den Daten Tauernfleisch I und II gefunden – zeigen einen schwachen, aber erkennbaren Zusammenhang.

Der vom Farbmessgerät ausgeworfene b*Wert (Gelbton) steht in keinem Zusammenhang mit der

Kalbfleischfarbe (Korrelationskoeffizienten um 0,1 und P-Werte großteils nicht signifikant).

Anhang der Literatur (Egger, 1991, Eikelenboom et al. 1998, Klont et al. 1999, Hulsegge et al. 2001; Korrelationskoeffizienten zwischen 0,6 und 0,8) und den Ergebnisse unserer Untersuchungen lässt sich bestätigen, dass die subjektiv beurteilte Fleischfarbe mittels Farbskala durch den Klassifizierer gut mit der objektiv beurteilten Fleischfarbe mittels Farbmessgerät übereinstimmt. Der L*-Wert ist der entscheidende Parameter zur Beurteilung der Kalbfleischfarbe.

Hypothese 2 – Bluthämoglobingehalt

Zwischen Bluthämoglobingehalt und Kalbfleischfarbe besteht ein enger Zusammenhang. Hohe Bluthämoglobingehalte bedeuten dunkles Kalbfleisch

Zahlreiche Studien belegen, dass der Bluthämoglobingehalt bei der Schlachtung ein geeigneter Indikator zur Beurteilung der Kalbfleischfarbe ist (Boehncke und Gropp 1979, Welchman et al. 1988, Dufey 1991, Egger 1991, Egger, 1995, Morel 1996). Bei den Daten Tauernfleisch II wurde ein Korrelationskoeffizient für Bluthämoglobingehalt und Fleischfarbskala bzw. L* und a* Werten von 0,4-0,5 festgestellt. Dies deutet auf einen erkennbaren (statistisch signifikant), aber eben nur schwachen Zusammenhang zwischen Fleischfarbe und Bluthämoglobingehalt hin. Für die b*Werte zeigte sich auch hier nur eine Korrelation von 0,1, die statistisch nie signifikant war.

Tab. 3: Korrelationen zwischen objektiver Fleischfarbe und Bluthämoglobingehalt (Hb) (Tauernfleisch II)

Merkmal 1	Merkmal 2	Korrelationskoeffizient	P-Wert
Schlachtung_Brust_L*	Hb	-0,38	<0,001
Zerlegung_Brust_L*	Hb	-0,42	<0,001
Zerlegung_Karree_L*	Hb	-0,30	<0,001
Zerlegung_Schlögel_L*	Hb	-0,36	<0,001
Schlachtung_Brust_a*	Hb	0,36	<0,001
Zerlegung_Brust_a*	Hb	0,41	<0,001
Zerlegung_Karree_a*	Hb	0,49	<0,001
Zerlegung_Schlögel a*	Hb	-0,52	<0,001

Tab. 4 zeigt, dass bei den Daten Tauernfleisch II bei der Kalbfleischfarbe 4 der Bluthämoglobingehalt im Durchschnitt bei 12,1±2,1 g/dl lag. Gemäß Boehncke und Gropp (1979) und Welchman et al. (1988) liegt bei gut versorgten Kälber der Hämoglobingehalt während der gesamten Mast bei ≥ 12 mg /dl. In den meisten Studien, die sich mit der Eisenversorgung von Mastkälbern befassen, liegt der Hämoglobingehalt deutlich unter 12 (Egger 1991, Egger, 1995, Morel 1996). In Morel (1996) ist zu lesen, dass von 224 Kälbern, die bei der Schlachtung durchschnittliche Bluthämoglobingehalte von 8,6±1,3 g/dl zeigten, 17 % als nicht hellfleischig (sonders als rosaarbig bzw rot auf 3-teilger Skala) beurteilt wurden. Dufey (1991) zeigte, dass Kälber die vor der Schlachtung Blut-Hb-Werte >12 g hatten, auf einer 4-stufigen (1=hell, 4=rot) Farbskala mit durchschnittlich 3,25 beurteilt wurden. Morel und Chassot (2010) fanden bei Kälbern aus Mutterkuhhaltung, die mit einem durchschnittlichen Lebendgewicht von 250 kg und gut 5 Monaten geschlachtet wurden, durchschnittliche Hämoglobingehalte von 12,3 g/dl bei der Schlachtung. Bei den Daten Tauernfleisch II wurden 10 % der Kälber mit der Farbe > 4 (auf 8-teilger Skala) bewertet. Die bei Tauernfleisch II höheren Hb-Gehalte im Vergleich zur Literatur könnten eventuell auch auf unterschiedliche Labormethoden zurückzuführen sein.

Zwischen Bluthämoglobingehalt bei der Schlachtung und Kalbfleischfarbe besteht ein Zusammenhang. Höhere Hämoglobingehalte gehen mit dunklerer Kalbfleischfarbe einher. Es bleibt jedoch zu klären, inwieweit die Erhebung des Bluthämoglobingehalts zum Zeitpunkt der Schlachtung ein für die

österreichische Kälbermast geeigneter und vor allem praxistauglicher Indikator für die Beurteilung der Kalbfleischfarbe am Schlachthof ist.

Tab. 4: Mittelwerte der L*- und a*-Werte in Farbklassen (Daten Tauernfleisch II)

	Farbklassse		
	2+3	4	5+6+7
Kälberanzahl	33	142	19
L*-Werte			
Brust_Schlachtung	48	43	40
Brust_Zerlegung	46	41	39
Karree_Zerlegung	53	47	43
Schlögell_Zerlegung	54	47	44
a*-Wert			
Brust_Schlachtung	10	14	16
Brust_Zerlegung	9	13	15
Karree_Zerlegung	10	15	19
Schlögell_Zerlegung	9	14	17
Bluthämoglobingehalt (g/dl)	9,3	12,1	13,1

Hypothese 3 – Messzeitpunkt

Zwischen Schlachtung, Zerlegung und Ankunft beim Konsumenten verändert sich die Fleischfarbe nicht.

Bei den Daten Tauernfleisch II wurden die L* und a*-Werte am Brustanschnitt von der Schlachtung bis zur Zerlegung (24 Stunden nach der Schlachtung) niedriger (L*-Wert von 43,7 auf 41,6 und a*-Wert von 13,9 auf 12,6; P-Werte jeweils 0,001). Das Kalbfleisch wurde daher etwas dunkler und weniger intensiv rot.

Tab.5: Farbwerte an Brust zu Schlachtung und Zerlegung (Daten Tauernfleisch II)

Merkmal	Lsmeans		P-Wert	RMSE
	Schlachtung	Zerlegung		
L*	43,7	41,6	<0,001	4,16
a*	13,9	12,6	0,001	3,20
b*	5,5	4,6	<0,001	1,29

Dies steht im Widerspruch zu den Ergebnissen von Fernandez (1996) und Klont et al. (2000). Bei Klont et al. (2000) erhöhte sich der L*-Wert zwischen 45 min nach der Schlachtung und 24 Stunden post mortem um 4,5 bis 0,8 Einheiten, bei Fernandez et al. (1996) nach 48 Stunden um rund 6 Einheiten. Das heller werden des Fleisches ist auf Proteindenaturierungen zurückzuführen. Auch der b*-Wert wurde in unserer Studie niedriger, allerdings hat der b*-Wert auf die visuell wahrnehmbare Kalbfleischfarbe keinen Einfluss.

Die Berechnung des Gesamtfarbabstand (errechnet sich aus L*, a* und b*-Werten; $\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$) ergab einen Wert von 2,6; nach Schnäkel (2000) sind Gesamtfarbabstände von 1 gerade noch für das menschliche Auge wahrnehmbar; daher dürfte der bei den Tauernfleisch II gemessene Unterschied von 2,6 für den Laien nicht erkennbar sein.

Zwischen dem L*-Wert bei Schlachtung und Zerlegung zeigte sich ein Korrelationskoeffizient von 0,45 (P-

Wert < 0,001). Chatelain et al. (2007) fanden für den L*-Wert 45 min und 24 Stunden post mortem überhaupt nur eine Korrelation von 0,2. Laut Faustmann (1992) sind Farbveränderungen bei rotem Kalbfleisch stärker, als bei weißem Kalbfleisch. In der Auswertung der 192 Datensätze von Tauernfleisch II konnten allerdings keine wesentlichen Unterschiede in den Gesamtfarbabständen Schlachtung – Zerlegung zwischen Kalbfleisch mit hohem (helle Fleischfarbe) bzw. niedrigen (dunkle Fleischfarbe) L*-Werten bzw. Farbklassifizierung festgestellt werden.

Prinzipiell lässt sich schlussfolgern, dass zwischen Schlachtung und Zerlegung 24 Stunden post mortem geringfügige Farbveränderungen auftreten, die allerdings vom Konsumenten nicht wahrnehmbar sein dürften.

Hypothese 4 – Teilstück

Zwischen unterschiedlichen Teilstücken/Muskeln eines Kalbes gibt es keine Unterschiede in der Fleischfarbe.

Bei den Daten Tauernfleisch II zeigte der Brustanschnitt (*M. rectus abdominis*) signifikant niedrigere L* und a*-Werte (dunkleres Fleisch) als Karree (*M. longissimus*) und Schlägel (*M. semimembranosus*). Zwischen Karree und Schlägel konnten beim a* und b* Wert signifikante Unterschiede festgestellt werden; beim für die Kalbfleischfarbe vor allem entscheidenden L*-Wert zeigte sich allerdings kein Unterschied. Auch Klont et al (2000) stellten am Karree höhere L*-Werte (helleres Fleisch) als am Brustanschnitt fest. Laut der Internetseite Bovine Myology (Jones et al. 2004) hat bei Rindfleisch der *M. longissimus* einen deutlich höheren L*-Wert als der *M. semimembranosus* (L*-Wert 40,6 vs. 33,3). In der Studie von Guignot et al. (1992) konnte nur in einem von 2 Experimenten ein signifikant höherer L* Wert im *M. longissimus* im Vergleich vom *M. psoas major* (Filet) festgestellt werden..

Tab. 6: Farbwerte an Brust, Karree und Schlägel 24 h nach der Schlachtung (Tauernfleisch II)

Merkmal	Lsmeans			P-Wert	RMSE
	Brust	Karree	Schlägel		
L*	41,6 ^b	47,2 ^a	47,6 ^a	<0,001	4,96
a*	12,6 ^c	14,9 ^a	13,7 ^b	<0,001	3,39
b*	4,6 ^c	8,7 ^a	6,4 ^b	<0,001	1,81

ab Unterschiedliche Hochbuchstaben innerhalb einer Zeile bedeuten signifikante Unterschiede

Der Gesamtfarbabstand zwischen Brustanschnitt und Karree/Schlägel lag bei 6,4 bzw. 7,3, also ein visuell deutlich wahrnehmbarer Unterschied. Zwischen den wertvollen Teilstücken Karree und Schlägel zeigte sich allerdings kein merklicher Unterschied (Gesamtfarbabstand 2,6). Im Gegensatz zu diesem Ergebnis fanden Miltenburg et al. (1992) allerdings am Brustanschnitt (*M. recuts abdominis*) numerisch höhere L*Werte (hellere Fleischfarbe) als am Karree (*M. longissimus*) und am Schlägel (*M. semimembranosus*).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass nicht alle Teilstücke/Muskeln eines Kalbes die gleiche Fleischfarbe haben. Fleisch des Brustanschnitts, also dort, wo die Fleischfarbe routinemäßig erhoben wird, ist dunkler als Fleisch der wertvollen Teilstücke Karree und Schlägel.

Hypothese 5 – Milchverabreichung (Mutterkuh vs. Eimertränke)

Zwischen Kälbern, die bei der Mutterkuh Milch trinken und Kälbern, die mit Eimer getränkt werden, besteht kein Unterschied in der Fleischfarbe

Von den 677 ausgewerteten BioVermarktungsDaten stammten 71 % der Kälber aus Mutterkuhherden, 29 % wurden mit Eimern getränkt. Zwischen subjektiv beurteilter Farbe und Milchverabreichungsart fand sich bei den BioVermarktungsdaten eine Korrelation von 0,28 (P<0,001). In der Auswertung

BioVermarktung zeigte sich deutlich, dass die Kälber, die mit der Mutterkuhherde mitlaufen eine deutlich dunklere Fleischfarbe haben (4,0 vs. 3,4 anhand der 8-teiligen Farbskala). In einer zweiten Modellauswertung zeigte sich aber auch, dass dieser Unterschied nur für Kälber <120 kg Schlachtgewicht galt, bei Kälber > 120 kg Schlachtgewicht zeigte sich kein Unterschied je nach Milchverabreichung (durchschnittlicher Farbwert von 4,1). Dieser statistische Unterschied ist allerdings nicht auf die Art der Milchverabreichung (Tränke vs. Kuh) zurückzuführen, sondern auf die Tatsache, dass Kälber, die bei der Mutterkuhherde sind mehr Raufutter aufnehmen als Kälber die in Kalbergruppen gehalten werden (Morel und Chassot 2010). In der Literatur finden sich keine Untersuchungen, die Eimertränke und Mutterkuh vergleichen. Unter Umständen kann die ad libitum Verabreichung von Milch die Aufnahme von Beifutter reduzieren (Egger 1991, Egger und Bourgeois 1993). Morel und Chassot (2010) verglichen 2 Mutterkuh-Kälbermastsysteme, in denen die Kälber mit 5 Monaten und durchschnittlich 250 kg Lebendgewicht geschlachtet wurden. Im System GD hatten die Kälber keinen Zugang zur Futterkrippe der Mütter, im System OF hatten die Kälber Zugang zur Futterkrippe der Mutterkühe. Das System OF führte bei 43 % der Kälber zu einer roten Fleischfarbe (auf einer 2-teiligen Farbskala, rosa und rot), im System GD bei 62 % der Kälber.

Die Beifütterung der Kälber dürfte einen maßgeblichen Einfluss auf die Eisenversorgung des Kalbes und somit auf die Kalbfleischfarbe haben. Mastkälber von Mutterkühen neigen zu einer dunkleren Kalbfleischfarbe. Eine zeitliche Trennung (insbesondere während Fütterungszeiten) der Kälber von den Mutterkühen ist daher sinnvoll.

Hypothese 6 – Geschlecht

Zwischen männlichen und weiblichen Tieren besteht kein Unterschied hinsichtlich der Kalbfleischfarbe und im Bluthämoglobingehalt.

Einige Studien kommen zu dem Schluss, dass weibliche Kälber zumindest in der Tendenz eine dunklere Fleischfarbe als männliche Kälber haben (Freudenreich et al. 1980, Egger 1995, Morel 2010). Egger (1995) beobachtete bei weiblichen Kälbern zum Teil höherer Heuaufnahmen und eine dunklere Fleischfarbe als bei männlichen Tieren. Die Studien von Egger (1995) und Morel (2010) stammen beide von derselben Schweizer Forschungsanstalt.

In Tab. 7 ist ersichtlich, dass der Geschlechtseinfluss auf die Fleischfarbe anhand der Daten BioVermarktung, Tauernfleisch I und II nicht bestätigt werden konnte. Ein signifikanter P-Wert - allerdings nur mit einem sehr niedrigen Koeffizienten von 0,1 - wurde nur zwischen Farbskala und Geschlecht für die Daten Tauernfleisch I gefunden.

Tab 7: Korrelationen zwischen Geschlecht und Fleischfarbe

Merkmal 1	Merkmal 2	Korrelationskoeffizient	P-Wert
BioVermarktung Farbskala	Geschlecht	0,07	0,059
Tauernfleisch I Zerlegung_Schlögel_L*	Geschlecht	-0,01	0,812
Farbskala	Geschlecht	0,10	0,016
Tauernfleisch II Schlachtung_Brust_L*	Geschlecht	-0,04	0,629
Zerlegung_Brust_L*	Geschlecht	0,01	0,912
Zerlegung_Karree_L*	Geschlecht	-0,02	0,755
Zerlegung_Schlögel_L*	Geschlecht	0,09	0,244
Farbskala	Geschlecht	0,10	0,173
Bluthämoglobin	Geschlecht	0,15	0,049

Auch zwischen Geschlecht und Bluthämoglobingehalt zeigte sich ein signifikanter, aber eben mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,15 nur loser Zusammenhang.

In der Datensätze BioVermarktung, Tauernfleisch I und II konnte nicht die insbesondere von der Schweiz häufig geäußerte Meinung bestätigt werden, dass weibliche Tiere eine dunklere Kalbfleischfarbe bzw. höhere Bluthämoglobingehalte haben.

Hypothese 7 – Mastleistung

Schlachtalter, Schlachtgewicht, Fleischklasse, Fettklasse und Nettozunahmen beeinflussen die Kalbfleischfarbe.

Diese Hypothese wird erst im Abschlussbericht behandelt.

5 Weitere Vorgehensweise

Bis zum Projektende im Mai 2010 werden noch folgende Punkte durchgeführt.

- (1) Ausführliche Darstellung und Interpretation der Ergebnisse aus Kapitel 3.1 bis 3.3 sowie Beantwortung der unter 3.5 definierten Arbeitshypothesen (insbesondere Hypothese 7 - Mastleistung).
- (2) Abschluss der Diplomarbeit des Diplomanden Jakob Murgg an der BOKU Wien im Herbst 2010 (Teilergebnisse aus den Kapiteln 2.1 bis 2.3 werden in der Diplomarbeit dargestellt).
- (3) Vertiefung der im Kapitel 4 des Zwischenberichts angeführten Literaturrecherche.
- (4) Ableiten von Empfehlungen für die Praxis (Kälbermastbetriebe, landwirtschaftliche Beratung, etc.).
- (5) Sofern es die zeitlichen Ressourcen erlauben und die ÖFK (Österreichischen Fleischkontrolle) bereit ist Daten zur Verfügung zu stellen - Auswertung von Kälbermastdaten der ÖFK.

Danksagung

Unser Dank gilt den Kooperationspartnern Tauernfleisch GmbH, Tiroler Viehmarketing, Bio Austria und Rewe Ja! Natürlich für das zur Verfügung stellen der Daten sowie für die Hilfestellung bei der Datenerhebung.

6 Literaturverzeichnis

- Beauchemin, K.A., Lachance, B., St.-Laurent, G., 1990. Effects of Concentrate Diets on Performance and Carcass Characteristics of Veal Calves. *J. Anim Sci.* 68, 35-44.
- Boehncke, E., Gropp, J., 1979. Zur Eisenversorgung des Mastkalbes 1. Mitteilung: Beurteilung der Eisenversorgung (Literaturübersicht). *Bayerisches Landw. Jahrbuch* 56, 571-593.
- Burgstaller, G., Boehncke, E., Knöppler, H., Peschke, W., Matzke, P., Ferstl, R., Kölling, K., Gropp, J., 1979. Zur Eisenversorgung des Mastkalbes 2. Mitteilung: Untersuchung über die Auswirkungen unterschiedlicher Eisenzusätze zum Milchaustauscher. *Bayerisches Landw. Jahrbuch* 56, 594-605.
- Chatelain, Y., Guggisberg, D., Dufey, P.A., Vergeres, G., 2007. Messung an Fleisch und Fleischerzeugnissen. *Alp science* Nr. 507, 1-23.
- Cozzi, G., Gottardo, F., Mattiello, S., Canali, E., Scanziani, E., Verga, M., Andrighetto, I., 2002. The provision of solid feeds to veal calves: I. Growth performance, forestomach development, and carcass and meat quality. *J. Anim Sci.* 80, 357-366.
- Dufey, P.A., 1991. Eisenversorgung beim Mastkalb - Teil II: Vergleich der Fleischqualität von anämischen und nicht-anämischen Kälbern. *Landwirtschaft Schweiz* 4, 89-92.
- Egger, I., 1991. Eisenversorgung beim Mastkalb - Teil I: Einfluss zwischen Eisen- und Kupferdosierungen

- auf Leistung, Gesundheit und Fleischfarbe beim Mastkalb. *Landwirtschaft Schweiz* 4, 41-46.
- Egger, I., 1995. Muss an Mastkälber heu verfüttert werden? *Agrarforschung* 2, 16-172.
- Egger, I., Bourgeois, S., 1993. Einfluss einer ad libitum Heubeifütterung auf die Fleischfarbe und die Leistung von Mastkälbern. *Landwirtschaft Schweiz* 6, 267-271.
- Eikelenboom, G., Laurijsen, H.A.J., Velthuyse van, A., Garssen, G.J., 1988. Beziehung zwischen Kalbfleischfarbe, Produktionsmerkmalen und Mineralstoffen im Muskel. *Fleischwirtschaft* 68, 500-501.
- Eikelenboom, G., Laurijsen, H.A.J., Velthuyse van, A., Garssen, G.J., 1988. Veal colour in relation to production traits and minerals in muscle. *Fleischwirtschaft* 68, 489-490.
- 91/629/EWG, 1991. Richtlinie des Rates vom 19. November 1991 über Mindestanforderungen für den Schutz von Kälbern. 97/182/EG, 1997. Entscheidung der Kommission vom 24. Februar 1997 zur Änderung des Anhangs der Richtlinie 91/629/EWG.
- Faustman, C., Yin, M.C., Nadeau, D.B., 1992. Color stability, lipid stability, and nutrient composition of red and white veal. *Journal of Food Science* 57, 302-311.
- Fernandez, X., Monin, G., Culioli, J., Legrand, I., Quilichini, Y., 1996. Effect of duration of feed withdrawal and transportation time on muscle characteristics and quality in Friesian-Holstein calves. *J. Anim Sci.* 74, 1576-1583.
- Fischer, A., Basel, H., Schröder, K., 1979. Zur Eisenversorgung des Mastkalbes 5. Mitteilung: Einfluß unterschiedlicher Eisenversorgung auf verschiedene Qualitätsmerkmale von Kalbfleisch. *Bayerisches Landw. Jahrbuch* 56, 624-629.
- Freudenreich, P., Schön, L., Scheper, J., 1980. Untersuchungen über die Beschaffenheit von Kalb- und Jungbullenfleisch 1. Mitteilung: Tiermaterial, Farbhelligkeit und pH-Wert. *Fleischwirtschaft* 60, 1721-1725.
- Futtermittelverordnung, 2000. Verordnung des Bundesministers für Land und Forstwirtschaft, mit der Bestimmungen zur Durchführung des Futtermittelgesetzes 1999, erlassen werden, BGBl. II Nr. 93/2000 in den Fassungen der Novellen BHBL. II Nr. 51/2001, 373/2001, 28/2002, 243/2003, 368/2004, 132/2005 und 24/2006- (konsolidierte Fassung).
- Gariépy, C., Delaquis, P.J., Pommier, S., De Passillé, A.M.B., Fortin, J., Lapierre, H., 1998. Effect of calf feeding regimes and diet EDTA on physico-chemical characteristics of veal stored under modified atmospheres. *Meat Science* 49, 101-115.
- Guignot, F., Quilichini, Y., Renner, M., Lacourt, A., Monin, G., 1992. Relationships between muscle type and some traits influencing veal colour. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 58, 523-529.
- Hulsegge, B., Engel, B., Buist, W., Merkus, G.S.M., Klont R.E., 2001: Instrumental colour classification of veal carcasses. *Meat Science* 57, 191-195.
- Jones, S.J., Guru, A., Singh, V., Carpenter, B., Calkins, C.R., and Johnson, D. 2004. Bovine Myology and Muscle Profiling. Available: <http://bovine.unl.edu>.
- Kirchgessner, M., Grassmann, E., Roth, F.X., Roth-Maier, D.A., 1974. Wachstum und Fleischfarbe von Mastkälbern bei unterschiedlicher Eisenversorgung in Anfangs- und Endmast. *Z. Tierhphysiol., Tierernährg. und Futtermittelkde.* 34, 35-42.
- Klont, R.E., Barnier, V.M., van Dijk, A., Smulders, F.J., Hoving-Bolink, A.H., Hulsegge, B., Eikelenboom, G., 2000. Effects of rate of pH fall, time of deboning, aging period, and their interaction on veal quality characteristics. *J. Anim Sci.* 78, 1845-1851.
- Klont, R.E., Barnier, V.M.H., Smulders, F.J.M., Van Dijk, A., Hoving-Bolink, A.H., Eikelenboom, G., 1999. Post-mortem variation in pH, temperature, and colour profiles of veal carcasses in relation to breed, blood haemoglobin content, and carcass characteristics. *Meat Science* 53, 195-202.
- Knaus, W., Zollitsch, W., Lettner, F., Schlerka, G., Pangerl, R., 1997. Effects of iron supplementation on the performance, blood hemoglobin, iron concentration and carcass calor of veal calves. *Die Bodenkultur* 48, 43-51.

- Lensink, B.J., Fernandez, X., Cozzi, G., Florand, L., Veissier, I., 2001. The influence of farmers' behavior on calves' reactions to transport and quality of veal meat. *J. Anim Sci.* 79, 642-652.
- Maatje, K., 1989. Mastkälber in Gruppen halten. *Tierzüchter* 41, 20-21.
- Miltenburg, G.A., Wensing, T., Smulders, F.J., Breukink, H.J., 1992. Relationship between blood hemoglobin, plasma and tissue iron, muscle heme pigment, and carcass color of veal. *J. Anim Sci.* 70, 2766-2772.
- Morel, I., 1996. Die Eisenversorgung beim Mastkalb. *Agrarforschung* 3, 53-56.
- Morel, I., 2000. Einsatz von Getreide anstelle von Milchersatzfutter beim Mastkalb. *Agrarforschung* 7, 24-29.
- Morel, I., Chassot, A. 2010. Kalbfleisch aus Mutterkuhhaltung: Leistungen der Kälber. *Agrarforschung Schweiz* 1, 18-23.
- Schnäckel, W., Matthes, H.D., Pastoushenko, V., Wiegand, D., Schellenberg, I., 2000. Fleischqualität von Weidemastfärsen und -kälbern. *Fleischwirtschaft* 11, 102-105.
- Steinwider, A., 2008. Vollmilchkälbermast auf Basis von gesäuerter Jogurttränke bzw. frischer warmer Vollmilch mit bzw. ohne Eisenergänzung, Abschlussbericht Nr. WT 3481, HBLFA Raumberg-Gumpenstein.
- Steinwider, A., Grabner, R., Mitteregger, J., Wöllinger, R., Gasteiner, J., 2006. Vollmilch-Kälbermast. *der Fortschrittliche Landwirt* 14, 47-58.
- Steinwider, A., Gruber, L., Greimel, M., 2001. Vollmilch oder Milchaustauschfutter in der Kälbermast - Einfluss auf Mast- und Schlachtleistung, Fleischqualität und Wirtschaftlichkeit. *Die Bodenkultur* 52, 233-245.
- Van de Water, G., Verjans, F., Geers, R., 2003. The effect of short distance transport under commercial conditions on the physiology of slaughter calves; pH and colour profiles of veal. *Livestock Production Science* 82, 171-179.
- Völker, H., Rotermund, L., Bauer, U., 1996. Die Erzeugung weißen Kalbfleisches unter Tierschutzaspekten. *Berl. Münch. tierärztl. Wschr.* 109, 55-63.
- Weißensteiner, R., Knaus, W., Winckler, C., 2006. Untersuchung zur Schlachtkörperqualität von Bio-Kälbern, Abschlussbericht im Auftrag von Rewe, Ja! Natürlich.
- Welchman, D.d.B., Whelehan, O.P., Webster, A.J.F., 1988. Haematology of veal calves reared in different husbandry systems and the assessment of iron deficiency. *The Veterinary Record*, 505-510.
- Wilson, L.L., Egan, C.L., Henning, W.R., Mills, E.W., Drake, T.R., 1995. Effects of live animal performance and hemoglobin level on special-fed veal carcass characteristics. *Meat Science* 41, 89-96.
- Xiccato, G., Trocino, A., Queaque, P.I., Sartori, A., Carazzolo, A., 2002. Rearing veal calves with respect to animal welfare: effects of group housing and solid feed supplementation on growth performance and meat quality. *Livestock Production Science* 75, 269-280.