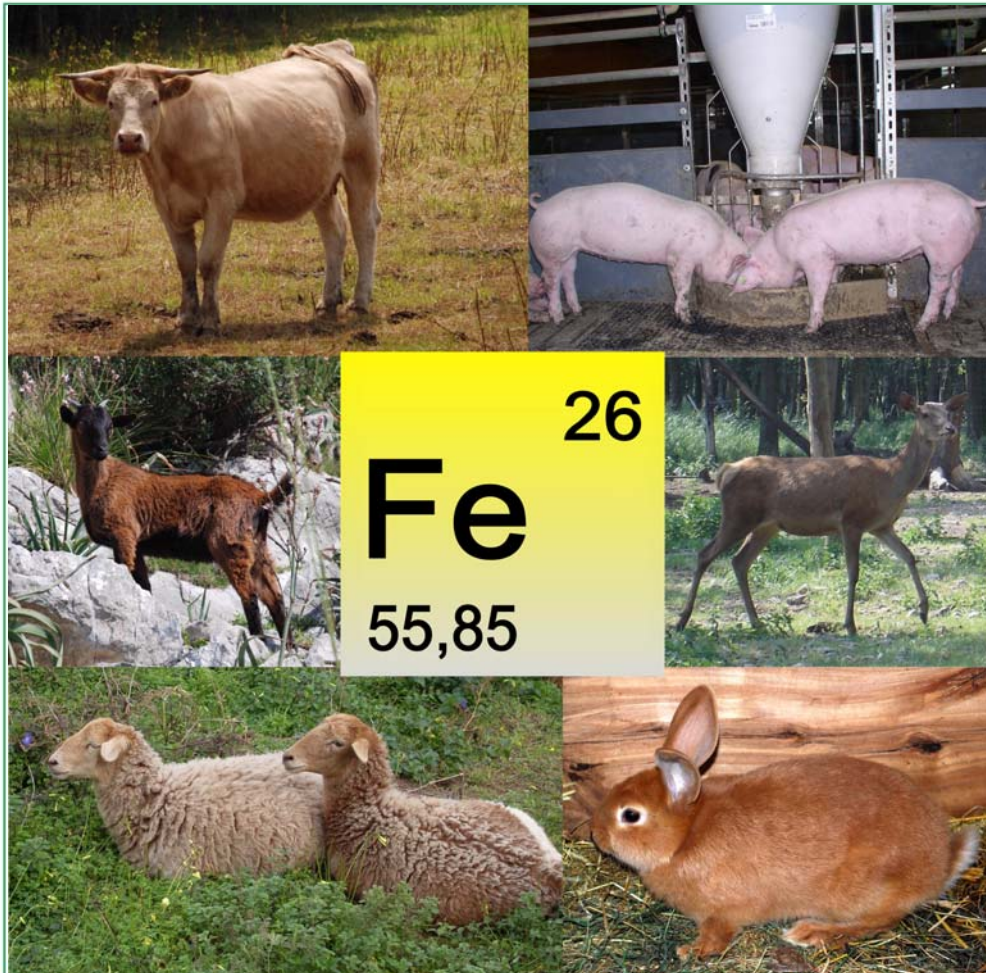




Das Lebensmittelministerium



Eisengehalt von Fleisch

Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Heft 35/2009

Freistaat  Sachsen

Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Ermittlung des Eisengehalts im Fleisch verschiedener Tierarten

Dr. Karsten Westphal, Dr. Ralf Klose, Dr. Manfred Golze

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielstellung	1
2	Material und Methoden	5
2.1	Probenherkunft	5
2.2	Probenaufbereitung	6
2.3	Bestimmung des Eisengehaltes	6
2.4	Bestimmung der Farbe	7
3	Ergebnisse und Diskussion	7
3.1	Untersuchungen des Eisengehaltes im Fleisch verschiedener Tierarten	7
3.2	Fleischfarbe und Eisengehalt	9
3.3	Untersuchungen an Schweinefleisch	13
3.4	Untersuchungen an Rindfleisch	16
3.5	Untersuchungen an Kaninchenfleisch	20
3.6	Untersuchungen an Schaf- und Ziegenfleisch	21
3.7	Untersuchungen an Wildfleisch	24
4	Zusammenfassung und Ausblick	24
5	Literatur	26

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Myoglobingehalt des Rückenmuskels (M. longissimus dorsi) verschiedener Tierarten nach HAMM [6].....	2
Tabelle 2: Empfohlene Eisenzufuhr	2
Tabelle 3: Eisengehalte ausgewählter Lebensmittel (<i>umgerechnet in mg/kg</i>)	3
Tabelle 4: Eisengehalte von Fleisch verschiedener Tierarten (<i>umgerechnet in mg/kg</i>).....	4
Tabelle 5: Eisengehalt von Schweinefleisch (<i>umgerechnet in mg/kg</i>)	5
Tabelle 6: Anzahl der Tiere, bezogen auf die Tierart	6
Tabelle 7: Untersuchungsergebnisse zum Eisengehalt im Fleisch verschiedener Tierarten	8
Tabelle 8: Farbhelligkeit L* der untersuchten Tierarten, am Rücken- bzw. Brustmuskel gemessen.....	10
Tabelle 9: Rotton a* der untersuchten Tierarten, am Rücken- bzw. Brustmuskel gemessen	12
Tabelle 10: Eisengehalte von Schweinefleisch (Rückenmuskel/M. longissimus dorsi) verschiedener genetischer Konstruktionen	14
Tabelle 11: Eisengehalte von Rindfleisch (Rückenmuskel/M. longissimus dorsi) verschiedener genetischer Konstruktionen	17
Tabelle 12: Eisengehalte von Rindfleisch (Rückenmuskel/M. longissimus dorsi) verschiedener Kategorien	18
Tabelle 13: Alter der Tiere verschiedener Kategorien.....	18
Tabelle 14: Alter, Eisengehalte und Farbwerte von Bison-, Auerochsen- und Büffelfleisch (Rückenmuskel/M. longissimus dorsi), Einzelwerte	20
Tabelle 15: Eisengehalte von Kaninchenfleisch (Rückenmuskel/M. longissimus dorsi) verschiedener Kategorien	20
Tabelle 16: Alter der untersuchten Kaninchen	21
Tabelle 17: Eisengehalte von Schaffleisch (Rückenmuskel/M. longissimus dorsi) verschiedener genetischer Konstruktionen	22
Tabelle 18: Alter der untersuchten Schafe bzw. Lämmer	22
Tabelle 19: Eisengehalte von Ziegenfleisch (Rückenmuskel/M. longissimus dorsi) verschiedener genetischer Konstruktionen	23
Tabelle 20: Eisengehalte von Wildfleisch verschiedener Arten.....	24

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Erläuterungen zum Boxplot-Diagramm	8
Abbildung 2:	Eisengehalte im Fleisch verschiedener Tierarten (Boxplot-Diagramm).....	9
Abbildung 3:	Farbhelligkeit L* von Fleisch verschiedener Tierarten (Boxplot-Diagramm).....	11
Abbildung 4:	Gegenüberstellung von Farbhelligkeit L* und Eisengehalt unter Berücksichtigung der verschiedenen Tierarten	11
Abbildung 5:	Rotton a* von Fleisch verschiedener Tierarten (Boxplot-Diagramm)	12
Abbildung 6:	Gegenüberstellung von Rotton a* und Eisengehalt unter Berücksichtigung der verschiedenen Tierarten	13
Abbildung 7:	Eisengehalte von Schweinefleisch (Rückenmuskel) verschiedener genetischer Konstruktionen (Boxplot-Diagramm)	15
Abbildung 8:	Eisengehalte von Rindfleisch verschiedener Kategorien (Boxplot-Diagramm)	19
Abbildung 9 :	Eisengehalte von Kaninchenfleisch (Rückenmuskel) verschiedener genetischer Konstruktionen (Boxplot-Diagramm).....	21
Abbildung 10:	Eisengehalte von Schaffleisch verschiedener genetischer Konstruktionen (Boxplot-Diagramm)	23

Verwendete Abkürzungen

97	Fleischrind x Fleischrind
BA	Blonde d' Aquitaine
Ch	Charolais
DA	Deutsche Angus
DE	Deutsches Edelschwein
DL	Deutsche Landrasse
Du	Duroc
FBN	Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere
FL	Fleisch Fleckvieh
FM	Frischmasse
Lim	Limousin
Pi	Pietrain
RV	Rotvieh
Sal	Salers
SBT	Schwarzbunt
TAU	Wagyu (japanische Rasse)
TLL	Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
Vogtl. RV	Vogtländer Rotvieh
WBB	Weißblaue Belgier

1 Einleitung und Zielstellung

Das chemische Element Eisen (Symbol: Fe) mit der Ordnungszahl 26 im Periodensystem bestimmt unser tägliches Leben. Es zählt zu den wichtigsten Rohstoffen auf der Erde und kommt mit einem Anteil von 4,7 % in der Erdkruste vor. Eisen ist damit das vierthäufigste Element. Der Eisengehalt des Erdkerns wird auf 37 % geschätzt [1]. Die auf der Erde vorhandenen Eisenerzvorkommen sind überwiegend oxidischer und sulfidischer Natur. In diesen Verbindungen liegt das Eisen vor allem in den Oxidationsstufen +2 und +3 vor. An der Luft wird Fe^{2+} leicht zu Fe^{3+} oxidiert.

Eisen ist nicht nur als industrieller Rohstoff von großer Bedeutung. Es spielt in der menschlichen Ernährung eine wichtige Rolle. Eisen gilt als essentielles Spurenelement, da es im menschlichen Organismus an vielen biochemischen Vorgängen beteiligt ist. Im Hämoglobin, dem Blutfarbstoff, dient es zum Transport von Sauerstoff im Blut. Dazu wird der für den Menschen lebenswichtige Sauerstoff über das Eisen an Hämoglobin, das sich in den roten Blutkörperchen (Erythrozyten) befindet und die rote Farbe verursacht, gebunden und von der Lunge in die Gewebezellen transportiert. Im Gewebe erfolgt eine Speicherung des Sauerstoffs im Muskelfarbstoff Myoglobin. Der Sauerstoff ist im Myoglobin analog zum Hämoglobin über Eisen gebunden. Eisen dient somit der Aufrechterhaltung der Muskelfunktionen. Darüber hinaus benötigen verschiedene Enzyme, die z. B. an der Regelung des Energieumsatzes und des Stoffwechsels im Organismus beteiligt sind, Eisen für ihre Aktivität.

Im menschlichen Körper befinden sich 2 g bis 4 g Eisen [2, 3]. Hämoglobin enthält 50 % bis 70 % und Myoglobin 2 % bis 20 % des gesamten im Körper vorhandenen Eisens. Nach SPEICHER [4] ist Eisen im menschlichen Körper wie folgt verteilt: 66 % im Hämoglobin, 19 % als Depoteisen in Ferritin und Hämosiderin, 10 % in Nichthäm-Enzymen (Redoxkatalyse Fe-S Cluster), 4,6 % im Myoglobin, 0,2 % in Häm-Enzymen (Cytochrome, Katalasen und Peroxidasen) und 0,2 % in Transferrin (Eisentransport im Plasma).

Der Myoglobingehalt im Muskelfleisch von Tieren hängt von verschiedenen Faktoren ab. Die Aufnahme von Eisen mit dem Futter spielt hier eine wichtige Rolle. Die Farbe von Kalbfleisch in der Laktationsphase ist in der Regel sehr hell (weißfleischig). Während der Fütterung mit Milch oder eisenarmem Proteinfutter verändert sich die helle Farbe kaum. Erst mit Beginn der Verfütterung von Raufutter wird zunehmend Eisen aufgenommen. Die Eisenaufnahme wirkt sich auf die Myoglobinbildung fördernd aus. Der Myoglobingehalt steigt mit zunehmendem Alter in der Regel an. Intensive Muskelbewegung übt ebenfalls einen positiven Einfluss auf die Myoglobinbildung aus. Durch eine stärkere Beanspruchung des Muskels wird der Myoglobingehalt erhöht [5, 6]. Das Hauschwein, das sich verhältnismäßig wenig bewegt, weist aufgrund des niedrigen Myoglobingehaltes eine hellere Fleischfarbe als Rindfleisch auf.

In der Tabelle 1 sind Myoglobingehalte verschiedener Tierarten zusammengestellt.

Tabelle 1: Myoglobingehalt des Rückenmuskels (M. longissimus dorsi) verschiedener Tierarten nach HAMM [6]

Tierart	Myoglobingehalt in %
Schwein	0,06
Lamm	0,25
Rind	0,50
Pferd	0,80
Wal	0,91

Für die Muskulatur des Wales ist ein sehr hoher Myoglobingehalt charakteristisch. Über diesen hohen Myoglobingehalt kann ausreichend Sauerstoff gespeichert werden, den der Wal für seine langen Tauchphasen benötigt [6].

Da Eisen Bestandteil des Myoglobins ist, sollte im Muskel eine Korrelation zwischen dem Myoglobin- und dem Eisengehalt bestehen.

Eisen muss mit der Nahrung aufgenommen werden. Eine Ausscheidung von Eisen erfolgt über abgeschilferte Zellen der Darmschleimhaut, Schweiß, abgeschnittene Haare, Finger- und Fußnägel sowie bei Frauen zusätzlich über die Regelblutung. Ca. 1 mg Eisen gehen so dem Körper täglich verloren. Aufgrund der fast ausschließlichen Bindung an Eiweiße kann Eisen nicht über die Nieren ausgeschieden werden [7, 8].

Der Tagesbedarf des Menschen an Eisen ist vom Alter und Geschlecht abhängig. Die empfohlenen Mengen sind aus der Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2: Empfohlene Eisenzufuhr

Alter	Eisenzufuhr in mg/Tag	
	männlich	weiblich
bis 4 Monate	0,5	
4 Monate bis 7 Jahre	8	
7 bis 10 Jahre	10	
10 bis 19 Jahre	12	15
19 bis 50 Jahre	10	15
ab 51 Jahre	10	10
Schwangere		30
Stillende		20

Quelle: D-A-CH Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr 2000 [9]

Eine Unterversorgung mit Eisen ruft beim Menschen allgemeine Symptome wie Müdigkeit, verminderte geistige und körperliche Leistungsfähigkeit, blasse Haut, Schlafstörungen und Kopfschmerzen hervor. In schweren Fällen können auch Luftnot und Herzbeschwerden auftreten. Spezielle Symptome können u. a. Blutarmut (Anämie), Hohlknägel, rissige und trockene Haut sowie häufiger Pilzbefall sein. Rund eine Milliarde Menschen leiden weltweit aufgrund einer unzureichenden Eisenzufuhr an Anämie [8].

Eine Überdosierung von Eisen wirkt sich ebenfalls negativ auf die Gesundheit aus. Da der Organismus Eisen ausschließlich an Eiweiße gebunden transportiert und speichert, kann, wie bereits oben beschrieben, überschüssiges Eisen nicht über die Nieren ausgeschieden werden. Als Folge einer Überdosierung können u. a. Störungen der Leber- und Herzfunktion auftreten. In Extremfällen färbt sich die Haut metallisch grau bis braun [10].

Wie beim Menschen kann ein Eisenmangel auch bei Tieren Ursache für Erkrankungen sein. Eisenvergiftungen sind aber beim Tier unter praktischen Bedingungen eher unwahrscheinlich. Intoxikationen werden fast ausschließlich durch Fehldosierungen eisenhaltiger Präparate im Rahmen veterinärmedizinischer Behandlungen verursacht [11].

Der Eisengehalt in Lebensmitteln variiert zum Teil sehr stark. In der Tabelle 3 sind durchschnittliche Eisengehalte ausgewählter Lebensmittel tierischer und pflanzlicher Herkunft zusammengefasst.

Tabelle 3: Eisengehalte ausgewählter Lebensmittel (umgerechnet in mg/kg)

Lebensmittel	Eisengehalt in mg/kg verzehbarem Anteil
Vollkornbrot	27
Haferflocken	46
Spinat (gegart)	38
Linsen (gegart)	26
Majoran (frisch)	134
Kürbiskerne	125
Haselnuss	38
Hühnerei (Eigelb)	72
Schweineleber (gegart)	154
Ente (gegart)	26
Rindfleisch (gegart)	33
Schweinfleisch (gegart)	25
Blutwurst	170
Leberwurst	70

Quelle: Bundeslebensmittelschlüssel (BLS) 1999 [15]

Für die Eisenzufuhr ist nicht allein der Eisengehalt des Lebensmittels ausschlaggebend. Die Bioverfügbarkeit des Eisens im Lebensmittel spielt ebenfalls eine große Rolle. In diesem Zusammenhang sind Fleisch und Fleischprodukte wesentliche Eisenquellen für die menschliche Ernährung. Das in Fleisch und Innereien vorhandene Eisen, insbesondere das im Hämoglobin und Myoglobin gebundene (Hämeisen), besitzt eine höhere Bioverfügbarkeit im Vergleich zum Eisen in pflanzlichen Produkten (Nicht-Hämeisen), d. h. es kann besser resorbiert werden. Die Resorption des Eisens erfolgt im Dünndarm [8]. Nach SCHMID [12] liegt die Resorptionsrate für Hämeisen bei 15 - 35 % und für Nicht-Hämeisen bei 2 - 20 %. BELITZ & GROSCH [13] beschreiben die Resorptionsrate für Eisen aus Fleisch mit 20 – 30 % und für Cerealien, Gemüse und Milch mit 1 - 1,5 %. Durch bestimmte Nahrungsbestandteile kann die Resorption des Eisens gefördert (z. B. durch Vitamin C) oder gehemmt (z. B. durch Phytate aus Getreide und Polyphenole aus Obst und Gemüse) werden. Fleisch als Bestandteil einer Mahlzeit verbessert die Verfügbarkeit des in pflanzlichen Nahrungsmitteln enthaltenen Eisens. Es hat eine resorptionsfördernde Wirkung [2, 7, 12, 13, 14].

Aufgrund seiner Bedeutung für eine gesunde Ernährung ist der Eisengehalt ein Parameter, mit dem Fleisch intensiv beworben wird. In der Tabelle 4 sind Eisengehalte von Fleisch verschiedener Tierarten zusammengestellt.

1999 veröffentlichte die Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) Ergebnisse von Untersuchungen zum Eisengehalt in Schweinefleisch. Die von der TLL [19] ermittelten Eisengehalte liegen deutlich niedriger (um 30 – 75 %) als die in der Fachliteratur angegebenen Werte. In der Tabelle 5 sind verschiedene Literaturangaben gegenübergestellt.

Tabelle 4: Eisengehalte von Fleisch verschiedener Tierarten (umgerechnet in mg/kg)

Produkt	Eisengehalt in mg/kg	Quelle
Kotelett (Schwein)	18 (9 – 25)	[16]
Roastbeef (Rind, n = 3)	18	[17]
Roastbeef (Rind)	25 (24 – 27)	[16]
Roastbeef (Rind, Jungbullen) Untersuchung I (n = 27) Untersuchung II (n = 10)	17 ± 4 24 ± 3	[18]
Roastbeef (Kalb)	21 (15 – 26)	[16]
Schaffleisch	23 (19 – 27)	[16]
Kaninchenfleisch	35 (20 – 60)	[16]
Ziegenfleisch	19,5 (17 – 22)	[16]

Da die Angaben der Eisengehalte in der Literatur zum Teil nicht auf bestimmte Muskeln bezogen sind, ist in diesen Fällen ein Vergleich nur bedingt möglich.

Tabelle 5: Eisengehalt von Schweinefleisch (umgerechnet in mg/kg)

Jahr	Produkt	Eisengehalt in mg/kg	Quelle
1974	Kotelett (n = 4)	9	[17]
1979	Kotelett (essbarer Anteil)	25	[20]
1981	Kotelett (essbarer Anteil)	18 (9 – 25)	[16]
1990	Kotelett (im essbaren Teil)	14	[21]
80er-Jahre *	Kotelett	8	[22]
1999/2000	Muskelfleisch	10	[23]
1999	Kotelettmuskel (n = 104)	4,2 (1,5 – 7,7)	[19]

* Jahr der Veröffentlichung aus der Broschüre nicht erkennbar.

Betrachtet man die in der Tabelle 5 nach dem Zeitpunkt der Veröffentlichung geordneten Werte, so ist festzustellen, dass seit 1979 der Eisengehalt im Schweinefleisch abgenommen hat. Dieser Trend wird durch eine Pressemitteilung vom 21.07.2006 des Forschungsinstitutes für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere (FBN) in Dummerstorf über Untersuchungsergebnisse zum Eisengehalt von typisch deutschen Schweinerassen bestätigt. Im Schweinefleisch wurden Eisengehalte gemessen, die 60 – 65 % unterhalb der in Nährwerttabellen angegebenen Werte liegen [25].

Im Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) und in der Staatlichen Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL) wurde im Rahmen eines Vorhabens Fleisch verschiedener Tierarten sächsischer Herkunft auf den Eisengehalt untersucht.

Der Schwerpunkt lag beim Schweinefleisch. Sollte sich der niedrige Eisengehalt im Schweinefleisch bestätigen bzw. eine weitere Abnahme beobachtet werden, wäre dies von großer Bedeutung für die Bewertung der Fleischqualität insbesondere aus ernährungsphysiologischer Sicht.

2 Material und Methoden

2.1 Probenherkunft

Die Bestimmung des Eisengehaltes erfolgte an Fleischproben verschiedener Tierarten, die im Rahmen der Mastleistungsprüfung der Leistungsprüfanstalt (LPA) Köllitsch bzw. verschiedener Projekte der Abteilung Tierische Erzeugung des LfULG routinemäßig auf ausgewählte Fleischqualitätsparameter geprüft wurden. Insgesamt wurden 601 Fleischproben auf ihren Eisengehalt untersucht. Die Anzahl der Proben, bezogen auf die verschiedenen Tierarten, sind in der Tabelle 6 zusammengestellt.

Tabelle 6: Anzahl der Tiere, bezogen auf die Tierart

Tierart	Anzahl	Bemerkungen
Schwein	308	verschiedene Genotypen
Rind	158	verschiedene Genotypen
Bison	3	
Auerochse	1	
Büffel	12	
Schaf	62	NOLANA, Dorper, Ostfriesische Milchschafe
Ziegenlämmer	16	Weißer Deutsche Edelziege, Weißer Deutsche Edelziege x Burenziege
Wildschwein	4	
Rehwild	4	
Rotwild	3	
Kaninchen	20	Angora, Rhönkaninchen
Fasan	10	Jagdfasan (Voliere)

2.2 Probenaufbereitung

Mit Ausnahme der Fasane erfolgte bei allen Tierarten die Untersuchung am Rückenmuskel (*Musculus longissimus dorsi*). Dazu wurde eine Fleischscheibe aus dem Rückenmuskel herausgelöst und von anhaftendem Fett- und Bindegewebe befreit. Bei den Fasanen kam Brustfleisch zur Untersuchung. Die Fleischproben wurden mit Hilfe eines Küchenhomogenisators zerkleinert. Vorausgehende Untersuchungen haben gezeigt, dass durch die Edelmesserspitzen des Homogenisators keine Eiseneinträge in die Probe zu verzeichnen sind. Das zerkleinerte Fleisch wurde in einem Kunststoffbeutel eingeschweißt und bis zur Untersuchung bei -24 °C eingefroren.

2.3 Bestimmung des Eisengehaltes

Der Aufschluss des Probenmaterials erfolgte in einer Mikrowellenapparatur ETHOS der Fa. MLS Leutkirch, Deutschland. Ca. 1,5 g des zerkleinerten und homogenisierten Fleisches wurden in einen Mikrowellenbecher eingewogen und mit 5 ml HNO₃ und 2 ml H₂O₂ versetzt. Zum Abklingen spontaner exothermer Reaktionen wurden die angesetzten Proben über Nacht stehen gelassen. Vor dem Verschließen der Reaktionsgefäße wurden 3 ml Wasser zugegeben. Das Mikrowellenprogramm umfasste neben notwendigen Temperatursteigerungen einen 20-minütigen Schritt bei einer Temperatur von 210 °C. Nach dem Abkühlen wurden die Proben mit Wasser auf 15 ml aufgefüllt. Die resultierenden Aufschlüsse sind klar und farblos. In jeder Serie wurden ein Blindwert und ein Vergleichsmaterial mitgeführt.

Die Messung erfolgte an einem ICP-MS (Elan DRGe, Fa. Perkin Elmer, Rodgau, Deutschland) auf der Masse 57. Es wurde gegen eine salpetersaure Kalibrierkurve gemessen. Der Säuregehalt der Kalibrierlösungen wurde der Endkonzentration der Probenlösungen angeglichen. Als interner Standard diente Thulium. Die Proben wurden vor der Messung entsprechend verdünnt.

2.4 Bestimmung der Farbe

Zusätzlich zur Bestimmung des Eisengehaltes wurde an einer Vielzahl an Proben die Farbe gemessen. Die Farbmessung erfolgte mit Hilfe des Farbmessgerätes „Minolta CR-300“ an einem frischen Anschnitt. Mit diesem Gerät ist man in der Lage, neben der Farbhelligkeit auch den Farbton und die Farbsättigung zu erfassen. Als Grundlage der Farbmessung dient das L*, a*, b* - Farbsystem, auch CIELAB-System genannt. Die Farbhelligkeit wird durch den L*-Wert beschrieben. Dabei gilt: Je höher der Wert, desto heller ist das Fleisch. Über die Werte a* und b* sind der Farbton und die Farbsättigung charakterisiert. Ein positiver a*-Wert deutet auf einen Rotanteil hin.

An jeder Probe erfolgten mehrere Messungen an einem frischen Anschnitt des Rückenmuskels bzw. bei den Fasanen am Brustfleisch über die Fleischscheibe verteilt. Die Werte wurden gemittelt.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Untersuchungen des Eisengehaltes im Fleisch verschiedener Tierarten

Im Rahmen des Vorhabens wurden insgesamt 601 Fleischproben von 12 verschiedenen Tierarten untersucht. Der Schwerpunkt der Untersuchungen lag beim Schweinefleisch. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 7 zusammengefasst.

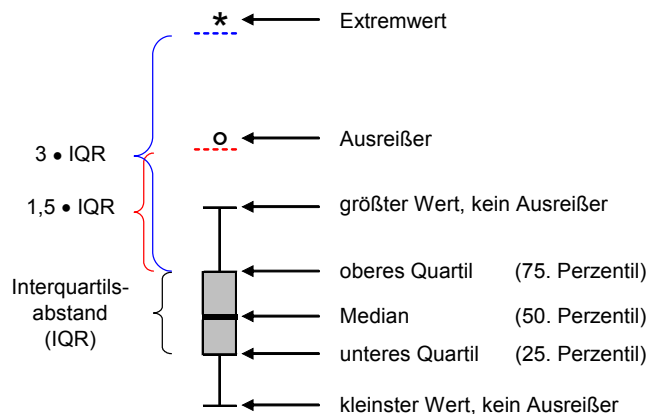
Der Eisengehalt des Schweinefleisches lag im Mittel bei 4,1 mg/kg FM. In lediglich 37 Proben (12 %) wurde ein Wert von über 5,0 mg/kg FM gemessen. Diese Werte unterstreichen die von der TLL [19] und dem FBN [25] veröffentlichten Ergebnisse. Der Eisengehalt von Schweinefleisch hat stark abgenommen. Im Kaninchenfleisch wurden ähnlich wie beim Schweinefleisch im Durchschnitt 4,4 mg Eisen/kg gefunden. Dieser Mittelwert weicht erheblich von den veröffentlichten Literaturwerten ab (siehe Tabelle 4). Tierarten mit so genanntem rotem Fleisch wie Rind, Schaf, Büffel, Bison, Auerochse, Rehwild und Rotwild haben einen hohen Eisengehalt im Fleisch.

Tabelle 7: Untersuchungsergebnisse zum Eisengehalt im Fleisch verschiedener Tierarten

Tierart	Eisengehalt in mg/kg Frischmasse (Rücken- bzw. Brustmuskel)					
	Anzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standardabweichung
Schwein	308	2,2	9,1	4,1	3,9	0,91
Rind	158	8,1	34,2	17,2	15,7	5,33
Bison	3	24,8	28,8	26,4	25,5	2,14
Auerochse	1	-	-	28,7	-	-
Büffel	12	16,2	26,5	19,8	19,5	3,14
Schaf	62	11,7	33,6	20,7	19,2	6,07
Ziegenlämmer	16	5,7	12,5	8,1	8,1	1,78
Wildschwein	4	9,6	16,5	13,9	14,8	3,04
Rehwild	4	25,0	37,1	31,1	31,3	6,79
Rotwild	3	28,2	36,1	33,3	35,5	4,40
Kaninchen	20	2,5	10,7	4,4	3,3	2,39
Fasan *	10	5,2	8,0	6,3	6,2	0,83

* am Brustmuskel gemessen

Auffällig ist die große Streuung der Werte beim Rind und Schaf. Diese Streuung resultiert vermutlich daraus, dass der Eisengehalt im Fleisch u. a. auch vom Alter des Tieres abhängig ist und bei diesen Tierarten das Alter der in die Untersuchungen einbezogenen Tiere sehr stark variierte. SOU CI, FACHMANN & KRAUT [16] beschreiben für Kalbfleisch einen mittleren Eisengehalt von 21 mg/kg (Variation von 15 – 26 mg/kg) und für Rindfleisch von 25 mg/kg (Variation von 24 – 27 mg/kg).



Im Boxplot-Diagramm wird eine Messwertreihe, deren Messwerte aufsteigend geordnet wurden, in 25%-Schritten (Quartile bzw. Perzentile) eingeteilt. Der Median (50. Perzentil) teilt die aufsteigend geordneten Messwerte in zwei Hälften. Die untere Hälfte wird wiederum durch das untere Quartil (25. Perzentil) in zwei gleichgroße Teile getrennt. Das obere Quartil (75. Perzentil) spaltet die obere Hälfte in zwei gleichgroße Hälften. Ausreißer und Extremwerte werden einzeln dargestellt.

Abbildung 1: Erläuterungen zum Boxplot-Diagramm

In der Abbildung 2 sind die Messwerte der verschiedenen Tierarten in Form eines Boxplot-Diagramms dargestellt. Diese Form der Darstellung ermöglicht eine anschauliche Gegenüberstellung von Messwertreihen. Innerhalb einer Messwertreihe vermittelt diese Darstellung zudem einen guten Überblick über die Verteilung der Messwerte. Der Aufbau des Boxplot-Diagramms ist in der Abbildung 1 erläutert.

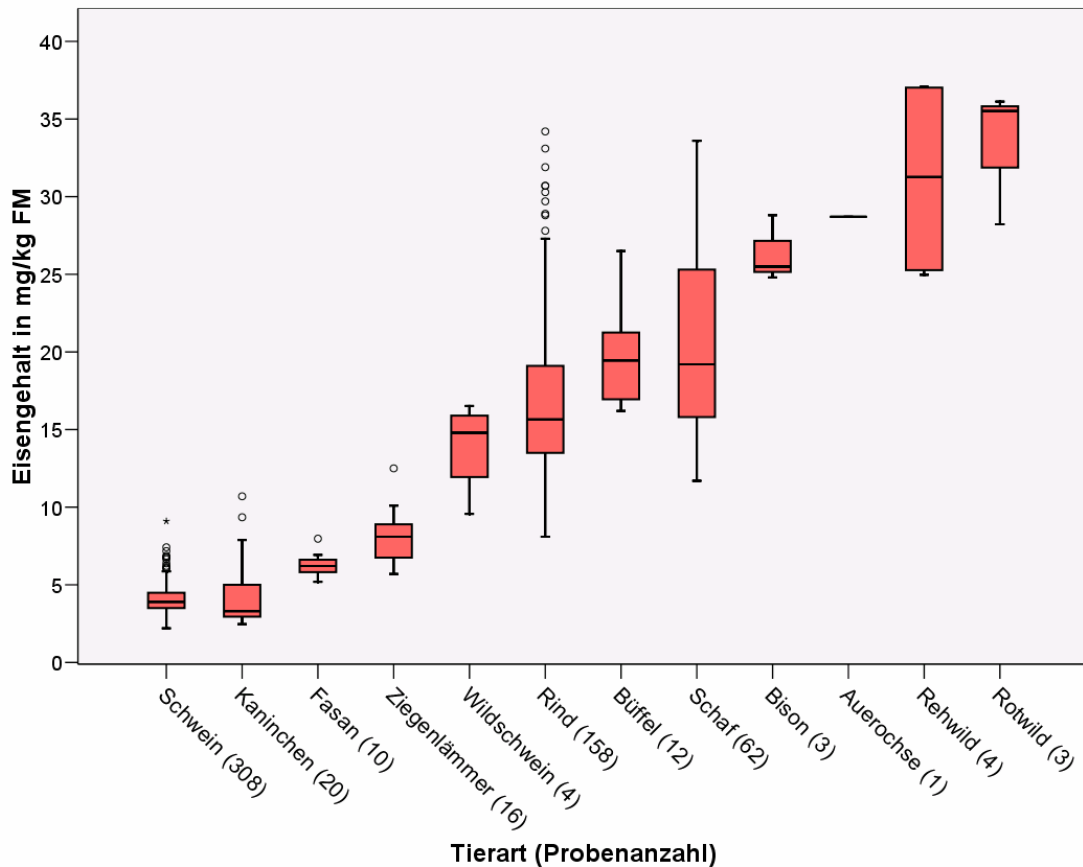


Abbildung 2: Eisengehalte im Fleisch verschiedener Tierarten (Boxplot-Diagramm)

3.2 Fleischfarbe und Eisengehalt

Bei 352 Proben verschiedener Tierarten wurde zusätzlich zum Eisengehalt die Farbe des Fleisches gemessen. Da der Myoglobin- und Hämoglobingehalt die Fleischfarbe beeinflussen, sollte die Fleischfarbe mit dem Eisengehalt korrelieren.

In den Tabellen 8 und 9 sind die Werte für die Farbhelligkeit L^* und den Rotton a^* der verschiedenen Tierarten zusammengestellt.

Die Tierarten mit rotem Fleisch wie z. B. Rind, Auerochse, Bison, Büffel, Rehwild und Rotwild sind durch eine dunklere Farbe (niedrige L^* -Werte) und eine intensivere Rotfärbung (hohe a^* -Werte) des Fleisches gekennzeichnet.

Tabelle 8: Farbhelligkeit L* der untersuchten Tierarten, am Rücken- bzw. Brustmuskel gemessen

Tierart	Farbhelligkeit L* (Minolta CR-300)					
	Anzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standardabweichung
Schwein	111	40,3	56,8	49,0	49,5	2,64
Rind	150	25,7	48,8	34,3	34,3	3,10
Ziegenlämmer	16	38,8	49,4	44,6	44,3	2,41
Kaninchen	20	43,2	56,5	48,7	47,8	4,10
Bison	3	31,3	33,2	32,1	31,7	1,00
Auerochse	1	-	-	29,6	-	-
Fasan *	10	38,1	46,2	42,7	42,9	2,58
Büffel	12	30,5	37,5	34,1	34,2	2,03
Schaf	18	34,0	43,0	38,2	38,1	2,25
Wildschwein	4	36,4	40,6	38,5	38,4	1,85
Rehwild	4	28,2	32,6	30,5	30,5	2,07
Rotwild	3	26,4	31,5	29,2	29,6	2,57

* am Brustmuskel gemessen

In den Abbildungen 3 und 5 sind die Messwertreihen der Farbhelligkeit L* und des Rottons a* der verschiedenen Tierarten nach steigender Farbhelligkeit bzw. steigendem Rotton geordnet als Boxplot-Diagramm grafisch dargestellt.

Die Abbildung 4 enthält die grafische Gegenüberstellung von Farbhelligkeitswerten und Eisengehalten aller untersuchten Tiere. Eine Abhängigkeit der beiden Parameter ist nicht zu übersehen. Mit steigendem Eisengehalt nimmt die Farbhelligkeit ab. Das Fleisch wird aufgrund höherer Myoglobingehalte dunkler.

In der Abbildung 6 sind die Werte des Rottons a* den Eisengehalten gegenübergestellt. Auch hier ist eine Abhängigkeit deutlich sichtbar. Mit steigendem Rotton nimmt der Eisengehalt der Tiere, betrachtet über alle Tierarten, zu. Auf eine genaue Berechnung der Korrelation wurde absichtlich verzichtet, da ein Vergleich über verschiedene Tierarten als problematisch anzusehen ist.

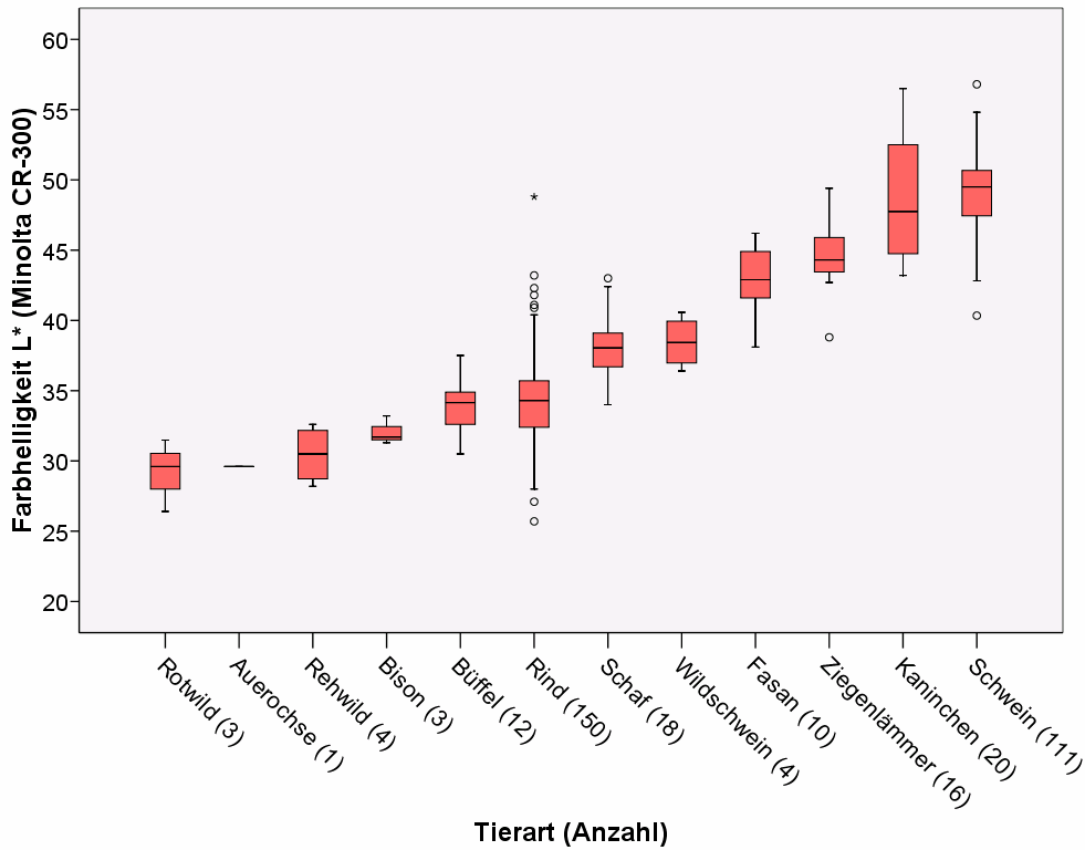


Abbildung 3: Farbhelligkeit L* von Fleisch verschiedener Tierarten (Boxplot-Diagramm)

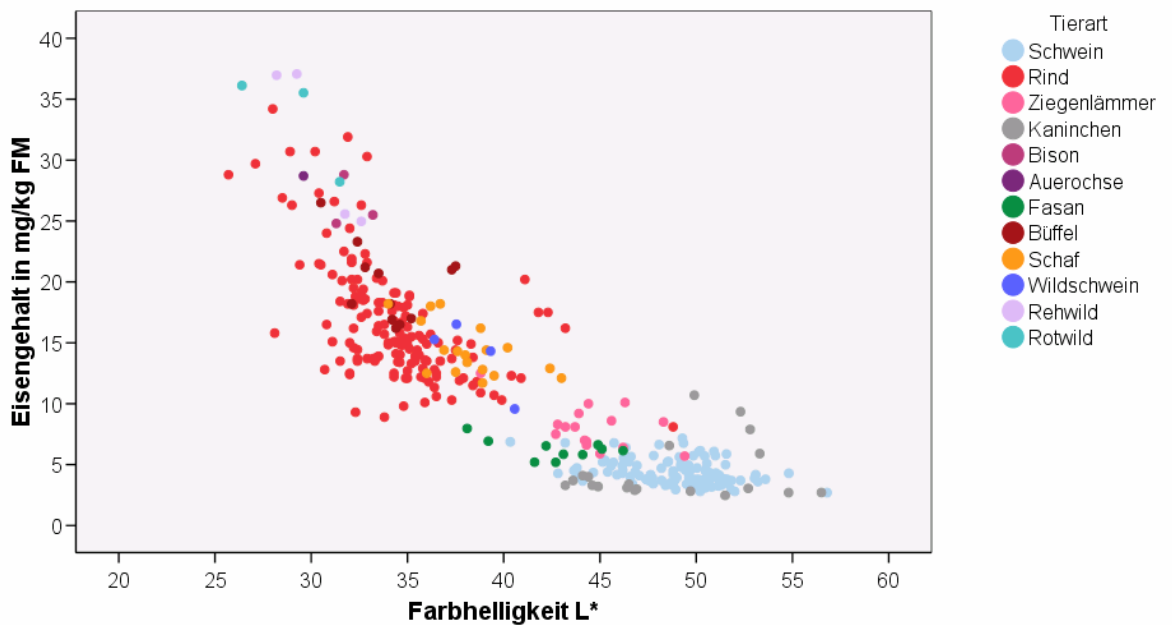


Abbildung 4: Gegenüberstellung von Farbhelligkeit L* und Eisengehalt unter Berücksichtigung der verschiedenen Tierarten

Tabelle 9: Rotton a* der untersuchten Tierarten, am Rücken- bzw. Brustmuskel gemessen

Tierart	Rotton a* (Minolta CR-300)					
	Anzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standardabweichung
Schwein	111	4,5	9,9	7,1	7,0	1,17
Rind	150	13,4	20,5	17,1	17,4	1,58
Ziegenlämmer	16	8,6	18,1	12,0	12,0	2,64
Kaninchen	20	4,8	10,9	7,1	7,2	1,55
Bison	3	20,9	22,2	21,4	21,2	0,68
Auerochse	1			16,7		
Fasan *	10	5,9	9,3	7,9	7,9	1,00
Büffel	12	16,4	21,7	18,6	18,3	1,55
Schaf	18	12,9	18,7	15,6	15,5	1,54
Wildschwein	4	15,6	18,6	17,4	17,6	1,48
Rehwild	4	19,8	21,1	20,4	20,2	0,58
Rotwild	3	20,0	21,6	20,8	20,7	0,78

* am Brustmuskel gemessen

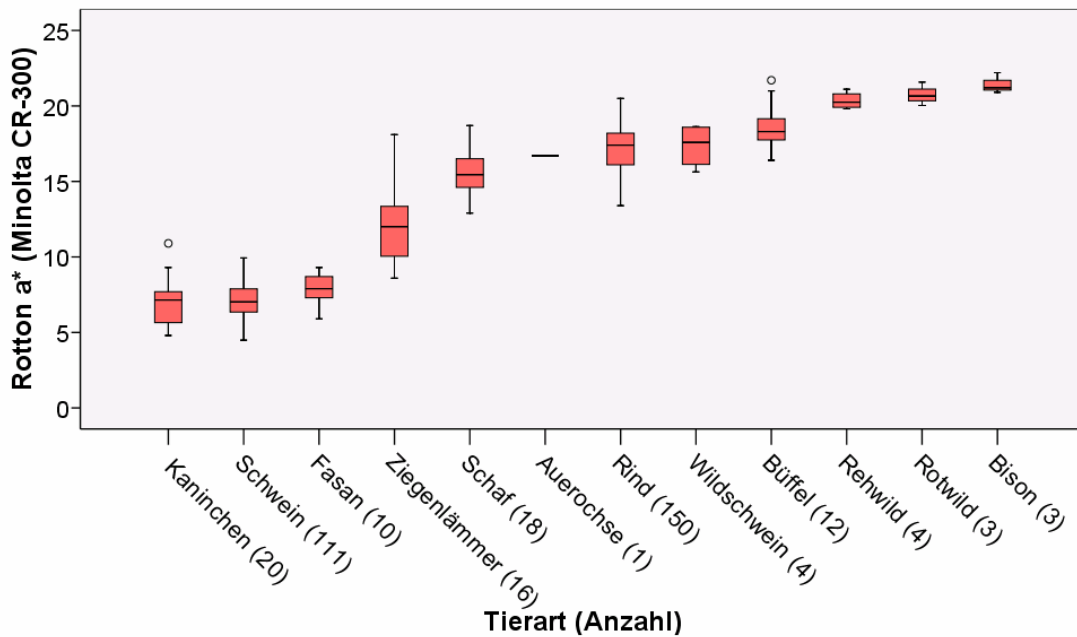


Abbildung 5: Rotton a* von Fleisch verschiedener Tierarten (Boxplot-Diagramm)

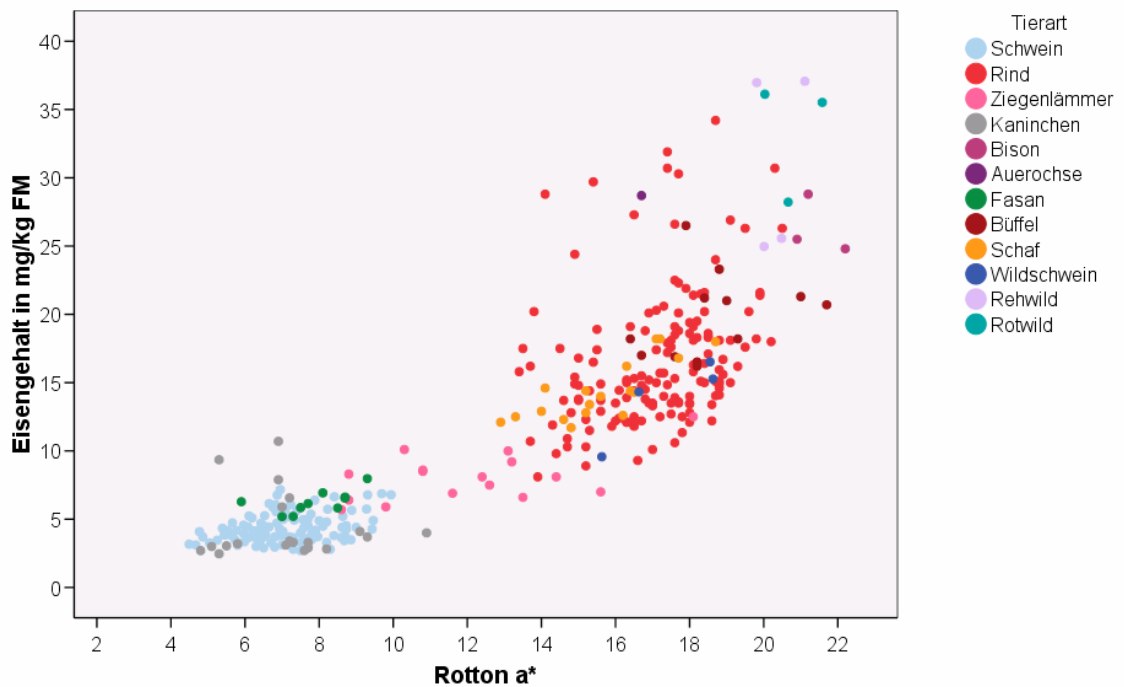


Abbildung 6: Gegenüberstellung von Rotton a* und Eisengehalt unter Berücksichtigung der verschiedenen Tierarten

3.3 Untersuchungen an Schweinefleisch

Die Bestimmung des Eisengehaltes von Schweinefleisch erfolgte an 308 Tieren. Dabei wurde Fleisch folgender genetischer Konstruktionen in die Untersuchungen einbezogen:

- Duroc,
- Deutsches Landschwein,
- Pietrain,
- Deutsches Edelschwein,
- Pietrain x (Deutsches Edelschwein x Deutsche Landrasse),
- Pietrain x Deutsches Landschwein und
- Märkisches Sattelschwein.

Die Mittelwerte der verschiedenen Rassen bzw. Kreuzungen variieren mit Ausnahme des Märkischen Sattelschweins in einem engen Bereich zwischen 3,7 mg/kg FM und 4,6 mg/kg FM (siehe Tabelle 10).

In der Abbildung 7 sind die Ergebnisse der Schweinefleischuntersuchungen, geordnet nach genetischer Konstruktion, grafisch dargestellt. Bei der Rasse Pietrain traten mehrere Ausreißer bzw. Extremwerte auf. Hier wurde in einer Probe der mit Abstand höchste Eisengehalt beim Schwein von 9,1 mg/kg FM ermittelt.

Tabelle 10: Eisengehalte von Schweinefleisch (Rückenmuskel/M. longissimus dorsi) verschiedener genetischer Konstruktionen

Rasse/Genotyp	Eisengehalt in mg/kg Frischmasse					
	Anzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standardabweichung
Duroc (Du)	8	3,5	5,1	4,2	4,2	0,54
Deutsches Landschwein (DL)	94	2,2	5,0	3,7	3,7	0,61
Pietrain (Pi)	61	3,1	9,1	4,3	4,1	1,01
Deutsches Edelschwein (DE)	34	2,7	5,1	3,7	3,7	0,58
Pi x (DExDL)	101	2,7	7,2	4,3	4,0	1,00
Pi x DL	4	4,3	5,2	4,6	4,5	0,41
Märkisches Sattelschwein	6	3,4	6,9	5,4	5,3	1,29
Insgesamt	308	2,2	9,1	4,1	3,9	0,91

Das Märkische Sattelschwein weist mit Abstand den höchsten Eisengehalt von 5,4 mg/kg FM im Mittel auf. Dieser Genotyp basiert auf einer Kreuzung aus Sattelschwein und Wildschwein. Vermutlich übt hier der Wildschweinanteil einen positiven Einfluss auf den Eisengehalt aus. Ein weiterer Punkt, der nicht außer acht gelassen werden kann, ist die Haltungsform der Märkischen Sattelschweine. Die Tiere wurden im Freiland gehalten. Dadurch konnten sie sich intensiver bewegen. Eine intensivere Bewegung führt zur Erhöhung des Myoglobingehaltes. Mit zunehmendem Myoglobingehalt steigt auch der Eisengehalt.

In der Abbildung 7 sind zusätzlich die Ergebnisse vom Wildschwein grafisch festgehalten. Sie unterscheiden sich signifikant von den untersuchten Schweinefleischproben.

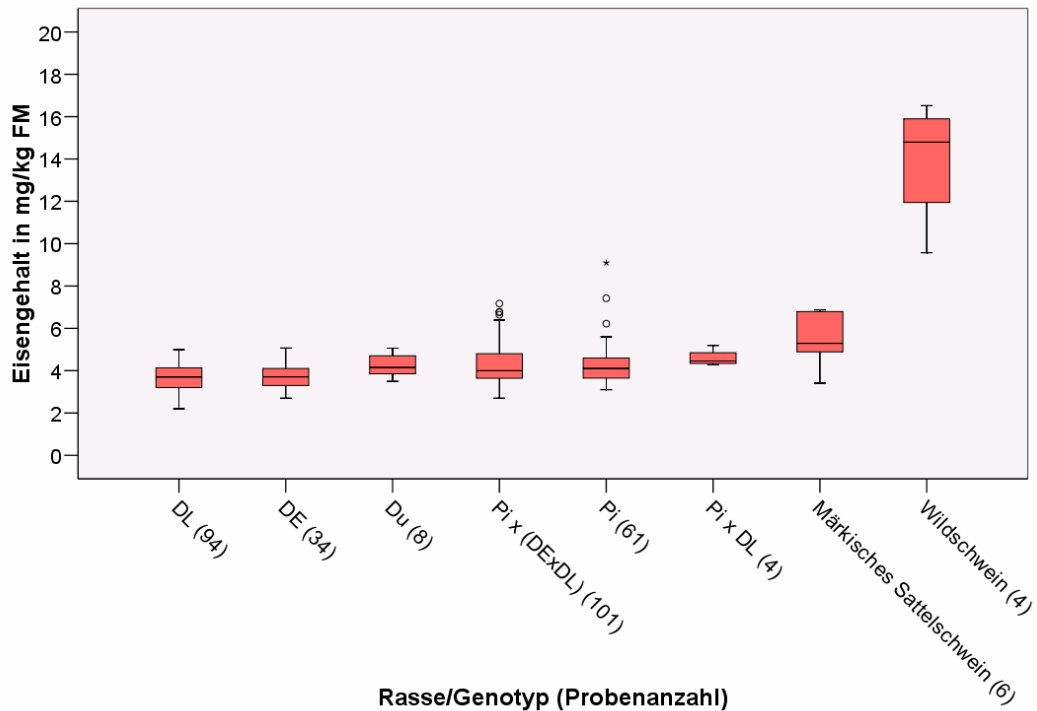


Abbildung 7: Eisengehalte von Schweinefleisch (Rückenmuskel) verschiedener genetischer Konstruktionen (Boxplot-Diagramm)

Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit ermittelten Eisengehalte von Schweinefleisch sind im Vergleich zu den in den letzten Jahrzehnten publizierten Werten deutlich niedriger (siehe Tabelle 5). Die Ursachen lassen sich durch verschiedene Einflüsse erklären. Zu diesen Einflüssen zählen die Genetik einschließlich der intensiven Züchtung, die Fütterung und der Ausblutungsgrad. Der Einflussgrad dieser Faktoren kann sehr unterschiedlich sein. DANNENBERGER et al. [26] wiesen darauf hin, dass die intensive Züchtung durch Langzeitelektion beim Schwein auf erhöhten Muskelfleischanteil mit einer Erhöhung des Anteils an glykolytischen Muskelfasern (weiße Fasern) verbunden ist. Diese weißen Muskelfasern weisen einen geringeren Myoglobingehalt als rote Fasern auf und enthalten somit auch weniger Eisen.

Die Zusammensetzung des Futters stellt ebenfalls eine nicht zu unterschätzende Einflussquelle dar. Insbesondere bei Muttersauen kann die Zufütterung von Eisenkomponenten von großer Bedeutung sein [27].

Weiterhin kann sich der Ausblutungsgrad auf den Eisengehalt in gewissem Maße auswirken. Der Gehalt an Hämoglobin und dem darin gebundenen Eisen ist ein Maß für den Restblutgehalt in der Muskulatur. Der Restblutgehalt sinkt mit steigendem Ausblutungsgrad [28, 29]. Die Effektivität des Entblutens wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Dazu zählen u. a. die Betäubungsqualität bzw. -tiefe, die Ausführung und die Länge des Entbluteschnittes sowie die Zeit zwischen der Betäubung und dem Entbluteschnitt [28].

Der Einfluss des Ausblutungsgrades auf den Eisengehalt im Muskel kann als eher gering eingeschätzt werden, wenn man berücksichtigt, dass sich nach POTTHAST [5] die Farbpigmente des Fleisches aus etwa 95 % Myoglobin und 5 % Hämoglobin zusammensetzen.

Wie oben bereits beschrieben, kann auch eine intensivere Bewegung der Tiere z. B. in Freilandhaltung den Eisengehalt positiv beeinflussen.

3.4 Untersuchungen an Rindfleisch

In die Untersuchungen des Eisengehaltes von Rindfleisch wurden insgesamt 158 Tiere einbezogen. Von den meisten Tieren war der genetische Hintergrund bekannt. Diese sind aus der Tabelle 11 zu entnehmen.

Eine Interpretation der Ergebnisse, bezogen auf die genetische Konstruktion, ist nicht möglich, da zum Teil nur geringe Tierzahlen pro genetischer Konstruktion in die Untersuchungen einbezogen sind und wesentliche Faktoren wie z.B. Angaben zur Zusammensetzung des Futters nicht erfasst wurden.

Betrachtet man aber die Untersuchungsergebnisse hinsichtlich der verschiedenen Kategorien (Tabelle 12), so fällt auf, dass die Kühe mit Abstand den höchsten Eisengehalt (26,4 mg/kg FM) aufweisen, gefolgt von den Ochsen (19,8 mg/kg FM). Das Alter der Tiere übt hier einen wesentlichen Einfluss auf den Eisengehalt aus. In der Tabelle 13 ist das Alter der Tiere, bezogen auf die Kategorie, statistisch zusammen gestellt. Leider war das Alter nicht von allen Tieren zugänglich. Die vorhandenen Werte zeigen aber, dass die Kühe mit durchschnittlich 3.025 Tagen mit Abstand am ältesten waren, gefolgt von den Ochsen mit 729 Tagen. Das Kalb mit einem Alter von 127 Tagen hatte den niedrigsten Eisengehalt (8,1 mg/kg FM). Unter den Bullen befand sich ein Zuchtbulle mit einem Alter von 4.015 Tagen und 30,7 mg Eisen/kg FM. In der Abbildung 8 sind die Messwertreihen der verschiedenen Kategorien grafisch gegenübergestellt.

Tabelle 11: Eisengehalte von Rindfleisch (Rückenmuskel/M. longissimus dorsi) verschiedener genetischer Konstruktionen

Rasse/Genotyp	Eisengehalt in mg/kg Frischmasse					
	Anzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standardabweichung
DA	9	10,9	27,8	15,1	12,8	5,32
BA x 97	1			27,3		
BA x (DA x 97)	1			18,2		
Ch x (BA x 97)	1			15,2		
DA x (BA x 97)	1			15,8		
DA x (FL x SBT)	1			33,1		
DA x FL	1			12,1		
FL	18	8,9	30,7	18,4	16,4	7,12
FL x (BA x 97)	2	14,0	15,3	14,7	14,7	0,92
FL x (DA x 97)	2	13,4	13,6	13,5	13,5	0,15
FL x (DA x Lim)	2	10,6	11,8	11,2	11,2	0,85
FL x (DA x Sal)	1			14,0		
FL x (Lim x 97)	2	13,5	14,4	14,0	14,0	0,66
FL x (Lim x FL)	1			13,5		
FL x Sal	1			12,2		
FL x SBT	7	12,1	16,5	13,8	13,5	1,55
Fleischrind x Fleischrind (97)	1			20,3		
Lim	12	10,3	34,2	22,4	24,4	7,90
Lim x (DA x 97)	1			15,8		
Lim x (DA x Lim)	1			15,4		
Lim x (FL x 97)	3	12,8	24,4	17,6	15,7	6,04
Lim x (Lim x 97)	1			12,1		
Lim x (TAU x FL)	1			15,0		
Lim x DA	1			11,3		
Lim x FL	6	13,4	30,3	18,9	17,0	6,33
RV	9	18,1	26,3	20,8	20,1	2,61
Sal	2	24,0	24,8	24,4	24,4	0,57
TAU x 97	8	10,1	20,2	16,1	16,4	3,20
TAU x (BA x 97)	2	13,5	19,1	16,3	16,3	3,96
TAU x (DA x 97)	2	12,1	14,9	13,5	13,5	1,98
TAU x (DA x Lim)	1			16,5		
TAU x (DA x Sal)	3	12,3	15,3	14,1	14,8	1,62
TAU x (Lim x FL)	1			13,5		
TAU x (WBB x SBT)	2	15,1	17,4	16,3	16,3	1,63
TAU x DA	2	13,5	15,0	14,3	14,3	1,06
TAU x FL	4	12,5	26,6	20,5	21,4	5,92
Vogtl. Rotvieh	5	17,1	30,7	21,5	20,1	5,44
Wagyu	9	12,7	18,8	16,5	17,6	2,23
unbekannt	30	8,1	20,6	15,3	15,2	3,06
Insgesamt	158	8,1	34,2	17,2	15,7	5,33

Tabelle 12: Eisengehalte von Rindfleisch (Rückenmuskel/M. longissimus dorsi) verschiedener Kategorien

Kategorie	Eisengehalt in mg/kg Frischmasse					
	Anzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standard-abweichung
Bulle	65	8,9	30,7	15,8	15,0	4,32
Färse	61	10,3	26,3	15,2	14,9	3,13
Kalb	1			8,1		
Ochse	10	17,1	22,3	19,8	19,4	1,92
Kuh	20	15,1	34,2	26,4	26,6	4,60
ohne Angabe	1			20,6		
Insgesamt	158	8,1	34,2	17,2	15,7	5,33

Tabelle 13: Alter der Tiere verschiedener Kategorien

Kategorie	Alter der Tiere in Tagen					
	Anzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standard-abweichung
Bulle	54	346	4.015	582	493	517,5
Färse	35	345	775	478	442	96,4
Kalb	1			127		
Ochse	8	639	818	729	730	55,2
Kuh	18	944	6.343	3.025	2.686	1.581,6

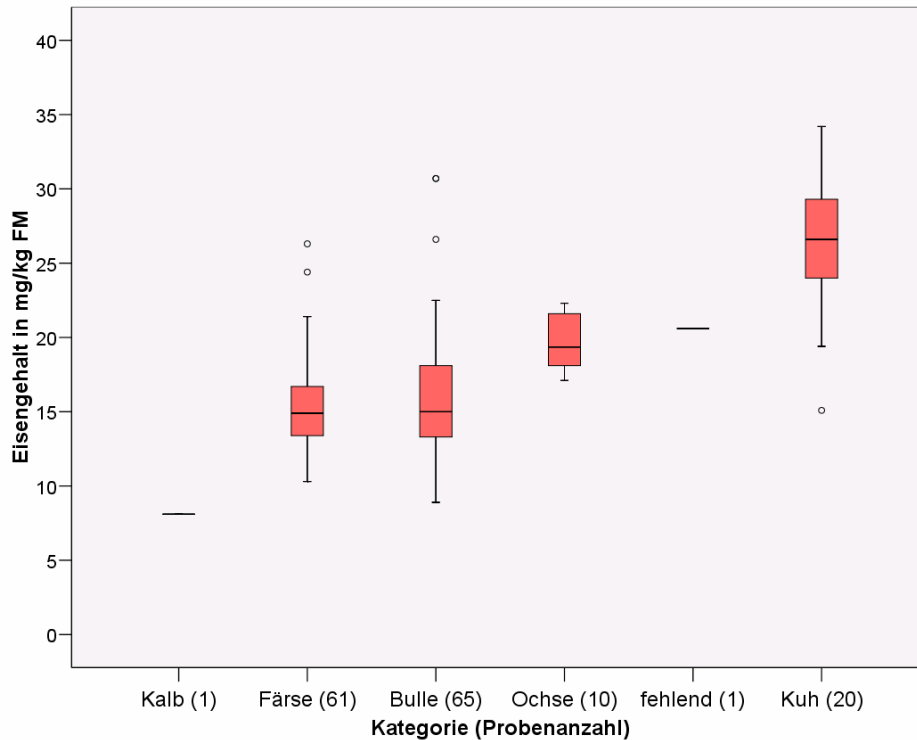


Abbildung 8: Eisengehalte von Rindfleisch verschiedener Kategorien (Boxplot-Diagramm)

Nach AUGUSTINI & TROEGER [30] lässt sich die dunklere Fleischfarbe von älteren Tieren vordergründig durch eine Erhöhung des Myoglobingehaltes im Muskelgewebe mit zunehmendem Alter erklären. Mit zunehmendem Myoglobingehalt steigt auch der Eisengehalt an. Andere Faktoren wie Genotyp und Fütterung haben aber ebenfalls einen Einfluss.

Neben Rindfleisch wurde auch Fleisch der Tierarten Bison (3 Proben), Auerochse (1 Probe) und Büffel (12 Proben) in die Untersuchungen einbezogen. In der Tabelle 14 sind die Einzelwerte für das Alter, den Eisengehalt, die Farbhelligkeit L* und den Rotton a* aufgelistet.

Bisonfleisch hat einen Eisengehalt von durchschnittlich 26,4 mg/kg FM. Der mittlere Eisengehalt von Büffel Fleisch liegt bei 19,8 mg/kg FM. Das Auerochsenfleisch weist einen Gehalt von 28,7 mg/kg FM auf. In der Farbhelligkeit ist das Büffel Fleisch geringfügig heller als das Bisonfleisch. Das Bisonfleisch zeichnet sich gegenüber dem Büffel Fleisch durch einen intensiveren Rotton a* aus. Die Mittelwerte für die Farbhelligkeit L* und den Rotton a* sind aus den Tabellen 8 und 9 zu entnehmen.

Tabelle 14: Alter, Eisengehalte und Farbwerte von Bison-, Auerochsen- und Büffelfleisch (Rückenmuskel/M. longissimus dorsi), Einzelwerte

Tierart	Alter in Tagen	Eisengehalt mg/kg FM	Farbhellig- keit L*	Rotton a*
Bison	1.005	25,5	33,2	20,9
Bison	1.065	28,8	31,7	21,2
Bison	1.125	24,8	31,3	22,2
Auerochse	1.005	28,7	29,6	16,7
Büffel *	k. A.	17,0	35,2	16,7
Büffel **	k. A.	21,0	37,3	19,0
Büffel	757	18,2	32,1	16,4
Büffel	590	16,5	34,6	18,2
Büffel	597	16,2	34,4	18,2
Büffel	604	20,7	33,5	21,7
Büffel	624	21,2	32,8	18,4
Büffel	640	18,2	34,1	19,3
Büffel	667	21,3	37,5	21,0
Büffel	676	26,5	30,5	17,9
Büffel	698	16,9	34,2	17,6
Büffel	703	23,3	32,4	18,8

k. A. keine Angabe, * ... Herkunft: Rumänien, ** ... Herkunft: Argentinien

3.5 Untersuchungen an Kaninchenfleisch

Insgesamt wurden 20 Kaninchenproben (Rückenmuskel), je 10 Angora- und Rhönkaninchen, auf ihren Eisengehalt untersucht. Die Mittelwerte der beiden Rassen unterscheiden sich deutlich, wobei die sehr große Streuung der Einzelwerte bei den Rhönkaninchen auffällt (Tabelle 15). Das Alter der Tiere ist in der Tabelle 16 zusammengestellt.

Tabelle 15: Eisengehalte von Kaninchenfleisch (Rückenmuskel/M. longissimus dorsi) verschiedener Kategorien

Rasse/Genotyp	Eisengehalt in mg/kg Frischmasse					
	Anzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standard- abweichung
Angora	10	2,9	4,1	3,4	3,3	0,41
Rhönkaninchen	10	2,5	10,7	5,4	4,5	3,11
Insgesamt	20	2,5	10,7	4,4	3,3	2,39

Mit durchschnittlich 4,4 mg Eisen/kg FM liegt der Wert für das Kaninchenfleisch deutlich unter dem von SOUCI, FACHMANN & KRAUT beschriebenen Wert von 35 mg/kg [16] bzw. 27 mg/kg [24]. Dieser Unterschied ist schwer zu interpretieren.

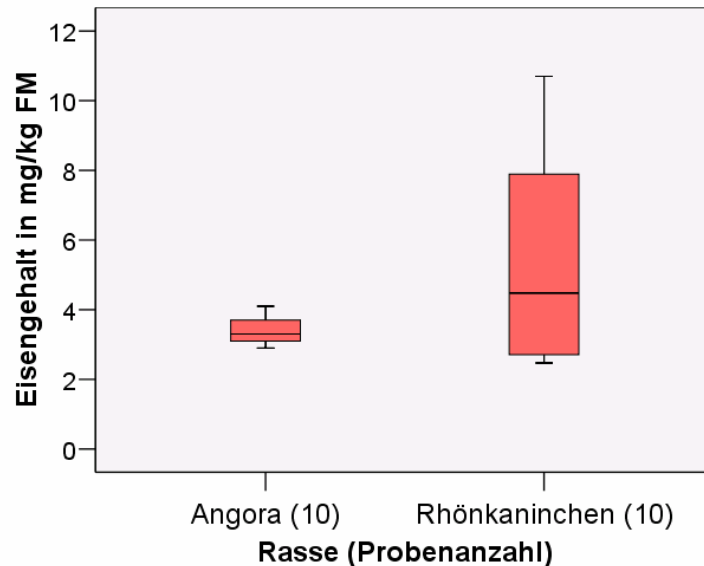


Abbildung 9 : Eisengehalte von Kaninchenfleisch (Rückenmuskel) verschiedener genetischer Konstruktionen (Boxplot-Diagramm)

Die Abbildung 9 zeigt die grafische Gegenüberstellung der Messwertreihen der beiden Kaninchenrassen.

Tabelle 16: Alter der untersuchten Kaninchen

Rasse/Genotyp	Alter in Tagen					
	Anzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standardabweichung
Angora	10	180	180	180	180	
Rhönkaninchen	10	108	138	125	126	13,6

3.6 Untersuchungen an Schaf- und Ziegenfleisch

Insgesamt wurden 62 Schaffleischproben auf ihren Eisengehalt untersucht. Dabei wurden drei verschiedene genetische Konstruktionen (Dorper, NOLANA-Kreuzung und Ostfriesische Milchschafe) in die Untersuchungen einbezogen. Von den 44 Ostfriesischen Schafen waren jeweils 22 Tiere ein Jahr bzw. vier Jahre alt. Bei den Tieren der Kreuzung NOLANA und der Rasse Dorper handelte es sich um Lämmer im Alter von durchschnittlich 123 Tagen bzw. 144 Tagen (Tabelle 18).

Der Eisengehalt der Lämmer lag mit 13,5 mg/kg FM bzw. 16,3 mg/kg FM deutlich unter dem Gehalt der Ostfriesischen Schafe. Die vier Jahre alten Ostfriesischen Schafe besitzen wiederum einen um 7,4 mg/kg höheren Eisengehalt als die einjährigen Tiere derselben Rasse (Tabelle 17). Ähnlich wie bei den Rindern kann davon ausgegangen werden, dass das Alter neben der Genetik und der Fütterung einen Einfluss auf den Eisengehalt hat.

Tabelle 17: Eisengehalte von Schaffleisch (Rückenmuskel/M. longissimus dorsi) verschiedener genetischer Konstruktionen

Rasse/Genotyp	Eisengehalt in mg/kg Frischmasse					
	Anzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standardabweichung
NOLANA-Kreuzung	12	11,7	16,8	13,5	13,2	1,40
Dorper	6	12,5	18,2	16,3	17,1	2,34
Ostfriesische Milchschafe <i>Alter 1 Jahr</i>	22	14,7	26,7	19,6	19,2	3,00
Ostfriesische Milchschafe <i>Alter 4 Jahre</i>	22	18,4	33,6	27,0	27,2	4,18
Insgesamt	62	11,7	33,6	20,7	19,2	6,07

In der Abbildung 10 sind die Eisengehalte der verschiedenen genetischen Konstruktionen grafisch gegenübergestellt.

Tabelle 18: Alter der untersuchten Schafe bzw. Lämmer

Rasse/Genotyp	Alter in Tagen					
	Anzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standardabweichung
NOLANA-Kreuzung	12	98	134	123	129	11,2
Dorper	6	118	162	144	146	15,5
Ostfriesische Milchschafe 1 Jahr	22			365		
Ostfriesische Milchschafe 4 Jahre	22			1.460		

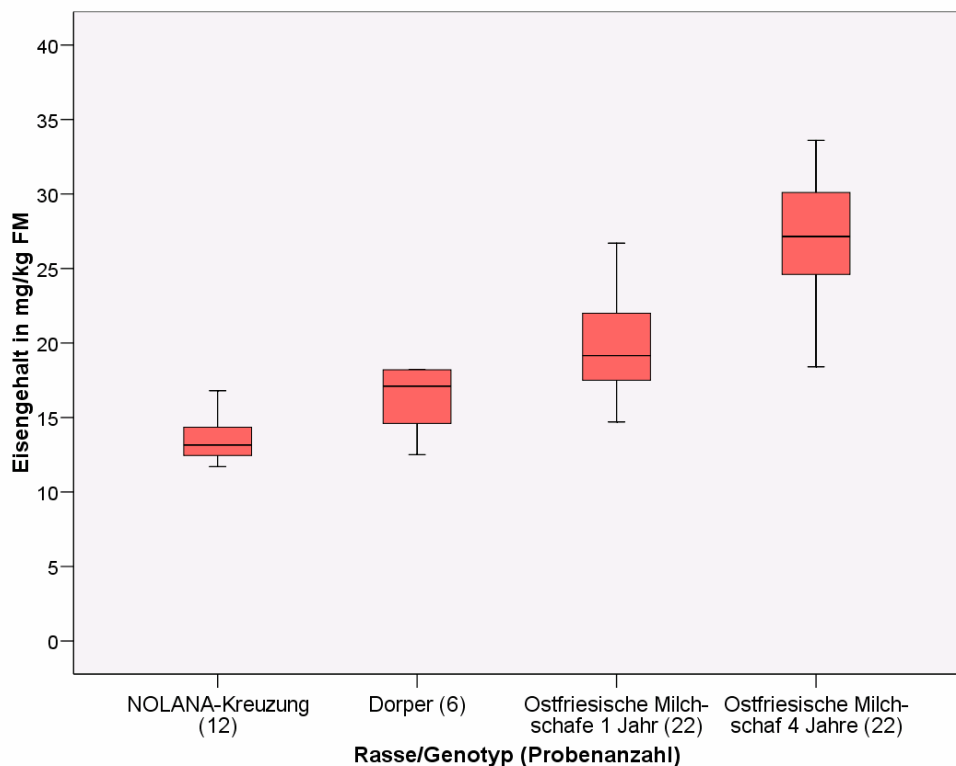


Abbildung 10: Eisengehalte von Schaffleisch verschiedener genetischer Konstruktionen (Boxplot-Diagramm)

Neben Schaffleisch wurde auch Fleisch von Ziegenlämmern auf den Eisengehalt geprüft. Insgesamt gelangten 16 Ziegenlämmer der Rasse Weiße Deutsche Edelziege (5 Tiere) und der Kreuzung Weiße Deutsche Edelziege x Burenziege (11 Tiere) zur Untersuchung. Die Tiere der Rasse Weiße Deutsche Edelziege waren im Mittel 112 Tage und die Kreuzungstiere 97 Tage alt. Die Ergebnisse der Eisenuntersuchungen sind aus der Tabelle 19 zu entnehmen. Der Eisengehalt liegt bei beiden Genotypen im Mittel bei 8,1 mg/kg Frischmasse und damit deutlich unter dem in der Literatur angegebenen Wert von 19,5 mg/kg [16]. Mit großer Wahrscheinlichkeit hat hier das Alter der untersuchten Tiere in Kombination mit der Fütterung einen Einfluss auf den Eisengehalt. Wie bereits oben beschrieben, steigt der Eisengehalt mit zunehmendem Alter der Tiere an.

Tabelle 19: Eisengehalte von Ziegenfleisch (Rückenmuskel/M. longissimus dorsi) verschiedener genetischer Konstruktionen

Rasse/Genotyp	Eisengehalt in mg/kg Frischmasse					
	Anzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standardabweichung
Weiße Deutsche Edelziege x Burenziege	11	5,7	12,5	8,1	8,1	1,79
Weiße Deutsche Edelziege	5	5,9	10,1	8,1	8,3	1,96
Insgesamt	16	5,7	12,5	8,1	8,1	1,78

3.7 Untersuchungen an Wildfleisch

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde auch in geringem Umfang Wildfleisch verschiedener Arten auf den Eisengehalt untersucht. Die Untersuchungen beschränkten sich auf die Tierarten Rot- und Rehwild, Wildschwein sowie Fasan. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 20 zusammengestellt. Bei den Fasanproben wurde der Eisengehalt im Brustfleisch bei den anderen Tierarten im Rückenmuskel bestimmt. Das Rot- und Rehwild weist mit Abstand den höchsten Eisengehalt (durchschnittlich 31 mg/kg FM bzw. 33 mg/kg FM) von allen im Rahmen des Vorhabens untersuchten Tierarten auf. Das Fleisch der Fasane enthält im Mittel 6,3 mg/kg FM. Wildschwein mit fast 14 mg Eisen/kg FM besitzt im Vergleich zum Hausschwein einen deutlich höheren Eisengehalt.

Tabelle 20: Eisengehalte von Wildfleisch verschiedener Arten

Tierart	Eisengehalt in mg/kg Frischmasse					
	Anzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standardabweichung
Fasan *	10	5,2	8,0	6,3	6,2	0,83
Wildschwein **	4	9,6	16,5	13,9	14,8	3,04
Rehwild **	4	25,0	37,1	31,1	31,3	6,79
Rotwild **	3	28,2	36,1	33,3	35,5	4,40

* Brustmuskel

** Rückenmuskel (M. longissimus dorsi)

4 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen eines Vorhabens wurde im Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie und in der Staatlichen Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft Fleisch verschiedener Tierarten auf den Eisengehalt untersucht.

Der Schwerpunkt der Untersuchungen lag beim Schweinefleisch, da vorhergehende Untersuchungen in anderen Bundesländern (Sachsen-Anhalt und Mecklenburg-Vorpommern) zeigten, dass der Eisengehalt von Schweinefleisch gegenüber älteren Veröffentlichungen deutlich abgenommen hat. In der vorliegenden Arbeit wurden insgesamt 308 Schweinefleischproben (Rückenmuskel/Musculus longissimus dorsi) verschiedener genetischer Konstruktion auf ihren Eisengehalt analysiert. Im Mittel liegt der Eisengehalt bei 4,1 mg/kg Frischmasse (2,2 mg/kg FM - 9,1 mg/kg FM). Damit konnte bestätigt werden, dass der Eisengehalt im Schweinefleisch dramatisch abgenommen hat. Der Eisengehalt befand sich vor 30 Jahren beim Kotelettfleisch (Rückenmuskel) noch bei 18 mg/kg - 25 mg/kg. Mit 4 mg/kg Frischmasse liegt der Gehalt nunmehr um über 75 % niedriger. Ursachen wurden im Rahmen des Vorhabens nicht untersucht. Offensichtlich hat die intensive Züchtung auf Muskelfülle und ggf. die Fütterung diesen Trend verursacht.

Neben dem Schweinefleisch wurde in einem geringen Umfang auch Fleisch der Tierarten Rind, Bison, Auerochse, Büffel, Schaf, Ziege, Kaninchen, Wildschwein, Rehwild, Rotwild und Fasan in die Untersuchungen einbezogen. Mit Ausnahme der Fasane erfolgte die Eisenbestimmung jeweils im Rückenmuskel (Musculus longissimus dorsi). Beim Fasan wurde die Bestimmung am Brustmuskel durchgeführt.

Der Eisengehalt der Kaninchenfleischproben ist auffallend niedrig. Er liegt bei den untersuchten Rassen Angora und Rhönkaninchen im Durchschnitt bei 3,4 mg/kg Frischmasse bzw. 5,4 mg/kg Frischmasse. In alten Nährwert-Tabellen sind Eisengehalte von 35 mg/kg bzw. 27 mg/kg für Kaninchenfleisch angegeben.

Das Fleisch von Tierarten mit sogenanntem rotem Fleisch wie Rind, Schaf, Büffel, Bison, Auerochse, Reh- und Rotwild weist erwartungsgemäß einen hohen Eisengehalt (17 mg/kg FM – 33 mg/kg FM) auf.

Farbuntersuchungen zeigten, dass der Eisengehalt, betrachtet über alle Tierarten, eine gewisse Abhängigkeit zur Farbhelligkeit und zum Rotton des Fleisches aufweist. Je dunkler bzw. je intensiver der Rotton des Fleisches ist, desto höher liegt der Eisengehalt. Weiterhin war zu beobachten, dass das Alter einen Einfluss auf den Eisengehalt ausübt. Mit steigendem Myoglobingehalt des Fleisches im Alter nimmt auch der Eisengehalt zu.

In Anbetracht der großen Bedeutung des Eisengehaltes für die Verbraucher sollte der Eisengehalt von Schweinefleisch auch weiterhin einem Monitoring unterworfen werden, um ggf. ein weiteres Absinken des Eisengehaltes rechtzeitig feststellen zu können. Neben dem Eisen wird von DANNENBERGER et. al. [26] auch für die Spurenelemente Zink, Selen und Kupfer eine deutliche Abnahme der Gehalte in Schweinefleisch beschrieben. Folgerichtig sollten weitere Untersuchungen diese Spurenelemente mit einschließen. Vor allem gilt es aber, die Ursachen für das Absinken der Spurenelementgehalte aufzuklären. Vermutlich spielen hier die intensive Züchtung und die Futtermittelzusammensetzung eine große Rolle.

5 Literatur

- [1] BAHADIR M., PARLAR H., SPITELLER M.: Springer Umweltlexikon. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2. Auflage, 2000, ISBN 3-540-63561-0, S. 359-360
- [2] DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG (DGE): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. 1. Auflage, Frankfurt am Main, Umschau/Braus, 2000, ISBN 3-8295-7114-3
- [3] JAKUBKE, H.-D. & KARCHER, R.: Lexikon der Chemie. Band 1, 1998, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg/Berlin, ISBN 3-8274-0379-0, S. 344 – 345
- [4] SPEICHER, A.: Seminar Klinische Chemie und Biochemie. 5. Metallspeicherkrankheiten am Beispiel der Eisenüberladung, Chelattherapie. 3. Eisenverteilung im Körper, Regulierung des Eisenstoffwechsels: Eisenresorption und -ausscheidung, Transport von Eisen im Blutplasma, Eisenspeicherung im Organismus. Universität des Saarlandes.
<http://www.uni-saarland.de/fak8/mediziner/KlinischesSeminar/klinischesSeminar.htm>
- [5] POTTHAST, K.: Fleischfarbe Farbstabilität und Umrötung. Kulmbacher Reihe Band 6 „Chemisch-physikalische Merkmale der Fleischqualität. Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach, 1986, S. 89 – 110
- [6] HAMM, R.: Muskelfarbstoff und Fleischfarbe. Fleischwirtschaft 10/1975, S. 1415 -1418
- [7] KALTWASSER, J.-P.: Eisen. Lebensmittel tierischer Herkunft in der Diskussion, herausgegeben von Reinhold Kluthe und Heinrich Kasper, Georg Thieme Verlag Stuttgart/New York, S. 9 – 14
- [8] JACOBASCH, G. & BAUER-MARINOVIĆ, M.: Eisen, ein Januskopf-Element. Teil 1: Eisenbedarf, -mangel und -stoffwechsel. Ernährungs-Umschau 51 (2004), S. 172 – 177
- [9] ELMADFA, I., AIGN, W., MUSKAT, E., FRITZSCHE, D.: Die große GU Nährwert Kalorien Tabelle 2006/2007. 128 Seiten, Gräfe und Unzer Verlag GmbH, erschienen August 2005 oder unter <http://www.dge.de/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=3&page=8>
- [10] JACOBASCH, G. & BAUER-MARINOVIĆ, M.: Eisen, ein Januskopf-Element. Teil 3: Hämochromatosen. Ernährungs-Umschau 51 (2004), S. 272 – 277
- [11] KÜHNERT, M.: Veterinärmedizinische Toxikologie. Allgemeine und Klinische Toxikologie – Grundlagen der Ökotoxikologie. 1991, Gustav Fischer Verlag Jena/Stuttgart, ISBN 3-334-00386-8, S.251 - 252
- [12] SCHMID, A.: Fleisch statt Spinat für die Eisenversorgung. Metzger + Wurster 22/2006, S. 1 – 3
- [13] BELITZ, H.-D. & GROSCH, W.: Lehrbuch der Lebensmittelchemie. 4. Auflage, 1992, Springer Verlag, ISBN 3-540-55449-1, S. 381
- [14] ROGOWSKI, B.: Die Ernährungsphysiologische Bedeutung von Fleisch und Fett. Kulmbacher Reihe, Band 2, Beiträge zur Chemie und Physik des Fleisches, Bundesanstalt für Fleischforschung, 1981. S. 38 - 56
- [15] BUNDESLEBENSMITTELSCHLÜSSEL (BLS) II.3, Ausgabe Mai 1999, BgVV-Heft 08/1999, siehe auch <http://www.bfr.bund.de/cd/3990?year=1999> ,
http://www.mri.bund.de/cln_045/nn_784926/DE/forschung/karlsruhe/institutfuernaehrung/soekonomieund-soziologie/bls/bls_inhalt.html
- [16] SOUCI, S. W., FACHMANN, W. & KRAUT, H.: Die Zusammensetzung der Lebensmittel – Nährwert-Tabellen 1981/82. 1352 Seiten, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, 1981, ISSN 0721-6912
- [17] HAMM, R. & BÜNNIG, K.: Die Verteilung des Eisens im Muskelgewebe von Schwein und Rind. Z. Lebensm. Unters.-Forsch. 156, 1974, S. 9 – 15

- [18] SCHÖNE, F., KIRCHHEIM, U., BERGMANN, H., RIEGER, G., JAHREIS, G., KRAFT, J., LEITERER, M. & BREITSCHUH, G.: Qualität des Fleisches von Jungbullen – 3. Ernährungsrelevante Bestandteile – Hauptnährstoffe, Energie, Fettsäuren und Spurenelemente in Abhängigkeit von Rasse und Teilstück. Fleischwirtschaft 3/2007, S. 129 - 135
- [19] REICHARDT, W., MÜLLER, S. & LEITERER, M.: Erhebungen zur Fleischfarbe und zum Eisengehalt im Musculus longissimus dorsi Thüringer Schweineherkünfte. VDLUFA-Schriftenreihe 52, Kongressband 1999, S. 337 – 340
- [20] HAENEL, H.: Energie- und Nährstoffgehalt von Lebensmitteln – Lebensmitteltabellen. 896 Seiten, VEB Verlag Volk und Gesundheit Berlin, 1979
- [21] VOLLMER, G., JOSST, G., SCHENKER, D., STURM, W. & VREDEN, N.: Lebensmittelführer – Inhalte, Zusätze, Rückstände. Band 2, 291 Seiten, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1990, S. 30
- [22] CMA-BROSCHÜRE: Kennwort Fleisch – Ein Brevier zu Ernährungsphysiologie, Waren- und Hauswirtschaftskunde. (Quellenangabe: Bundesanstalt für Landwirtschaft 1989; Souci, Fachmann, Kraut 1986/87)
- [23] ELMFADA, I., AIGN, W. & MUSKAT, E.: Die große GU Nährwert Kalorien Tabelle 1999/2000. Gräfe und Unzer Verlag GmbH, ISBN: 3-7742-3739-5
 von http://www.norbertmoch.de/vegetarismus_veganismus/ernaehrung/soja-bohnen_enthalten_mehr_eisen_als_fleisch.htm
- [24] SOUCI, S. W., FACHMANN, W. & KRAUT, H.: Die Zusammensetzung der Lebensmittel – Nährwert-Tabellen. 1364 Seiten, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, 2008, ISBN 978-3-8047-5038-8
- [25] FORSCHUNGSINSTITUT FÜR DIE BIOLOGIE LANDWIRTSCHAFTLICHER NUTZTIERE (FBN) DUMMERSTORF: Fettarmes Fleisch mit weniger Eisen. Schweinezucht und Schweinemast Heft 6, 2006, S. 50
- [26] DANNENBERGER, D., REICHARDT, W., DANIER, J., NÜRNBERG, K., NÜRNBERG, G. & ENDER, K.: Untersuchungen zu Gehalten ausgewählter Spurenelemente im Rückenmuskel deutscher Schweinerassen. Fleischwirtschaft 6/2007. S. 90 – 93
- [27] HONAL, B.: Untersuchungen zur Optimierung der für den Eisenmangel relevanten Blutparameter beim Saugferkel durch orale Supplementierung von Eisen und Vitamin C bei Zuchtsauen. Dissertation, Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München, 2003
- [28] MEILER, D., TRÖGER, K., MOJE, M., DEDERER, I., PESCHKE, W., GÖTZ, K.-U. & STOLLE, A.: Entblutung von Schweinen – Auswirkungen auf Ausblutungsgrad und Fleischqualität. Fleischwirtschaft 9/2006, S. 136 – 139
- [29] WOLTERS DORF, W., ARNETH, W. & MINTZLAFF, H.-J.: Ausblutungsgrad beim Rind nach unterschiedlicher Rückenmarkzerstörung. Fleischwirtschaft 9/2000, S. 135 – 139
- [30] AUGUSTINI, C. & TROEGER, K.: Qualitätsorientierte Rindfleischerzeugung mit standortgebundenen Rassen. Fleischwirtschaft 1/2001, S. 75 - 78

Impressum

Herausgeber: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Internet: <http://www.smul.sachsen.de/lfulg>

Autoren: Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft
Geschäftsbereich 6
Dr. Karsten Westphal, Dr. Ralf Klose
Gustav-Kühn-Str. 8, 04159 Leipzig
Telefon: 0341 9174-225/208
Telefax: 0341 9174-211
E-Mail: Karsten.Westphal@smul.sachsen.de
Ralf.Klose@smul.sachsen.de

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Abteilung Tierische Erzeugung
Dr. Manfred Golze
Am Park 3, 04886 Köllitsch
Telefon: 034222 46-2200
Telefax: 034222 46-2099
E-Mail: Manfred.Golze@smul.sachsen.de

Redaktion: siehe Autoren

Endredaktion: Öffentlichkeitsarbeit
Präsidialabteilung

ISSN: 1867-2868

Redaktionsschluss: November 2009

Für alle angegebenen E-Mail-Adressen gilt:

Kein Zugang für elektronisch signierte sowie für verschlüsselte elektronische Dokumente

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlhelfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.