

Aus dem Institut für Tierzucht und Haustiergenetik
der Justus-Liebig-Universität Gießen

**Genetische Untersuchungen über Klauenmerkmale
beim Merinoland- und Rhönschaf**

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades beim
Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Eingereicht von

SILKE ERLEWEIN

Gießen 2002

VVB LAUFERSWEILER VERLAG

édition scientifique

Einheitsaufnahme

Erlwein, Silke:
Genetische Untersuchungen über Klauenmerkmale beim
Merinoland- und Rhönschaf
/ Silke Erlwein - 1. Aufl.
Wettenberg: VVB Laufersweiler Verlag 2002
ISBN 3-89687-610-4

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung des Autors
oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für
Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen
und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch
elektronische Systeme.

1. Auflage 2002

All rights reserved. No part of this publication may be
reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted,
in any form or by any means, electronic, mechanical,
photocopying, recording, or otherwise, without the prior
written permission of the Author or the Publishers.

1st Edition 2002

© 2002 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Wettenberg
Printed in Germany

ISBN: 3-89687-610-4

VVB LAUFERSWEILER VERLAG
édition scientifique

GLEIBERGER WEG 4, D-35435 WETTENBERG
Tel: 06406-4413 Fax: 06406-72757
Email: VVB-IPS@T-ONLINE.DE
www.vvb-ips.de

Aus dem Institut für Tierzucht und Haustiergenetik
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Betreuer: Prof. Dr. G. Erhardt

Genetische Untersuchungen über Klauenmerkmale
beim Merinoland- und Rhönschaf

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades beim
Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Eingereicht von
SILKE ERLEWEIN
Tierärztin aus Heilbronn–Neckargartach

Gießen 2002

Mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Dekan: Prof. Dr. Dr. h.c. B. Hoffmann

1. Berichterstatter: Prof. Dr. G. Erhardt

2. Berichterstatter: Prof. Dr. K. Doll

Tag der mündlichen Prüfung: 16. Dezember 2002

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
2	LITERATURÜBERSICHT	2
2.1	Anatomie der Klaue	2
2.1.1	Makroskopische Betrachtung	2
2.1.2	Mikroskopische Betrachtung des Hautüberzugs der Klaue	4
2.2	Einflußfaktoren auf die Klauenqualität	6
2.2.1	Anatomie	6
2.2.2	Physiologische Faktoren	8
2.2.3	Umwelt und Haltung	10
2.2.4	Ernährung	12
2.3	Beschreibung und Erfassung von Klauenparametern	12
2.3.1	Morphologische Parameter	12
2.3.2	Physikalische Parameter	14
2.3.3	Histologische Parameter	17
2.3.4	Chemische Parameter	19
2.4	Klauenerkrankungen	21
2.4.1	Klauenerkrankungen beim Rind	21
2.4.1.1	Zwischenklauen – Dermatitis	22
2.4.1.2	Zusammenhänge zwischen Klauenparametern und Klauenerkrankungen	23
2.4.2	Klauenerkrankungen beim Schaf	25
2.4.2.1	Die Moderhinke	26
2.4.2.2	Zusammenhänge zwischen Klauenparametern und Moderhinke	27
2.5	Genetische Varianz der Klauenparameter	29
3	MATERIAL UND METHODEN	30
3.1	Tiere und Zeitpunkte der Datenerfassung	30
3.2	Erfasste Klauenmaße	32

3.3	Untersuchung des Klauenhorns	34
3.3.1	Histologische Untersuchung	34
3.3.2	Wassergehalt und Wasseraufnahmevermögen	35
3.3.3	Lösliche Proteine	36
3.3.3.1	Materialien	36
3.3.3.2	Methoden	36
3.4	Statistische Auswertung	38
4	ERGEBNISSE	40
4.1	Meßgenauigkeit	40
4.1.1	Meßgenauigkeit der Klauenmaße	40
4.1.2	Meßgenauigkeit der histologischen Parameter	40
4.2	Mittelwerte und Standardabweichungen	41
4.2.1	Klauenmaße	41
4.2.2	Klauenhornparameter	44
4.3	Einflußfaktoren auf die Klauenparameter	47
4.3.1	Einflußfaktoren auf die Klauenmaße	47
4.3.1.1	Einfluß der Rasse und sonstiger Faktoren	47
4.3.1.2	Einfluß des Gewichts	52
4.3.1.3	Vatereinfluß	55
4.3.1.3.1	Merinolandschafe	55
4.3.1.3.2	Rhönschafe	59
4.3.2	Einflußfaktoren auf die Klauenhornparameter	63
4.3.2.1	Einfluß der Rasse und sonstiger Faktoren	63
4.3.2.2	Vatereinfluß	65
4.3.2.2.1	Merinolandschafe	65
4.3.2.2.2	Rhönschafe	66
4.4	Phänotypische und genetische Korrelationen	68
4.4.1	Phänotypische Korrelationen zwischen Klauenmaßen	68
4.4.1.1	Phänotypische Korrelationen von Messungen an verschiedenen Positionen	68

4.4.1.2	Phänotypische Korrelationen zwischen Meßparametern	70
4.4.1.3	Phänotypische Korrelationen zwischen Meßzeitpunkten	71
4.4.2	Genetische Korrelationen zwischen Klauenmaßen	73
4.4.3	Phänotypische Korrelationen zwischen Klauenhornparametern	74
4.4.3.1	Histologische Parameter	74
4.4.3.1.1	Phänotypische Korrelationen zwischen Positionen	74
4.4.3.1.2	Phänotypische Korrelationen zwischen Parametern	75
4.4.3.2	Wassergehalt und Wasseraufnahmevermögen	76
4.4.3.2.1	Phänotypische Korrelationen zwischen Positionen	76
4.4.3.2.2	Phänotypische Korrelationen zwischen Parametern	77
4.4.3.3	Phänotypische Korrelationen zwischen histologischen Parametern und Wassergehalt bzw. Wasseraufnahmevermögen	78
4.4.4	Genetische Korrelationen zwischen Klauenhornparametern an einer Position	79
4.4.5	Phänotypische Korrelationen zwischen Klauenmaßen und Klauenhornparametern	80
4.4.6	Genetische Korrelationen zwischen Klauenmaßen und Klauenhornparametern	81
4.5	Heritabilitätsschätzung	82
4.5.1	Heritabilitätsschätzung für die Klauenmaße	82
4.5.2	Heritabilitätsschätzung für die Klauenhornparameter	84
4.6	Lösliche Proteine	84
4.6.1	Nomenklatur und Häufigkeit der löslichen Proteine	85
4.6.2	Einflußfaktoren auf die Häufigkeit der löslichen Proteine	85
5	DISKUSSION	89
6	ZUSAMMENFASSUNG	101
7	SUMMARY	103
8	LITERATURVERZEICHNIS	105
9	ANHANG	117

Verzeichnis der Abbildungen im Text

Abb. 1	Epidermaler Klauenschuh der rechten Hauptklaue eines Vorderfußes vom Schaf	3
Abb. 2	Histologischer Querschnitt durch den Seitenteil einer Klaue, Schaf, 5 – 6 Monate	5
Abb. 3	Klauenmaße beim Rind	13
Abb. 4	Polyacralamidgel und zugehöriges Densitogramm der löslichen Proteine des Klauenhorns beim Rind	20
Abb. 5	Auftrennung der löslichen Proteine des Klauenhorns beim Schaf in der IEF mit 4 – 8 Banden	21
Abb. 6	Klauenmaße beim Schaf	32
Abb. 7	Verwendete Meßgeräte zur Erfassung der Klauenmaße: Stechzirkel, Härtemeßgerät, Winkelmesser, Lineal	33
Abb. 8	Gefriermikrotom mit eingespanntem Klauenhornstück	34
Abb. 9	Entwicklung der Mittelwerte der Klauenmaße über die 3 Messungen beim Merinolandschaf	44
Abb. 10	Querschnitt durch den Seitenteil der Hornwand im Wandsegment eines Merinolandschafes (ca. 5 Monate)	45
Abb. 11	Querschnitt durch den Seitenteil der Hornwand im Wandsegment eines Merinolandschafes (ca. 5 Monate)	45
Abb. 12	Einfluß der Rasse auf die Klauenmaße im Alter von 8 – 10 Wochen	48
Abb. 13	Einfluß der Rasse auf die Klauenmaße der im Stall gehaltenen Schafe im Alter von 16 – 20 Wochen	50
Abb. 14	Größe der Härte in Abhängigkeit vom Körpergewicht an den 4 gemessenen Klauen	52
Abb. 15	Dorsalwandlänge in Abhängigkeit vom Körpergewicht an den 4 gemessenen Klauen	53
Abb. 16	Trachtenlänge in Abhängigkeit vom Körpergewicht an den 4 gemessenen Klauen	53
Abb. 17	Diagonalenlänge in Abhängigkeit vom Körpergewicht an den 4 gemessenen Klauen	54
Abb. 18	Winkelweite in Abhängigkeit vom Körpergewicht an den 4 gemessenen Klauen	54

Abb. 19	Least-Square-Mittelwerte der Klauenmaße der Hintergliedmaße über die Nachkommengruppen beim Merinolandschaf, 1. Messung	56
Abb. 20	Einfluß der Haltungsform auf die Klauenmaße beim Rhönschaf	62
Abb. 21	Wasseraufnahmevermögen des Klauenhorns in Abhängigkeit vom Schlachtmonat beim Merinolandschaf	66
Abb. 22	Wasseraufnahmevermögen des Klauenhorns in Abhängigkeit vom Schlachtmonat beim Rhönschaf	67
Abb. 23	Phänotypische Korrelationen zwischen den Messungen an der medialen Klaue der Vordergliedmaße (Merinolandschaf)	71
Abb. 24	Lösliche Proteine und Marker im IEF – Gel, Silberfärbung	85
Abb. 25	Relative Häufigkeit der löslichen Proteine in Abhängigkeit vom Schlachtmonat	87

Verzeichnis der Abbildungen im Anhang

Abb. 1A	Größe der Härte in Abhängigkeit vom Körpergewicht an den 4 gemessenen Klauen beim Rhönschaf	136
Abb. 2A	Dorsalwandlänge in Abhängigkeit vom Körpergewicht an den 4 gemessenen Klauen beim Rhönschaf	137
Abb. 3A	Trachtenlänge in Abhängigkeit vom Körpergewicht an den 4 gemessenen Klauen beim Rhönschaf	137
Abb. 4A	Diagonalenlänge in Abhängigkeit vom Körpergewicht an den 4 gemessenen Klauen beim Rhönschaf	138
Abb. 5A	Winkelweite in Abhängigkeit vom Körpergewicht an den 4 gemessenen Klauen beim Rhönschaf	138
Abb. 6A	Anzahl der Hornröhrchen pro mm ² in Abhängigkeit vom Gewicht	139

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1	Wassergehalt (WG) und Wasseraufnahmevermögen (WAV) des Klauenhorns von Rind und Schaf	16
Tab. 2	Durchschnittliche Hornröhrchenzahl des Kronhorns pro mm ² Querschnittsfläche im Klauenhorn von Rind und Schaf	19
Tab. 3	Genetische Korrelationen zwischen Klauenmaßen und <i>Dermatitis interdigitalis</i> an der Hintergliedmaße	24
Tab. 4	Heritabilitätsschätzwerte für Klauenmerkmale	29
Tab. 5	Untersuchungszeitpunkte und Alter der Tiere	30
Tab. 6	Tierverteilung der Merinolandschafe	31
Tab. 7	Tierverteilung der Rhönschafe	31
Tab. 8	Vater- und Geschlechtsverteilung innerhalb der Haltungsform (Rhönschafe 2. Messung)	31
Tab. 9	Meßgenauigkeit der erfaßten Klauenmaße	40
Tab. 10	Meßgenauigkeit der histologischen Parameter	41
Tab. 11	Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) bei der 1. Messung im Alter von 8 – 10 Wochen	42
Tab. 12	Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) bei der 2. Messung im Alter von 16 – 20 Wochen	42
Tab. 13	Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) bei der 3. Messung im Alter von 51 – 63 Wochen	43
Tab. 14	Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) der histologischen Parameter	46
Tab. 15	Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) des Wassergehalts und des Wasseraufnahmevermögens des Klauenhorns	46
Tab. 16	Einflüsse und Least-Square-Mittelwerte (LSM) mit Standardfehlern (se) der Klauenmaße bei der 1. Messung im Alter von 8 – 10 Wochen	47
Tab. 17	Einflüsse und Least-Square-Mittelwerte (LSM) mit Standardfehlern (se) der Klauenmaße bei der 2. Messung im Alter von 16 – 20 Wochen	49

Tab. 18	Einflüsse und Least-Square-Mittelwerte (LSM) mit Standardfehlern (se) der Klauenmaße bei der 3. Messung im Alter von 51 - 63 Wochen	51
Tab. 19	Einflüsse auf die Klauenmaße der Merinolandschafe bei der 1. Messung im Alter von 8 Wochen	55
Tab. 20	Einflüsse auf die Klauenmaße der Merinolandschafe bei der 2. Messung im Alter von 16 Wochen	57
Tab. 21	Einflüsse auf die Klauenmaße der Merinolandschafe bei der 3. Messung im Alter von 51 – 63 Wochen	58
Tab. 22	Einflüsse auf die Klauenmaße der Rhönschafe bei der 1. Messung im Alter von 8 – 10 Wochen	59
Tab. 23	Einflüsse auf die Klauenmaße der Rhönschafe bei der 2. Messung im Alter von 18 – 20 Wochen	60
Tab. 24	Einfluß und Least-Square-Mittelwerte (LSM) mit Standardfehler (se) in Abhängigkeit von der Haltungsform beim Rhönschaf bei der 2. Messung im Alter von 18 – 20 Wochen	61
Tab. 25	Einflüsse auf die Klauenmaße der Rhönschafe bei der 3. Messung im Alter von 51 – 55 Wochen	63
Tab. 26	Einflüsse und Least-Square-Mittelwerte (LSM) mit Standardfehlern (se) der Klauenhornparameter über beide Rassen	64
Tab. 27	Einflüsse auf Klauenhornparameter beim Merinolandschaf	65
Tab. 28	Einflüsse auf Klauenhornparameter beim Rhönschaf	67
Tab. 29	Phänotypische Korrelationen zwischen Messungen an verschiedenen Positionen beim Merinoland- und beim Rhönschaf	68
Tab. 30	Unterschiede der Mittelwerte im t-Test zwischen Messungen an verschiedenen Positionen beim Merinoland- und beim Rhönschaf	69
Tab. 31	Phänotypische Korrelationen zwischen Klauenmaßen an einer Position beim Merinolandschaf	70
Tab. 32	Phänotypische Korrelationen zwischen Klauenmaßen an einer Position beim Rhönschaf	70
Tab. 33	Phänotypische Korrelationen und Signifikanzen zwischen den Messungen beim Merinolandschaf	72
Tab. 34	Phänotypische Korrelationen und Signifikanzen zwischen den Messungen beim Rhönschaf	73

Tab. 35	Genetische Korrelationen zwischen den Klauenmaßen an einer Position, 1. Messung	74
Tab. 36	Phänotypische Korrelationen und Signifikanzen der Klauenhornparameter zwischen den untersuchten Positionen an der Vorder- und Hintergliedmaße	74
Tab. 37	Phänotypische Korrelationen und Signifikanzen zwischen histologischen Parametern beim Merinolandschaf	75
Tab. 38	Phänotypische Korrelationen und Signifikanzen zwischen histologischen Parametern beim Rhönschaf	75
Tab. 39	Phänotypische Korrelationen und Signifikanzen von Wassergehalt und Wasseraufnahmevermögen an verschiedenen Klauen beim Merinolandschaf	76
Tab. 40	Phänotypische Korrelationen und Signifikanzen von Wassergehalt und Wasseraufnahmevermögen an verschiedenen Klauen beim Rhönschaf	77
Tab. 41	Phänotypische Korrelationen und Signifikanzen zwischen Wassergehalt und Wasseraufnahmevermögen bei Merinolandschaf und Rhönschaf	78
Tab. 42	Phänotypische Korrelationen und Signifikanzen zwischen histologischen Parametern und Wassergehalt bzw. Wasseraufnahmevermögen beim Merinolandschaf	78
Tab. 43	Phänotypische Korrelationen und Signifikanzen zwischen histologischen Parametern und Wassergehalt bzw. Wasseraufnahmevermögen beim Rhönschaf	79
Tab. 44	Genetische Korrelationen zwischen Klauenhornparametern an einer Position	80
Tab. 45	Phänotypische Korrelationen und Signifikanzen zwischen Klauenmaßen und Klauenhornparametern beim Merinolandschaf	80
Tab. 46	Phänotypische Korrelationen und Signifikanzen zwischen Klauenmaßen und Klauenhornparametern beim Rhönschaf	81
Tab. 47	Genetische Korrelationen zwischen Klauenmaßen und Klauenhornparametern	82
Tab. 48	Heritabilitätsschätzung (h^2) und Standardabweichungen (s) für die Klauenmaße	83
Tab. 49	Heritabilitätsschätzung (h^2) und Standardabweichungen (s) für die Klauenhornparameter	84

Tab. 50	Relative Häufigkeit im Auftreten ausgewählter löslicher Proteine	85
Tab. 51	Relative Häufigkeit im Auftreten der löslichen Proteine bei Merinoland- und Rhönschafen	86
Tab. 52	Relative Häufigkeit im Auftreten der löslichen Proteine in Abhängigkeit vom Schlachtmonat	86
Tab. 53	Relative Häufigkeit im Auftreten der löslichen Proteine in Abhängigkeit vom Vater	87
Tab. 54	Relative Häufigkeit im Auftreten der löslichen Proteine in Abhängigkeit vom Geschlecht	88
Tab. 55	Relative Häufigkeit im Auftreten der löslichen Proteine in Abhängigkeit von der Pigmentierung des Klauenhorns beim Rhönschaf	88

Verzeichnis der Tabellen im Anhang

Tab. 1A	Bestimmtheitsmaß (R^2) der Klauenmaße über alle Messungen bei beiden Rassen	117
Tab. 2A	Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 1. Messung (8 – 10 Wochen) über beide Rassen (Monats- und Geschlechtseffekt)	118
Tab. 3A	Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 2. Messung (16 – 20 Wochen) über beide Rassen (Monatseffekt)	119
Tab. 4A	Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 2. Messung (16 – 20 Wochen) über beide Rassen (Rasse- und Geschlechtseffekt)	120
Tab. 5A	Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 1. Messung (8 Wochen) beim Merinolandschaf (Vatereffekt)	121
Tab. 6A	Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 1. Messung (8 Wochen) beim Merinolandschaf (Monats- und Geschlechtseffekt)	122
Tab. 7A	Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 2. Messung (16 Wochen) beim Merinolandschaf (Vatereffekt)	123
Tab. 8A	Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 2. Messung (16 Wochen) beim Merinolandschaf (Monats- und Geschlechtseffekt)	124

Tab. 9A	Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 3. Messung (51 – 63 Wochen) beim Merinolandschaf (Vatereffekt)	125
Tab. 10A	Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 1. Messung (8 – 10 Wochen) beim Rhönschaf (Vatereffekt)	126
Tab. 11A	Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 1. Messung (8 – 10 Wochen) Rhönschaf (Monats-, Geschlechts- und Pigmenteffekt)	127
Tab. 12A	Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 2. Messung (18 – 20 Wochen) beim Rhönschaf (Vatereffekt)	128
Tab. 13A	Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 2. Messung (18 – 20 Wochen) Rhönschaf (Monats-, Geschlechts- und Pigmenteffekt)	129
Tab. 14A	Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 3. Messung (51 – 55 Wochen) beim Rhönschaf (Vatereffekt)	130
Tab. 15A	Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 3. Messung (51 – 55 Wochen) beim Rhönschaf (Pigmenteffekt)	131
Tab. 16A	Bestimmtheitsmaße (R^2) der Klauenhornparameter bei beiden Rassen	132
Tab. 17A	Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenhornparameter über beide Rassen (Geschlechtseffekt)	132
Tab. 18A	Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenhornparameter beim Merinolandschaf (Vatereffekt)	133
Tab. 19A	Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenhornparameter beim Merinolandschaf (Monatseffekt)	133
Tab. 20A	Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenhornparameter beim Merinolandschaf (Geschlechtseffekt)	134
Tab. 21A	Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenhornparameter beim Rhönschaf (Vatereffekt)	134
Tab. 22A	Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenhornparameter beim Rhönschaf (Monatseffekt)	135

Tab. 23A	Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenhornparameter beim Rhönschaf (Geschlechts- und Pigmenteffekt)	135
Tab. 24A	Unterschiede der Mittelwerte der Klauenhornparameter im t-Test	136

Verzeichnis der Abkürzungen

%	Prozent
°C	Grad Celsius
Abb.	Abbildung
APS	Ammoniumpersulfat
BV	Braunvieh
ca.	circa
cm	Zentimeter
d. h.	das heißt
DBV	Deutsches Braunvieh
DFV	Deutsches Fleckvieh
DSB	Deutsches Schwarzbuntes Rind
FV	Fleckvieh
g	Gramm
Geschl.	Geschlecht
GLM	Allgemeines lineares Modell
h	Stunde
h ²	Heritabilität
HF	Holstein Friesian
hl	hinten lateral
hm	hinten medial
HR	Hornröhrchen
IEF	Isoelektrische Fokussierung
kg	Kilogramm
Korrel.	Korrelation
LSM	Least-Square-Mittelwert
m	männlich
M	Mark
mA	Milliampere
Merino	Merinolandschaf
Mess.	Messung
mg	Milligramm
min.	Minute
ml	Milliliter
mm	Millimeter

mm ²	Quadratmillimeter
N	Anzahl
n.k.	nicht konvergiert
n.s.	nicht signifikant
pI	Isoelektrischer Punkt
pH	Wasserstoffionenkonzentration
pigm.	pigmentiert
QTL	Quantitative Trait Loci
R	Rinde
r	Korrelationskoeffizient
R ²	Bestimmtheitsmaß
Rhön	Rhönschaf
s	Standardabweichung
Schlacht.	Schlachtung
SDS	Natriumdodecylsulfat
se	Standardfehler
Sign.	Signifikanz
Tab.	Tabelle
TEMED	N,N,N',N'- Tetramethylethylendiamin
unpigm.	unpigmentiert
vl	vorne lateral
vm	vorne medial
w	weiblich
WAV	Wasseraufnahmevermögen
WG	Wassergehalt
$\bar{x}$	Mittelwert
z.B.	zum Beispiel
ZH	Zwischenröhrchenhorn
µl	Mikroliter
µm	Mikrometer
χ^2	Chi-Quadrat

1 EINLEITUNG

In der Bundesrepublik Deutschland wurden im Jahr 2000 ca. 2,67 Millionen Schafe gehalten (BMELF, 2001). Neben der Fleischproduktion, die heute den wichtigsten Produktionszweig in der Schafhaltung darstellt, werden Schafe zur Woll- und Milchproduktion gehalten und spielen eine wichtige Rolle in der Landschaftspflege.

Klauenerkrankungen beim Schaf sind seit vielen Jahren ein wirtschaftliches Problem. Die Moderhinke ist neben den Endoparasiten die verbreitetste Erkrankung (SCHLOLAUT, 1996), und ihre Bekämpfung ist zeitaufwendig, teuer und auch aus tierschutzrechtlichen Gründen notwendig.

Die Moderhinke entsteht durch Infektion der Klauen mit den Erregern *Dichelobacter nodosus* und *Fusobacterium necrophorum*. Die Ausbreitung und Schwere der Erkrankung wird jedoch von verschiedenen Hilfsfaktoren beeinflusst. Krankheitsbegünstigend ist ein weiches Klauenhorn, welches rassebedingt (Fleischrassen) oder durch Wasseraufnahme bedingt ist. Hartes Klauenhorn der Landrassen wirkt dagegen krankheitshemmend (BEHRENS, 1987).

Ein Ansatz zur Bekämpfung von Klauenkrankheiten ist die züchterische Verbesserung der Klauenqualität. Beim Rind existieren seit einigen Jahren Untersuchungen, die Zusammenhänge zwischen morphologischen Klauenparametern und Klauenerkrankungen sowie Langlebigkeit belegen (CHOI und McDANIEL, 1993). Untersuchungen beim Rind konnten einfach erfaßbare Klauenparameter mit ausreichender Heritabilität zeigen, die eine Zucht auf Klauengesundheit ermöglichen (DISTL, 1996).

Ziel dieser Untersuchung ist es, beim Schaf Methoden zur Charakterisierung der Klaue und deren Eigenschaften zu überprüfen, Einflußfaktoren zu quantifizieren, sowie als Grundlage für eine Selektion auf Klauengesundheit genetische Parameter zu schätzen.

2 LITERATURÜBERSICHT

2.1 Anatomie der Klaue

2.1.1 Makroskopische Betrachtung

Die Klaue (*Ungula*) stellt das Zehenendorgan der Paarzeher dar und umfaßt alle anatomischen Teile, die durch das Klauenhorn eingeschlossen werden (PRIETZ, 1985). Das Klauenhorn erfüllt verschiedenste Funktionen. Einerseits schützt es die umschlossenen empfindlichen lebenden Gewebe vor mechanischen, chemischen und biologischen Umwelteinflüssen, andererseits transferiert es die Kräfte von der Zehenspitze auf den Untergrund („shock-absorbing unit“) (BUDRAS et al., 1998).

Makroskopisch besteht die Klaue aus Stützteilen und dem Hautüberzug. Dieser gliedert sich an der Klaue in drei Schichten: die Klauenunterhaut (*Subcutis*), die nur im Bereich des Saums, der Krone und am Ballensegment vorhanden ist, die Klauenlederhaut (*Corium*) und die Klauenoberhaut (*Epidermis*) (ROSSKOPF, 1986). Aus den genannten drei Schichten setzen sich die Segmente Saum, Krone, Wand, Sohle und Ballen zusammen.

Die Klauenepidermis bildet den verhornten Klauenschuh, die Hornkapsel, die als Stütz- und Schutzorgan dient. Der Klauenschuh entspricht in seinem Innenrelief der Oberfläche der Lederhaut, der Patrize, und wird als Matrize bezeichnet (WILKENS, 1964). Am Klauenschuh lassen sich Klauenplatte, Sohle und Ballen unterscheiden (Abb.1).

Die Klauenplatte setzt sich aus Saum-, Kron- und Wandhorn zusammen. Die beiden Seitenteile des Klauenschuhs (konvexe Außen- und leicht konkave Zwischenklauenwand) gehen am Klauenrücken unter sehr spitzem Winkel ineinander über, so daß nur ein sehr schmaler Klauenrücken ausgebildet ist. WARZECHA (1993) stellte fest, daß die Klauen von Schafen steiler als Rinderklauen sind und Winkel zwischen 50° und 70° bilden.

Das Saumsegment hebt sich auf der Interdigitalseite der Klaue gegen die Krone durch die Bildung eines Falzes ab. Dieser verstreicht zum Klauenrücken hin und ist auf diesem sowie auf der Außenseite der Klaue nicht mehr erkennbar (KORTE,

1987). Das weiche Saumhorn wird von der Saumepidermis gebildet. Es beschränkt sich auf das proximale Viertel der Klauenwand und ist distal unregelmäßig begrenzt. Es stellt eine dünne Glasurschicht dar, die zum größten Teil aus Zwischenröhrchenhorn zusammengesetzt ist und nur wenige Hornröhrchen besitzt.

Das Kronsegment besitzt einen breiten und flachen Kronwulst (KORTE, 1987). Die Kronepidermis bildet die Haupt- oder Röhrchenschicht, in der sich Pigment befinden kann. Von innen liegt der Kronepidermis die Oberhaut des Wandsegments an, welche durch ungefederte Blättchen eine Verbindung mit dem Kronhorn darstellt. Diese sind auf die distale Hälfte der Hornwand beschränkt (Abb.1).

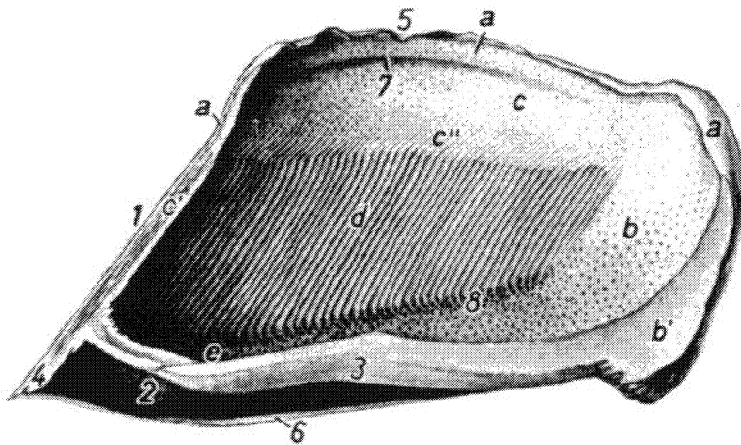


Abb. 1: Epidermaler Klauenschuh der rechten Hauptklaue eines Vorderfußes vom Schaf (NICKEL et al., 1996)

- 1 – Rückenteil
- 2 – Seitenteil der Außenplatte
- 3 – Sohlenteil des Ballenhorns
- 4 – Spitze des Klauenschuhs
- 5 – Kronrand
- 6 – Tragrand
- 7 – Saumfurche
- 8 – Sohlenfläche

- a - Saumhorn
- b - Ballenhorn
- c - Kronhorn
- d - Wandhorn mit Hornblättchen
- e - distales Terminallagenhorn

Das Sohlensegment befindet sich zentral der weißen Linie und ist durch das Fehlen einer *Subcutis* charakterisiert. Makroskopisch und palpatorisch ist es nicht vom

Ballensegment zu unterscheiden. Die durchschnittliche Wachstumsgeschwindigkeit des Horns beim Schaf beträgt, abhängig von Faktoren wie Haltung, Fütterung und Alter, etwa 4 mm in 28 Tagen (RIEGER et al., 1984a).

2.1.2 Mikroskopische Betrachtung des Hautüberzugs der Klaue

Die Epidermis der Klaue besteht aus einem *Stratum basale*, *Stratum spinosum*, *Stratum granulosum*, *Stratum lucidum* und *Stratum corneum*. Das *Stratum corneum* ist der Hornschuh der Klaue, an dem in den meisten Bezirken eine Röhrenchenkonstruktion zu erkennen ist (Abb. 2). Das Röhrenchenhorn besteht aus zahlreichen Röhrenchen und dem dazwischenliegenden Zwischenröhrenchenhorn. Die Hornröhrenchen entstehen über den Zotten des Papillarkörpers und durchziehen das *Stratum corneum* des Ballen- und Sohlensegmentes in seiner ganzen Dicke und sind im Kronhorn so lang wie die Klauenwand hoch ist (ROSSKOPF, 1986).

Die einzelnen Segmente der Klauenoberhaut werden durch die Dichte und Gestalt ihrer Hornröhrenchen charakterisiert. Dabei ist der prinzipielle Aufbau der Klauenhornröhrenchen immer der gleiche.

Eine Tannenzapfenstruktur mit Neigung der Rindenzellen nach distal gegen das Mark, wie von WILKENS (1964) beim Rind beschrieben, ist laut ROSSKOPF (1986) beim Schaf nicht zu erkennen. Im Querschnitt ist eine zwiebelschalartige Umkleidung des Markes mit flachen Hornzellen in mehreren Schichten festzustellen, die als Röhrenchenrinde angesprochen werden kann. Im mit Hämalaun-Eosin gefärbten histologischen Schnitt sind die Röhrenchen nur an ihrem Markraum zu erkennen, da dieser sich etwas intensiver rot anfärbt als die Umgebung. Es sind meist keine Zellgrenzen im Horn zu sehen. Da der Übergang zwischen Röhrenchenrinde und Zwischenröhrenchenhorn allmählich erfolgt, ist eine Abgrenzung zwischen Röhrenchenrinde und Zwischenröhrenchenhorn im allgemeinen nicht möglich.

Das Saumhorn wird über ca. 1,1 mm langen feinen Zotten gebildet, die regelmäßig angeordnet sind (Abb.2). Es stellt eine dünne Glasurschicht dar, die zum größten Teil aus Zwischenröhrenchenhorn zusammengesetzt ist und nur wenige Hornröhrenchen besitzt (KORTE, 1987).

Das Kronhorn läßt sich in die äußere, mittlere und innere Zone unterteilen, wobei nur die innere sich deutlich von den anderen unterscheiden läßt. Im Vergleich zum Rind ist in der Innenzone des Koronarhorns beim Schaf keine Wellenform der Hornröhrchen zu sehen, und sie ist breiter und enthält mehr Röhrchen pro Flächeneinheit (WARZECHA, 1993). In Abhängigkeit von ihrer Lage können die Hornröhrchen einen runden oder parallel zur Oberfläche abgeplatteten Querschnitt aufweisen.

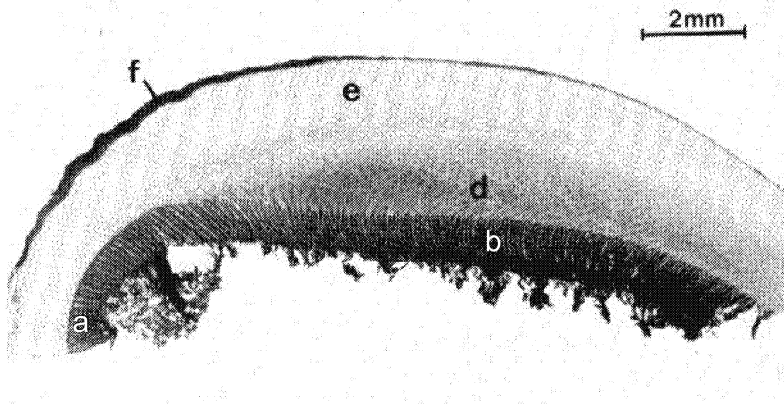


Abb. 2: Histologischer Querschnitt durch den Seitenteil einer Klaue, Schaf, 5 – 6 Monate (ROSSKOPF, 1986)
a, b – Lederhautblättchen des Wandsegments
d, e – Kronhorn
f – Saumhorn

Laut ROSSKOPF (1986) sind im Seitenteil die Querschnitte der Röhrchen in der inneren Hälfte des Kronhorns rund, während in der äußeren Hälfte ovale Röhrchen zu sehen sind, die nach außen hin tangential zur Oberfläche immer stärker abgeplattet sind. Im Dorsalteil der Hornwand überwiegen die abgeplatteten Hornröhrchen mit ovalem Querschnitt. Nur in der Innenzone kommen noch in einem schmalen Bereich Röhrchen mit rundem Querschnitt vor, die alle ein schwach angefärbtes Mark haben.

Das Corium des Wandsegments besteht nicht aus Papillen, sondern aus Lederhautblättchen (Abb. 2). Die Lederhautpapillen des Kronsegments wachsen nach distal allmählich zusammen und bilden so die Lederhautblättchen. Die Rückenhöhe der Lederhautblättchen beträgt in der Mitte des Wandsegments etwa

0,6 – 0,8 mm. Über dem freien distalen Rand der Lederhautblättchen findet man das Kappenhorn (ROSSKOPF, 1986).

2.2 Einflußfaktoren auf die Klauenqualität

Klauenqualität ist das Ergebnis von Horneigenschaften, Klauenform, Anatomie und Physiologie der inneren Struktur. Die Definition von guter Klauenqualität ist nicht leicht zu geben. Horn guter Qualität ist an die verschiedenen Funktionen angepaßt und erfüllt seine Aufgaben auch unter ungünstigen Umweltbedingungen. Es ist wenig anfällig für Erkrankungen und bedarf nur wenig Klauenpflege (POLITIEK et al., 1986). Horn schlechter Qualität erfüllt seine Funktion nicht mehr, was zu struktureller und funktioneller Schwäche und in deren Folge zu Erkrankungen führt (REILLY und KEMPSON, 1992).

In der Regel gilt widerstandsfähiges und damit härteres Horn als qualitativ besser als weiches Horn (VERMUNT und GREENOUGH, 1995). Physikalische Eigenschaften des Hornes, wie Wassergehalt und Härte, bestimmen die Hornqualität und werden ihrerseits durch die Struktur und chemische Zusammensetzung der Keratine bestimmt (BAGGOT et al., 1988). Auch LEOPOLD und PRIETZ (1980) sehen die Abriebfestigkeit des Klauenhorns und seinen Wassergehalt als entscheidende Faktoren für die Hornqualität an.

Die Faktoren, die die Hornqualität beeinflussen, lassen sich in interne und externe Faktoren einteilen. Neben der Anatomie und Physiologie bestimmen vor allem die Umwelt und die Ernährung das Wachstum und die Eigenschaften des Klauenhorns.

2.2.1 Anatomie

Anatomisch bedingte Unterschiede in den Klauenmerkmalen ergeben sich sowohl durch die Position der Klaue durch die unterschiedliche Belastung der Gliedmaßen als auch durch Unterschiede in der Mikroarchitektur innerhalb des Klauenschuhs.

Die Mikroarchitektur übt einen entscheidenden Einfluß auf die Härte und den Wassergehalt des Klauenhorns beim Rind aus (DIETZ und PRIETZ, 1981). Histologische Gesichtspunkte für die Hornqualität sind die Röhrchenzahl pro mm²,

der Quotient aus Durchmesser von Mark und Rinde sowie die Abgrenzung der Röhrenrinde vom Zwischenröhrenhorn. Die größte Zahl von Röhren pro mm² findet man in der Vorder-, Seiten- und Interdigitalwand. Hartes Horn guter Qualität hat mehr Röhren pro Flächeneinheit als weiches Horn, seine Röhren sind gut abgegrenzt und besitzen eine im Verhältnis zum Markraum dicke Rinde. Aufbau und Zahl der Röhren sehen auch LEACH und ZOERB (1983) als entscheidende Faktoren für die Hornqualität.

Die Härte des Klauenhorns nimmt innerhalb der Klaue von außen nach innen ab, und das Wandhorn ist härter als das Sohlen- und Ballenhorn. Die weiße Linie besteht aus sehr weichem Horn und bildet einen „point of weakness“ (DIRKS, 1985).

Die Klauen der Vordergliedmaßen sind beim Rind härter und haben einen geringeren Wassergehalt als die der Hintergliedmaßen (MARTIG et al., 1980. CHMIELNIK et al. 1983). LEOPOLD (1978) fand beim Rind an der Hintergliedmaße 8,7% mehr Röhren, während SCHRANK (1968) bei Rotwild keine wesentlichen Unterschiede zwischen Vorder- und Hinterschale in Bezug auf die Röhrenzahl fand. Innerhalb der Klaue stellte sie die höchsten Röhrenzahlen in den Seitenwänden fest, wobei weibliche Tiere tendenziell mehr Röhren pro mm² besaßen als männliche.

Signifikante Unterschiede in den meisten Werten bestehen zwischen Klauen der Vorder- und Hintergliedmaße und bei älteren Rindern auch zwischen Innen- und Außenklauen. Die Klauen der Vordergliedmaßen sind steiler gewinkelt, die Dorsalwand ist kürzer und die Trachtenwand länger. Fußungsfläche und Diagonale der Innenklaue der Vordergliedmaße sind größer als an der Außenklaue, während sich an der Hintergliedmaße die Größenrelationen umkehren (DISTL, 1996). Bei den untersuchten Jungkühen sind die Innenklaue der Vordergliedmaße und die Außenklaue der Hintergliedmaße als „Hauptklauen“ zu bezeichnen. Sie scheinen unter den verschiedensten Umweltverhältnissen die genetisch fixierten Klaueneigenschaften am deutlichsten auszudrücken (BAUMGARTNER, 1988). Unterschiede zwischen medialen und lateralen Klauen finden auch HAHN et al. (1984).

Eine Erklärung für die Asymmetrie der Klauen der Hintergliedmaße bei Kühen liegt im Bewegungsablauf. Die Schrägstellung des Beckens bei der Fortbewegung führt

zu deutlich höheren Belastungsspitzen an den Außenklauen als an den Innenklauen. Als Folge der vermehrten Belastung und damit stärkeren Durchblutung der Lederhaut nehmen die Außenklauen an Größe zu (KEHLER, 1998). Der Unterschied zwischen den Klauen der Vorder- und Hintergliedmaßen läßt sich durch die anatomisch bedingte unterschiedliche Belastung und durch die größere Nähe der Klauen der Hintergliedmaßen zu kot- und urinverschmutzter Einstreu erklären. Dies führt zu einer Erniedrigung der Härte und Zugfestigkeit des Klauenhorns (ALBARANO, 1993).

Für das Schaf stellten RIEGER et al. (1984b) fest, daß sowohl bei Mutterschafen als auch bei Lämmern die Klauen der Vordergliedmaßen breiter und länger sind und die Winkel an den Klauen der Hintergliedmaßen flacher als an den Vordergliedmaßen sind. Bei den Mutterschafen unterscheiden sich außerdem mediale und laterale Klaue, wobei die mediale Klaue breiter und länger ist. Diese Unterschiede sind bei den 3 Tage alten Lämmern noch nicht festzustellen.

2.2.2 Physiologische Faktoren

Physiologische Einflüsse auf Horneigenschaften üben das Alter, die Tierart bzw. Rasse und die Pigmentierung des Horns aus.

Die Klaue verändert sich im Laufe des Wachstums der Tiere. Mit zunehmendem **Alter** und damit Gewicht nimmt die Klauengröße mit dem allgemeinen Wachstum zunächst zu, der Klauenwinkel nimmt mit zunehmendem Alter ab (VERMUNT, 1990). Schwere Tiere haben größere Klauen als leichte Tiere. RAL (1990) dagegen fand keinen Einfluß des Alters bei Färsen, nur bei Kühen. Bei letzteren nehmen die Zehenlänge, die Trachtenhöhe und die Sohlenfläche mit zunehmender Laktationszahl zu.

Beim Schaf sind die Dorsalwandwinkel von Lämmern um 10 % stumpfer als bei Mutterschafen (RIEGER et al., 1984b).

Große Variationen in den Klauenparametern bestehen innerhalb und zwischen den **Rassen** (DISTL, 1998). Bullen der Rasse deutsches Braunvieh haben größere

Dorsalwandwinkel und kürzere Dorsalwandlängen als Fleckviehbullen (SCHNEIDER, 1980). Bei einem Vergleich von Milchkühen der Rassen Deutsche Schwarzbunte und Deutsches Fleckvieh zeigen die letzteren einen steileren Dorsalwandwinkel und eine kürzere Dorsalwandlänge, an den Hintergliedmaßen sind ihre Trachtenlänge und Dorsalwandlänge größer (DISTL und SCHMID, 1993). CHMIELNIK et al. (1983) fanden heraus, daß Klauenhorn von Holstein Friesian Kühen weicher ist als das von Polnischem Schwarzbunten Niederungsvieh, allerdings nur an den Vordergliedmaßen. Laut SCHNEIDER (1980) hat die Rasse keinen Einfluß auf den Wassergehalt des Klauenhorns.

Beim Schaf gelten die Klauen von Landrassen als härter als die der Wollrassen. Man geht von einer Abnahme der Klauenhornfestigkeit durch die Zucht auf feinwollige Schafrassen aus (HERRMANN, 1963).

Einen viel und schon seit Beginn dieses Jahrhunderts diskutierten Einfluß auf die Klauenmerkmale stellt die **Pigmentierung** dar, wobei zwischen den Autoren Uneinigkeit besteht (VERMUNT, 1990).

KOPPENHÖFER (1940) benutzte rotierende Schleifscheiben, gegen die ein präpariertes Hornstück gedrückt wurde. Er zeigte, daß pigmentiertes Horn widerstandsfähiger gegen Abreibung ist als unpigmentiertes, und daß die Klauen eines Tieres und verschiedener Tiere auch bei gleicher Färbung eine unterschiedliche Widerstandsfähigkeit haben können. HOFBAUER (1946) stellte fest, daß beim unpigmentierten Horn infolge geringerer Härte eine starke Abnutzung zu beobachten ist und auch NITSCHKE (1974) führte eine höhere Abnutzungsrate des Klauenhorns beim Deutschen Schwarzbunten Rind auf das Fehlen oder den Mangel an Pigmenten und seinen histologischen Feinbau zurück. Durch fehlende oder schwache Pigmentierung wird die Widerstandsfähigkeit des Klauenhorns herabgesetzt (SCHRÖDER, 1970).

LEOPOLD (1978) fand in Untersuchungen pigmentierter Rinderklauen, daß diese ein geringeres Wasseraufnahmevermögen sowie einen geringeren Abschleiß haben. Er empfiehlt die Züchtung auf pigmentiertes Horn, da es möglicherweise eine bessere Qualität aufweist. Die Zahl der Hornröhrchen weicht jedoch nur unwesentlich von der durchschnittlichen Hornröhrchendichte des unpigmentierten Horns ab.

Beim Rind ist, ähnlich wie beim Pferd, helles Horn nicht so stabil wie dunkles oder schwarzes Horn (DIETZ und PRIETZ, 1981). Bei gleichem Feuchtigkeitsgehalt ist die Widerstandsfähigkeit von pigmentiertem Horn höher als von unpigmentiertem, allerdings bleibt der Feuchtigkeitsgehalt des Klauensohlenhorns durch die Pigmentierung unbeeinflusst.

Die Klauenfarbe hat beim Schaf einen signifikanten Einfluß auf die Hornröhrchendichte und damit auch auf die Hornqualität. Schafrassen mit pigmentiertem Horn weisen eine höhere Hornröhrchendichte und damit eine bessere Hornqualität auf (KINDLER, 1990).

Keine signifikanten Unterschiede fand CAMARA (1971) bei Abriebversuchen zwischen den Rassen, obwohl das Horn der verschiedenen Rassen unterschiedliches Pigment aufwies. Auch BOHLI (1993) stellte bei Zugversuchen keinen signifikanten Unterschied zwischen pigmentiertem und unpigmentiertem Klauenhorn fest. Bei dem Vergleich der Widerstandsfähigkeit von Klauenhorn mit unterschiedlichem Pigment wurden von PFLUG (1978) zwischen den fünf Pigmentstufen keine signifikanten Unterschiede gefunden. Daraus schloß er, daß ein alleiniger Einfluß des Pigmentes auf die Widerstandsfähigkeit von Klauenhorn nicht festzustellen ist. Allerdings fand er nur an der Hornoberfläche bis zu einer Tiefe von 0,2 mm Pigment.

2.2.3 Umwelt und Haltung

Von den ca. 2,67 Mio. in Deutschland lebenden Schafen werden ca. 18,3 % in einer Wanderschafherde gehalten, etwa 39,6 % in standortgebundener Hutehaltung und ca. 42,1 % in Koppel- und Einzelschafhaltung (BMELF, 2001). Im Stall beeinflussen die Tierdichte, Oberfläche und Art des Bodens und die Wechselhäufigkeit der Einstreu die Klaueneigenschaften, in der Koppelhaltung und in der Wanderschafherde sind jahreszeitliche Schwankungen in Temperatur und Regenhäufigkeit ausschlaggebend.

Die Jahreszeit hat durch Unterschiede in Temperatur und Photoperiode einen Einfluß auf das Klauenwachstum. Dieses steigert sich mit längeren Photoperioden und höheren Temperaturen (TRANTER und MORRIS, 1992).

WHEELER et al. (1972) untersuchten das Hornwachstum beim Schaf unter verschiedenen Umweltbedingungen. Sie fanden keinen Einfluß der Tageslichtlänge und damit auch keinen jahreszeitlichen Rhythmus im Hornwachstum. Einen signifikanten Einfluß übte hingegen die Umgebungstemperatur aus. Kälte reduzierte das Hornwachstum stark, wenn die Hauttemperatur an den Gliedmaßen durch kurze Wolle (geschorene Schafe) erniedrigt war. Dies führt durch eine Vasokonstriktion zu verminderter Durchblutung der Wachstumszonen in der Lederhaut und damit zu einer Verminderung des Hornwachstums. Stärkere Bewegung führt durch eine Erhöhung der Durchblutung zu einem stärkeren Bruttowachstum, das aber durch den vermehrten Abrieb (je nach Beschaffenheit des Bodens) wieder ausgeglichen wird.

VERMUNT (1990) verglich Klaueneigenschaften von Färsen, die im Stall gehalten wurden, mit auf der Weide gehaltenen Färsen. Die im Stall gehaltenen Tiere hatten ein härteres Klauenhorn. Er erklärt dies durch den höheren Wassergehalt im Horn der im Freien gehaltenen Färsen, die starken Regenfällen ausgesetzt sind. Die Härte nimmt mit zunehmendem Wassergehalt ab, welcher wahrscheinlich wiederum von der Mikroarchitektur und der biochemischen Zusammensetzung des Hornes abhängig ist (DIETZ und PRIETZ, 1981).

Abhängig vom Untergrund und der damit verbundenen unterschiedlichen Abreibung sind die Klauenformen verschieden. Durch den geringeren Abrieb auf feuchtem, weichem Boden bei Weidehaltung sind die Klauen der auf der Weide gehaltenen Färsen länger und breiter und haben eine größere Trachtenhöhe als die Klauen im Stall gehaltener Tiere (VERMUNT, 1990). RIEGER et al. (1984a) verglichen das Klauenhornwachstum, den Abrieb und die Sohlenhornfeuchte von auf Spaltenboden (Polyvinylchlorid und Polyethylen) und auf Stroh gehaltenen Mutterschafen. Das Klauenhornwachstum und der Abrieb der auf Spaltenboden gehaltenen Schafe sind signifikant größer und auch der Wassergehalt auf Spaltenboden ist überwiegend höher.

Die Klauenform hängt auch von der Art und Häufigkeit von Klauenpflegemaßnahmen ab. Klauenschneiden führt zu kürzeren und steileren Klauen (DISTL und SCHMID, 1993) mit einem höheren Hornzuwachs und einem verringerten Abrieb. Der erhöhte Zuwachs ergibt sich durch die verbesserten Belastungsverhältnisse, die zu einer

optimalen Durchblutung führen. Der verminderte Abrieb entsteht durch die stärkere Widerstandsfähigkeit des gesunden Klauenhorns an der Kontaktfläche zum Untergrund (RIEGER et al., 1984a). Formalinbäder führen, wahrscheinlich durch einen verminderten Abrieb durch Hornhärtung, zu längeren und flacheren Klauen (SMIT et al., 1986).

2.2.4 Ernährung

Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe beeinflussen den Syntheseprozess des Keratins und damit das Hornwachstum und die Hornstruktur (MÜLLING et al., 1999). Calcium, Zink und Biotin wirken als Kofaktoren für Enzyme, die für die normale Hornbildung essentiell sind (BUDRAS et al., 1998).

Beim Vergleich von Klauenformen und Klauenhärte von Deutschen Schwarzbunten Milchkühen mit und ohne Zufütterung von Biotin ergeben sich signifikante Unterschiede (DISTL und SCHMID, 1994). Mit steigendem Biotinspiegel im Blut wird der Dorsalwandwinkel tendenziell steiler, die Trachten werden höher und die Diagonale und die Fußungsfläche werden größer. Das Klauenhorn an der Seitenwand ist an Vorder- wie Hintergliedmaße mit Biotinzufütterung signifikant härter. Eine Erhöhung der Härte und verringerten Abrieb durch Biotinfütterung finden auch REILLY und BROOKS (1990), die Hornqualität wird durch Biotin deutlich verbessert (LISCHER et al., 2002).

MANSON und LEAVER (1988) fanden bei Fütterung mit einer speziellen Diät mit hohem Proteingehalt eine größere Dorsalwandlänge. Die Fütterung mit einem Methioninhydroxidanalog führt zu einem weicheren Klauenhorn, vermutlich durch eine Verringerung der Disulfid-Brücken im Keratin (CLARK und RAKES, 1982).

2.3 Beschreibung und Erfassung von Klauenparametern

2.3.1 Morphologische Parameter

Die Klauenform ergibt sich aus dem Gleichgewicht zwischen Wachstum und Abrieb des Klauenhorns und wird von vielen Faktoren beeinflusst (HUBER, 1983). Zur Beschreibung der Klauenform geeignete Klauenmaße müssen objektiv erfassbar und

wiederholbar sein, eine ausreichende Meßgenauigkeit zeigen und mit relativ geringem zeitlichen, personellen und finanziellen Aufwand zu erheben sein.

Die Parameter Dorsalwandlänge, Vorderwandwinkel, Sohlenfläche und Trachtenwandlänge erweisen sich als gut geeignet, um genetisch bedingte Klauenformeigenschaften zu beschreiben (Abb. 3). Die Erfassung der Längen erfolgt mit Hilfe von Stechzirkel, Maßband, Maßstock oder Schublehre. Der Winkel kann mit einem zwischenklügeligen Winkelmesser, mit einer Figurenlehre oder mit einer Schablone bestimmt werden (HUBER, 1983).

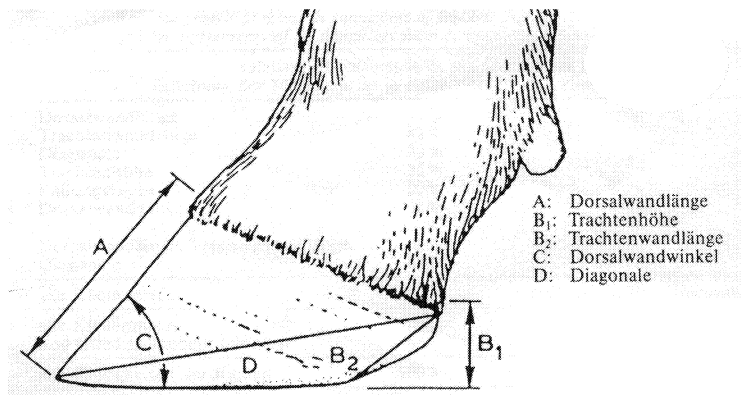


Abb. 3: Klauenmaße beim Rind (DISTL, 1995)

McDANIEL (1995) empfiehlt ebenfalls den Vorderwandwinkel, die Dorsalwandlänge und als neues Maß die Diagonale als geeignete Parameter zur Beschreibung der Klauenform. Letztere ist mit der Langlebigkeit korreliert, und Kühe mit kürzerer Diagonale haben weniger Klauenprobleme.

Über Klauenmaße beim Schaf ist noch wenig bekannt. ELMER (1978) maß den Winkel bei 2 – 5 Monate alten Lämmern und fand Winkelweiten zwischen 45° und 55°. RIEGER et al. (1984b) maßen den Vorderwandwinkel von Mutterschafen und 3 Tage alten Lämmern. Dabei ergaben sich für die Mutterschafe Winkel zwischen 47° und 55°, für die Lämmer von 62° bis 64°. Die Klauen der Hintergliedmaßen zeigten dabei bei den erwachsenen Tieren einen spitzeren Winkel als die der Vordergliedmaßen. Bei 18 Monate alten Schafen betrug die Winkelung zwischen 48° und 50° (BÖSEMANN und VIEHWEGER, 1974).

2.3.2 Physikalische Parameter

Physikalisch erfaßbare Klauenparameter sind die Hornhärte, der Abrieb, die Zerreißfestigkeit und der Wassergehalt.

Härte ist definiert als Widerstand eines Materials gegen das Eindringen eines härteren Objekts (NITSCHKE, 1981). Indirekt läßt sich die Härte durch Abriebversuche, Zerreißversuche oder Mahlbarkeitsmessungen bestimmen, direkt läßt sie sich durch Eindruckversuche bestimmen.

DIRKS (1985) prüfte die Hornhärte durch einen Kugeleindruckversuch, BAGGOT et al. (1988) maßen mit einem Shore D Härtemessgerät die Klauenhornhärte bei British Friesian Kühen. Sie betrug bei gesunden Kühen 66 Shore D.

Auch HUBER (1983) maß die Dorsalwandhärte bei Bullen nach dem Prinzip der Kegeleindringtiefenmessung nach Shore D. Er fand Werte von durchschnittlich 77 Shore D für die Klauen der Vordergliedmaße und 76 Shore D für die Hintergliedmaße.

Die Härte beim Schwein untersuchte SCHULENBURG (1985) mit Shore D und verglich unterschiedlich feuchte Aufstallungen. Die Härte beträgt im trockenen Milieu 62 Shore D und bei feuchter Aufstallung durchschnittlich 58 Shore D Härtegrade.

ALBARANO (1993) untersuchte die Abhängigkeit zwischen Feuchte und Hornhärte (Shore D). Er brachte dazu Hornproben in verschiedene Umgebungsbedingungen und maß dann die Härte. Er fand 73,1 Shore D Härtegrade bei natürlichem Feuchtigkeitsgrad. Die Härte zeigte in allen im Milieuversuch behandelten Hornproben eine Korrelation zum Trockensubstanzgehalt. Somit werden die tiefsten Werte bei den Proben mit hoher relativer Luftfeuchtigkeit gemessen. Er fand keinen Zusammenhang zwischen Härte und Zugfestigkeit, da trockene, harte Proben eine verminderte Elastizität aufwiesen.

Die Messung des **Wassergehalts** des Klauenhorns kann gravimetrisch oder über elektrische Hornfeuchtebestimmung erfolgen (HUBER, 1983).

Über den Wassergehalt von Hufen bzw. Klauen ist wenig bekannt. Der Feuchtigkeitsgehalt ist einerseits abhängig von der Anzahl der Röhrchen, da das

Ballenhorn mit wenig Röhrchen und lockerer Struktur besonders quellfähig ist, wird andererseits aber auch individuell vom Tier selbst beeinflusst (DIERKS-MEYER, 1985). Vom Wassergehalt wird neben dem strukturellen Aufbau des Hornes besonders die Widerstandsfähigkeit bestimmt. Nach CAMARA (1970) bestimmt die Zwischenhornsubstanz maßgeblich den Wassergehalt. Die Wasseraufnahme, die infolge der Faltblattstruktur der Betakeratine reversibel ist, bestimmt die Elastizität und Härte des Klauenhornes (DIETZ und KOCH, 1972).

FRITSCH (1966) stellte fest, daß die Härte und Elastizität des Hornes in der Hauptsache vom Wassergehalt abhängen. Zwischen den bei ihm untersuchten Rinderrassen findet er keine wesentlichen Unterschiede im Wassergehalt. Der durchschnittliche Wassergehalt beträgt 15 – 20 %, eine zusätzliche Wasseraufnahme bei längerem Verweilen in Wasser beträgt 6 %. Eine weitere Wasseraufnahme ist nicht möglich, weshalb es bei fortwährendem Einwirken von Feuchtigkeit nicht zu einem Auflösen oder Einschmelzen des Hornes kommt.

Der Trockensubstanzgehalt des Klauenhornes eines Individuums beim Rind und beim Schwein ist recht konstant, auch wenn beträchtliche Schwankungen einzelner Werte vorkommen (BOHLI, 1993). Zwischen den Individuen bestehen aber oft deutliche Unterschiede. DISTL et al. (1982) schätzten eine Heritabilität des Trockensubstanzgehalts des Klauenhornes bei Kühen von $h^2 = 0,82$. Solche Ergebnisse zeigen, daß die genetische Komponente wesentlich zu sein scheint. Es ist denkbar, daß sich bei den einzelnen Individuen die Proteinzusammensetzung und damit auch das Wasserbindungsvermögen unterscheiden.

BEKÖ (1966) untersuchte das Klauenhorn von österreichischem Fleckvieh. Er fand bei Proben von lebenden Tieren einen signifikant geringeren Wassergehalt im Klauenhorn als im Klauenhorn geschlachteter Rinder (Tab. 1).

PFLUG (1978) fand keinen wesentlichen Zusammenhang zwischen Pigment und Feuchtigkeit. Die Feuchtigkeit ist nur von der Behandlung (Einlegen in destilliertem Wasser, Trockenschrank) abhängig. Allerdings scheint helles Horn in einem Trockenschrank die Feuchtigkeit nicht in dem Maße abzugeben wie das pigmentierte Horn. Eventuell hat das Pigment Einfluß auf das Vermögen, Feuchtigkeit besser oder schlechter zu binden.

LEOPOLD und PRIETZ (1980) untersuchten das Wasseraufnahmevermögen und stellten fest, daß bei pigmentiertem Horn ein geringeres Wasseraufnahmevermögen und geringerer Abschleiß vorliegen (Tab. 1). Sie empfehlen für die Praxis die Messung der Hornfeuchte, die die brauchbarsten Ergebnisse bezüglich Hornqualitätsprüfung liefert. Es besteht ein Zusammenhang zwischen Shorehärte und Wassergehalt und eine signifikante Korrelation zwischen dem Wasseraufnahmevermögen und dem Abrieb beziehungsweise der Druckfestigkeit (NAUMANN et al., 1987).

LATZEL (1988) vergleicht den Wassergehalt und das Wasseraufnahmevermögen des Klauenhorns von Hausschafen, gesunden Wildschafen und Wildschafen mit ausgewachsenen (hyperplastischen) Klauen. Der Wassergehalt der ausgewachsenen Klauen der Wildschafe ist im Vergleich mit den gesunden Klauen der Hausschafe signifikant größer (Tab.1). Auch gesunde Haus- und Wildschafe unterscheiden sich signifikant, so daß sich ein rassespezifischer Unterschied vermuten läßt.

Tab. 1: Wassergehalt (WG) und Wasseraufnahmevermögen (WAV) des Klauenhorns von Rind und Schaf

Tierart	Rasse	Lokalisation	WG (%)	WAV (%)	Autor
Rind	FV	Seitenwand	LEBEND: 19,9 23,1		BEKÖ (1966)
	Mastbulle 17 Monate	Seitenwand		Pigm: 27,4 Unpigm: 29,0	LEOPOLD (1978)
	FV, BV 17 Monate	Dorsalwand	21,6		SCHNEIDER (1980)
	Holstein Friesian Kühe	Seitenwand	Gesund: 26,6 Krank: 27,6		BAGGOT et al. (1988)
	BV	Seitenwand	14,4		ALBARANO (1993)
Schaf	Hausschaf	Seitenwand	26,6	36,4	LATZEL (1988)
	Wildschaf		Gesund: 30,5 Krank: 31,4	39,4 40,8	

2.3.3 Histologische Parameter

Die Hornqualität hängt unter anderem von der Mikroarchitektur der Klaue ab. Neben der Architektur des Hornzellverbandes, d. h. der Formation der Hornröhrchen im Zwischenröhrchenhorn, ihrer Dimension und Dichte, entscheiden auch intrazelluläre Faktoren über die Hornqualität. Zu diesen gehören die Zusammensetzung aus amorphen und filamentären Keratinproteinen, deren Mischung und Verknüpfung sowie die Zytoarchitektur der Hornzellen. Interzelluläre Faktoren, d. h. die Zusammensetzung, die Menge und die Verteilung des Interzellularkittes, entscheiden ebenfalls über die Eigenschaften des Klauenhorns (BUDRAS, 1998).

DIETZ und KOCH (1972) gehen davon aus, daß die Hornröhrchenzahl und –größe genetisch festgelegt sind und im Zuge der Wachstumsvorgänge ständige Veränderungen erfahren. Auch LEOPOLD (1978) vermutet eine genetisch festgelegte Anzahl von Lederhautpapillen, die mit dem Wachstum weiter auseinanderücken, wodurch der Zwischenhornanteil zunimmt.

Die Zahl der Hornröhrchen pro Flächeneinheit, der Röhrchendurchmesser, die Größe des Markraums und die Dicke der Röhrchenrinde können als Maß für die Belastbarkeit und Widerstandsfähigkeit des Horns betrachtet werden (SCHRÖDER, 1970; DIETZ und KOCH, 1972; FRITSCH, 1966; DIETZ und PRIETZ, 1981; PFLUG, 1978) und unterscheiden sich zwischen den Tierarten und Rassen (Tab. 2). Laut GÜNTHER et al. (1983) steht die Hornhärte in direkter Beziehung mit der Anzahl der Hornröhrchen pro mm².

Schon NICKEL (1938) machte die Huf Röhrchen für Widerstandsfähigkeit und Hufmechanismus verantwortlich, vor allem die Röhrchenrinde. KEPLER (1966) zeigte, daß sich Horn mit größerer Röhrchendichte den Umweltverhältnissen besser anpassen kann als Horn mit weniger Röhrchen je Flächeneinheit. Die Größe der Hornröhrchen steht dabei im umgekehrten Verhältnis zu ihrer Anzahl (SCHRANK, 1968).

Je geringer die Anzahl der Hornröhrchen je Flächeneinheit ist, desto mehr Zwischenraum ist vorhanden und um so größer ist das Feuchtigkeitsaufnahmevermögen des Klauenhorns (DIETZ und PRIETZ, 1981).

KINDLER (1990) fand Zusammenhänge zwischen der Rasse, dem Pigmentierungsgrad, dem Alter der Schafe und der Röhrchenzahl. In ihrer Untersuchung stellte sie die größte Hornröhrchendichte für Schwarzköpfige Fleischschafe, Suffolks und Heidschnucken, die geringste Dichte für Merinorassen fest (Tab. 2). Sie fand eine lineare Abhängigkeit von Klauenfarbe und Hornröhrchendichte. Die dunklen Klauen hatten in ihrem Kronhorn mehr Hornröhrchen je mm². Mit steigendem Alter nimmt die Röhrchendichte ab, was die Vermutung von LEOPOLD (1978) bezüglich genetisch festgelegter Lederhautpapillenzahl bestätigt.

WALZ (1979) verglich histologische Werte von Braunvieh- und Fleckviehbullen und fand Röhrchenflächen von $9,66 \times 10^{-4}$ mm² bei den Fleckviehbullen und $8,55 \times 10^{-4}$ mm² bei den Braunviehbullen, wobei dieser Unterschied signifikant war. Der prozentuale Anteil an Zwischenröhrchensubstanz betrug 95,67 bzw. 96,05 %. Der Einfluß der Rasse ist für den Anteil an Zwischenröhrchensubstanz und die Röhrchenzahl nicht signifikant (Tab. 2). Die Röhrchenfläche an den Klauen der Hintergliedmaßen ist signifikant größer als an den Klauen der Vordergliedmaße und die Zahl der Röhrchen ist bei im Laufstall gehaltenen Rindern signifikant größer als von Rindern in Anbindehaltung. Das Gewicht hat einen signifikanten Einfluß auf die Röhrchenzahl und jahreszeitlich bedingt sind die Anzahl der Röhrchen und ihre Fläche im Sommer geringer.

Zum Zählen der Röhrchen eignet sich das Kronhorn im Bereich des Übergangs vom Scheitel des Klauenrückens nach abaxial auf halber Höhe des Klauenschuhs. Diese Stelle zeichnet sich laut KEPLER (1966) durch die Gleichförmigkeit in der Röhrchengröße und -form aus. Eine optimale Abgrenzung der Einzelsöhrchen gegen das Zwischenhornepithel ist hier beim Rind möglich und auch ROSSKOPF (1986) wählt beim Schaf diese Stelle zur mikroskopischen Auswertung (Tab. 2).

Tab. 2: Durchschnittliche Hornröhrchenzahl des Kronhorns pro mm² Querschnittsfläche im Klauenhorn von Rind und Schaf

Tierart	Rasse und Alter	Lokalisation	Anzahl/mm ²	Autor
Rind	DSB, > 2,5 Jahre	Seitenwand	71,9	DIETZ und PRIETZ (1981)
	FV, 17 Monate	Dorsaler Klauenrücken	34,3	PFLUG (1978)
	BV	Dorsaler	46,6	WALZ (1979)
	FV, 17 Monate	Klauenrücken	47,0	
Schaf	Weißes Alpenschat, 9 Monate	Seitenwand	99,0	ROSSKOPF (1986)
	Merinolandschaf 5 Monate	Interdigital- wand	162,6	KINDLER (1990)
	Graue gehörnte Heidschnucke 7 – 10 Monate		228,5	

2.3.4 Chemische Parameter

Der Hauptbestandteil des Hornes ist Keratin, ein hochmolekularer Eiweißkörper, der in Wasser, verdünnten Säuren und Alkalien unlöslich ist. Die Keratine gehören zur Gruppe der Skleroproteine, fibrillären Proteinen, auch Gerüsteiweiße genannt. Sie bestehen aus 18 verschiedenen Aminosäuren und zeichnen sich durch einen hohen Cystingehalt aus (NEUMÜLLER, 1973).

Neben dem unlöslichen Keratin kommen im Horn auch lösliche Proteine vor (MATOLTSY, 1963). Bei elektrophoretischer Auftrennung von verhorntem menschlichem Gewebe (Haare, Nägel, Fersenhornhaut und *Stratum corneum* des Beines) findet man 2 Banden, die in allen Geweben auftreten. Dabei handelt es sich um 2 schnell wandernde Proteine, die schmale, scharf abgegrenzte Banden ergeben. In pathologischen Proben findet man bis zu 8 Banden. Das Klauenhorn läßt sich in drei Zonen gliedern: harte, weiche und weiße Zone. Untersucht man die löslichen Proteine in jeder dieser Zonen läßt sich feststellen, daß Keratin von unidentifizierten löslichen Proteinen und freien Aminosäuren begleitet wird, wobei die Quantität und Qualität mit dem Grad der Keratinisierung vergesellschaftet sind. In der weißen Linie findet man ein Hauptprotein A mit 6 Untereinheiten. Im weichen und

harten Horn befindet sich das Protein A mit jeweils 3 Untereinheiten. Daraus läßt sich folgern, daß die löslichen Proteine für die Keratinisierung von Bedeutung sind (MACIEJEWSKA und FRÖHLICH, 1977).

Im Horn von Rinderklauen fand RASCHEL (1980) 2 – 12 verschiedene lösliche Proteine, wobei qualitative und quantitative Unterschiede zwischen den Rassen und qualitative Unterschiede zwischen den Nachkommengruppen vorlagen (Abb. 4). Er folgerte daraus, daß genetische Ursachen vorliegen ($h^2 = 0,90 \pm 0,21$ für die Proteine C – L als qualitatives Merkmal). Zwischen dem Auftreten der Proteine C, D, H-L und dem Längenverhältnis besteht nach DISTL et al. (1982) ein signifikanter Zusammenhang. Diese Proteine könnten demnach als Indikatoren für ein weiches Klauenhorn angesehen werden. Es ist denkbar, daß diese löslichen Proteine als Enzyme oder Koenzyme wirken bzw. Begleitsubstanzen bei der Keratinisierung darstellen. Die Proteine C und D kommen vorwiegend im Zwischensubstanzanteil vor bzw. entfalten dort ihre Wirkung, während die Proteine H-L vorwiegend in den Hornröhrchen auftreten bzw. dort wirken. Die Proteine C und D sind demnach Indikatoren für eine Zunahme der Zwischensubstanz, während die Proteine H-L Indikatoren für eine Abnahme der Zwischensubstanz sind. Die gefundenen Unterschiede in den Lokalisationen bestätigen die Annahme von MACIEJEWSKA und FRÖHLICH (1977), daß die löslichen Proteine für die Keratinisierung verantwortlich sind.

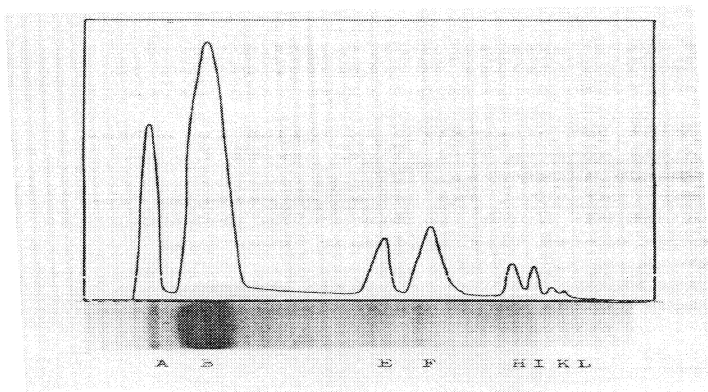


Abb. 4: Polyacrylamidgel und zugehöriges Densitogramm der löslichen Proteine des Klauenhorns beim Rind (RASCHEL, 1980)

Mit Hilfe der SDS-Polyacrylamidgelelektrophorese fand LATZEL (1988) bei Wildschafen und Hausschafen 4 verschiedene lösliche Proteine im selben Muster. Mit der isoelektrischen Fokussierung isolierte sie 4 – 8 verschiedene lösliche Proteine (Abb. 5).

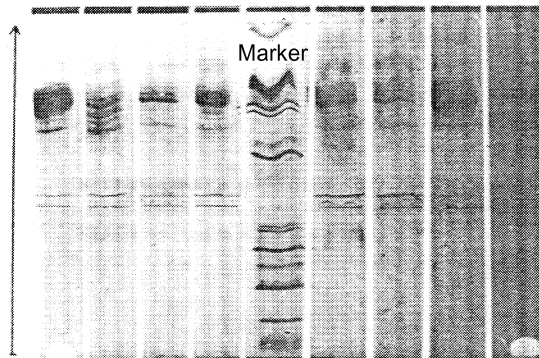


Abb. 5: Auftrennung der löslichen Proteine des Klauenhorns beim Schaf in der IEF mit 4 – 8 Banden (LATZEL, 1988)

Die 4 Hauptproteine zeigten einen pI von ca. 4 – 5,6. 50 % aller untersuchten Proben zeigten 4 Banden, 10 % aller Proben zeigten 8 Proteinbanden. Unterschiede zwischen Hausschaf, gesundem und krankem Wildschaf sind dabei statistisch gesichert. Ansonsten liegen beim Schaf noch keine Untersuchungen zu löslichen Proteinen vor.

2.4 Klauenerkrankungen

2.4.1 Klauenerkrankung beim Rind

Klauen- und Gliedmaßenprobleme sind beim Rind weit verbreitet und führen zu großen wirtschaftlichen Verlusten durch Reduzierung der Milchleistung und Fruchtbarkeit, durch Behandlungskosten und vermehrten Arbeitsaufwand. Probleme des Fundaments verursachen eine Merzungshäufigkeit von bis zu 15 % (DISTL, 1995). Die Kosten für die tierärztliche Behandlung liegen zwischen 30 und 100 DM pro Kuh und Jahr. Häufig vorkommende Klauenerkrankungen sind die Sohlenquetschung (bis zu 32 %), die Ballenhornfäule (bis zu 52 %) und die *Dermatitis interdigitalis* (bis zu 15 %) (BAUMGARTNER et al., 1990; BOELLING und JENSEN, 1998). Da es sich bei der Moderhinke des Schafes um eine *Dermatitis interdigitalis* handelt, die vermutlich beim Rind ebenso wie beim Schaf durch

Dichelobacter nodosus ausgelöst wird (POLITIEK et al., 1986), wird diese Erkrankung beim Rind näher besprochen.

2.4.1.1 Zwischenklauen-Dermatitis (*Dermatitis interdigitalis*)

Ätiologie und Pathogenese

Eine häufige Erkrankung beim Rind ist die Zwischenklauen-Dermatitis (*Dermatitis interdigitalis*), eine Entzündung der interdigitalen Haut ohne Übergreifen auf tiefere Gewebe, die mit unterschiedlich starken Störungen des Hornwachstums verbunden ist. Sie ist verbreitet in feuchten Stallungen und in feuchten Klimazonen und betrifft jede Altersgruppe. *Dichelobacter nodosus* wird in einigen Gebieten stets aus den Läsionen isoliert, *Fusobacterium necrophorum* ist ebenfalls vorhanden (WEAVER, 1988), andere Autoren fanden Spirochäten (AMSTEL und BEMIS, 1998).

Prophylaxe und Therapie

Zur Prophylaxe und Therapie eignen sich regelmäßige Klauenbäder mit 5 %igem Formalin oder 10 %igem Kupfersulfat, die Unterbringung in trockenen Stallungen oder Weiden und regelmäßiger Klauenschnitt. Die orale Supplementation von Zink und hygienische Verbesserungen (Trockenlegen morastiger Weiden) verringern die Erkrankungshäufigkeit (WEAVER, 1988).

Bei verschiedenen orthopädischen Erkrankungen besteht ein signifikanter Einfluß der Väter und Mütter auf deren Auftreten. Offensichtlich besteht aber nur bei manchen orthopädischen Erkrankungen ein direkter genetischer Einfluß auf ein definiertes Krankheitsgeschehen. Ansonsten ist eine genetisch determinierte orthopädische Fehlanpassung, die je nach den übrigen Umständen zum Auftreten des individuellen Krankheitsbildes führt, in Erwägung zu ziehen (STANEK und STUR, 1984).

Für das Auftreten der Erkrankung *Dermatitis interdigitalis* wurden genetische Einflüsse gefunden. Die Heritabilitätsschätzung liegt bei $h^2 = 0,15$ (BAUMGARTNER, 1988) bzw. 0,11 (BOELLING und JENSEN, 1998). Damit ist eine züchterische Verbesserung möglich. Diese wird durch Hilfsmerkmale (z. B. Klauenmaße), die eine genügend hohe Korrelation zur Erkrankung besitzen, erleichtert.

2.4.1.2 Zusammenhänge zwischen Klauenparametern und Klauenerkrankungen

Ein längerfristiger Ansatzpunkt zur Kontrolle von Klauenerkrankungen ist die genetische Verbesserung der Klauenqualität (POLITIEK et al., 1986). Gute Klauenqualität wird definiert als geringe Anfälligkeit für Klauenprobleme und geringer Aufwand für die Klauenpflege. Sie ist ein Produkt aus Klauenform, Charakteristik des Horns und der Anatomie der inneren Struktur der Klauen. Umwelteinflüsse wie Aufstallung, Management und Ernährung führen zu kurzfristigen Verbesserungen, auf genetischer Ebene sind langfristige Verbesserungen möglich. Bestimmte Klauenmaße sind zum Teil Symptome aber auch prädisponierende Faktoren für Erkrankungen.

Die genetischen Analysen von DISTL (1996) zeigen, daß ein steilerer Vorderwandwinkel, eine kleinere Fußungsfläche und eine längere Trachtenwandlänge der Jungbullen mit einer geringeren Häufigkeit von Erkrankungen des Fundaments ihrer Töchter im Zusammenhang stehen.

Er folgert, daß die Klauenmaße Dorsalwandlänge, Trachtenwandlänge und Diagonale sich für eine züchterische Verbesserung des Fundaments anhand eines Nachkommentestes am besten eignen. Dadurch kann die Frequenz von Klauenkrankheiten und unfreiwilligen Merzungen bei Kühen gesenkt und die Langlebigkeit erhöht werden. Bei der Selektion von Jungbullen sollten deren Klauenmaße, Klauenhornhärte und Beurteilung der Gliedmassen entsprechend der Bedeutung für ein gesundes Fundament berücksichtigt werden (DISTL, 1995).

Ein größeres Verhältnis Dorsalwandlänge zu Trachtenlänge führt zu einer höheren Frequenz von Klauenproblemen (RAL, 1990). WELLS et al. (1992) fanden, daß klinische Lahmheiten mit weniger steilem Dorsalwinkel assoziiert sind. CHOI und McDANIEL (1993) überprüften Zusammenhänge zwischen Klauenmaßen und Langlebigkeit und empfehlen ebenfalls die Zucht auf größere Dorsalwinkel, da dieser eine Heritabilität von $h^2 = 0,15$ bis $h^2 = 0,26$ besitzt und mit Langlebigkeit korreliert ist. McDANIEL (1995) empfiehlt zusätzlich zu Vorderwandwinkel und Dorsalwandlänge die Diagonalenlänge als neues Maß. Letztere sagt nach seinen Untersuchungen die Langlebigkeit genauer voraus als einzelne Klauenmerkmale oder Kombinationen. Kühe mit kürzerer Diagonale hatten weniger Klauenprobleme.

BAUMGARTNER (1988) untersuchte Klauenmaße als Hilfsmerkmale für die Selektion auf Klauengesundheit an Töchtergruppen von Deutschem Fleckvieh. Er maß die Parameter bei den Töchtern und suchte nach Beziehungen zu Erkrankungen und verglich auch die Daten mit denen der Väter. Die phänotypischen Korrelationskoeffizienten bewegen sich im unteren Bereich, die genetischen Korrelationen erreichen mittlere Höhe. Bei *Dermatitis interdigitalis* liegen sie im Bereich von $r = -0,55$ für Trachtenlänge, $r = -0,51$ bis $r = -0,64$ für Trachtenhöhe und Dorsalwandwinkel. Genetische Korrelation zwischen Klauenmaßen und *D. interdigitalis* betragen $r = 0,32$ bis $r = 0,49$ nach NIELSEN und SMEDEGAARD (1984) und $r = -0,31$ für den Dorsalwinkel und $r = -0,37$ für die Dorsallänge nach SMIT et al. (1986) (Tab. 3).

PETERSEN et al. (1982) untersuchten genetische Zusammenhänge zwischen Klauenerkrankungen, u. a. der Klauenfäule, und setzten diese in Beziehung zur Pigmentierung. Sie kommen zu dem Ergebnis, daß die Klauenfarbe einen offensichtlichen Einfluß auf das Auftreten von Sohlengeschwüren hat. Der Schweregrad ist für hellere Hufe höher. Allerdings scheint die Farbe nur zum Teil erblich und auch abhängig von Umweltbedingungen, z. B. der Fütterung, zu sein. Die genetische Korrelation zwischen Klauenfäule und Farbe beträgt $r = 0,35$, die Heritabilität für die Farbe beträgt $h^2 = 0,30$.

Tab. 3: Genetische Korrelationen zwischen Klauenmaßen und *Dermatitis interdigitalis* an der Hintergliedmaße

	SMIT et al. (1986)	BAUMGARTNER et al. (1990)
Dorsalwandlänge	- 0,37	0,97
Trachtenhöhe	- 0,09	- 0,51
Dorsalwandwinkel	- 0,31	- 0,64
Diagonalenlänge	-	0,98

Über den Einfluß des Wassergehalts auf Erkrankungen besteht Uneinigkeit. FRITSCH (1966) und MARTIG et al. (1980) stellten fest, daß die Feuchtigkeit nicht für Läsionen prädisponiert. Aber MACLEAN (1971) und MANSON und LEAVER (1988) fanden in Horn von lahmen Kühen eine signifikant höhere Feuchtigkeit. Inwieweit diese als Folge oder als Ursache zu sehen ist, bleibt noch zu klären. BAGGOT et al. (1988) stellten bei Kühen mit Klauenerkrankungen (Lahmheit durch Sohlengeschwür, Laminitis) an der lateralen Klaue geringere Härte (63,4 Shore D) fest als bei gesunden Kühen (65,5 Shore D).

Das Problem bei der Suche nach Zusammenhängen zwischen Klauenmaßen und -erkrankungen ist immer die Frage, ob die Klauenform durch die Krankheit (Entzündung – vermehrte Durchblutung – vermehrtes Wachstum – größere Dorsalwandlänge, kleinerer Winkel) zustande kommt oder ob sie ein prädisponierender Faktor ist. Deshalb sind Messungen an Jungtieren vor einer möglichen Erkrankung notwendig. Untersuchungen, die einen Zusammenhang zwischen Klauenmaßen der Elterntiere und Erkrankungen der Nachkommen finden (KUSHIRO, 1998; BAUMGARTNER, 1988), lassen zumindest bei manchen Erkrankungen auf einen prädisponierenden Einfluß der Klauenmaße schließen.

2.4.2 Klauenerkrankungen beim Schaf

Klauenerkrankungen beim Schaf sind seit vielen Jahren ein wirtschaftliches Problem. Die Moderhinke ist neben den Endoparasiten die verbreitetste Erkrankung bei der Hühaltung, und mit der Einführung der Koppelschafhaltung hat sich ihre Verbreitung noch vergrößert (SCHLOLAUT, 1996).

Die Moderhinke ist in Deutschland seit 1816 bekannt (HERRMANN, 1963). Die genaue Anzahl der in der Bundesrepublik Deutschland an Moderhinke erkrankten Schafe läßt sich nur schätzen, da es keine staatlichen Bekämpfungsmaßnahmen mit Meldepflicht gibt. Beim Aufbau der Schafrassenvergleichsprüfung an der hessischen Landesanstalt für Tierzucht waren 20 % der Mutterschafe aus über 50 Beständen an Moderhinke erkrankt. Aus einzelnen Zuchtgebieten gab es bis zu 80 % erkrankte Tiere (SCHLOLAUT, 1996). Die Moderhinke führt zu hohen wirtschaftlichen Verlusten durch Behinderung des Weidegangs, Gewichtsrückgang, geringere Säugeleistung, Minderung der Wollqualität und großen Arbeitsaufwand für die Behandlung und Prophylaxe. Erkrankte Lämmer weisen um 30 % höhere Futterkosten und um 25 % schlechtere Tageszunahmen auf (SCHLOLAUT, 1996). Außerdem sind die Schmerzen tierschutzrelevant und die Schafe durch Freilandhaltung dem öffentlichen Auge ausgesetzt, was zu Auflagen und Strafen führen kann.

2.4.2.1 Die Moderhinke

Ätiologie und Pathogenese

Die Moderhinke entsteht durch Infektion der Klauen mit bakteriellen Erregern. Der Haupterreger ist *Dichelobacter nodosus* (früher *Bacteroides nodosus*), der synergistisch mit anderen Anaerobierarten (*Fusobacterium necrophorum*) auftritt. Es existieren 9 verschiedene Serogruppen und 18 verschiedene Serotypen von *Dichelobacter nodosus* (CLAXTON, 1985).

Die Symptome sind zunächst eine *Dermatitis interdigitalis*, nekrotisierende Veränderungen und Ablösen des Zwischenklauenhorns. Später kommt es zu einer Ausbreitung der Läsionen unter das Sohlenhorn und Wandhorn. Es bildet sich ein grau-schmieriges Sekret. Die Tiere leiden starke Schmerzen, die zu Lahmheiten führen, in schlimmen Fällen kann es bis zum Ausschuhlen der betroffenen Klaue kommen. In der Regel ist ein Großteil der Herde betroffen, der Schweregrad ist abhängig von der Virulenz des Erregers (benigne, virulente oder intermediäre Form) und von verschiedenen Hilfsfaktoren (JANETT, 1993).

Prophylaxe und Therapie

Wichtige Punkte einer Bekämpfungsstrategie sind die Senkung des Infektionsdrucks, Förderung der Resistenz, Herabsetzen der Empfänglichkeit der Schafklauen und Verhindern der Ausbreitung (JANETT, 1993). Neben der Quarantäne von Neuzugängen dient eine Separation von befallenen Schafen dem Schutz der nichtbefallenen Schafe. Durch Klauenschneiden und Klauenbäder mit 4 %igem Formalin oder 15 %igem Zinksulfat wird die Empfänglichkeit der Schafklaue herabgesetzt (JELINEK et al., 2001). Tiere mit starkem oder chronischem Moderhinkebefall werden zusätzlich antibiotisch behandelt (Penicillin/Streptomycin in Kombination). Eine Impfung ist sowohl prophylaktisch als auch therapeutisch wirksam. Neben der Impfung mit handelsüblichen Moderhinkeimpfstoffen hat sich eine Impfung mit bestandsspezifischen Vakzinen bewährt, da neben unterschiedlichen Serotypen von *Dichelobacter nodosus* synergistisch weitere anaerobe Keime auftreten und das Krankheitsbild beeinflussen (URBANECK, 1998).

Ein relativ neuer Ansatz ist die Zucht resistenter Tiere. Rassen- und individuelle Unterschiede für die Anfälligkeit für Moderhinke werden schon lange beobachtet (EMERY et al., 1984). Merinoschafe besitzen eine erhöhte Empfindlichkeit gegen Moderhinke und Romneyschafe scheinen resistenter zu sein als andere britische Rassen (BEVERIDGE, 1941), keine Rasse ist jedoch völlig resistent (MURNAME, 1933).

SKERMAN et al. (1988) untersuchten eine Romneyschafherde und fanden bei Untersuchungen über 6 Jahre bei jeweils nur einmaliger Inspektion Heritabilitäten von 0,14 bis 0,28. Sie berechneten daraus einen Selektionserfolg (bei Auswahl der besten 5 % Böcke anhand Nachkommentests) von 11 % weniger Prävalenz in einem Jahr. EMERY et al. (1984) untersuchten je 12 Schafe von 5 verschiedenen Rassen und stellten fest, daß bei natürlicher Infektion die Romneyrasse die resistenteste und die Merinorasse am empfänglichsten war. Er hält die Haut für eine entscheidende Barriere und findet keine Unterschiede in der Kinetik und Größe der Immunantwort (bei Drainage der Lymphknoten), was darauf deutet, daß die Resistenz nicht von vorher bestehenden Antikörpern oder einer rascheren Induktion der Antikörperproduktion abhängt. Zwischen der Phagozytoseaktivität der Leukozyten bezüglich *D. nodosus* besteht kein Unterschied zwischen den Rassen.

Der beste phänotypische Indikator für eine immunvermittelte Resistenz ist die Fähigkeit des Tieres, nach einer Impfung mit *D. nodosus* – Antigen viele Antikörper zu bilden. Es besteht eine positive genetische Korrelation zwischen der Antikörperbildung nach Impfung und angeborener Resistenz gegen Moderhinke nach künstlicher Infektion (O'MEARA und RAADSMA, 1995).

2.4.2.2 Zusammenhänge zwischen Klauenparametern und Moderhinke

Auf Zusammenhänge zwischen Horneigenschaften und Moderhinke weist BEHRENS (1987) hin. Ein wichtiger krankheitshemmender Faktor ist außer der Klauenpflege hartes Klauenhorn (Landrassen). Ein wichtiger krankheitsbegünstigender Faktor ist außer schlechter Klauenpflege weiches Klauenhorn. Dieses ist rassebedingt (Fleischrassen) sowie auf Wasseraufnahme zurückzuführen. Die erhöhte Anfälligkeit der feinwolligen Schafrassen (mit damit verbundener Abnahme der

Klauenhornfestigkeit) im Vergleich zu den Landrassen wird laut HERRMANN (1963) allgemein anerkannt.

KINDLER (1990) suchte nach Zusammenhängen zwischen histologischen Parametern und Moderhinkeanfälligkeit bei verschiedenen Schafrassen. Sie fand keine direkte Abhängigkeit zwischen Moderhinkeanfälligkeit und Klauenhornqualität. Allerdings fand sie Unterschiede in der Klauenqualität zwischen den Schafrassen, wobei Rassen mit pigmentiertem Klauenhorn sich durch eine erhöhte Anzahl von Klauenhornröhrchen pro mm² auszeichnen. Das Auftreten von pathologischen Hohlräumen im Zusammenhang mit Moderhinke zeigt sich aber unabhängig von der Pigmentierung. Diese Ergebnisse stellen aber nur eine Momentaufnahme dar und lassen keine Aussage über den Krankheitsverlauf zu. Dazu müssen die Tiere über einen längeren Zeitraum hinweg beobachtet werden. Sie empfiehlt trotzdem, auf Tiere mit qualitativ besseren also dunkleren Klauen bevorzugt zu züchten, zumal auch SCHLOLAUT (1996) über einen verzögerten Krankheitsverlauf von Moderhinke bei Schafen mit pigmentierten Klauen berichtet.

Auch bei Klauen von klinisch gesunden Schafen wird vom Auftreten von Nekroseherden an den Kontaktflächen des weichen Sohlen- und Ballenhorns sowie des Terminallagenhorns mit der harten Hornwand, besonders häufig am palmaren Ende des axialen Tragrandteils, berichtet (ROSSKOPF, 1986). Diese Nekroseherde haben stets eine Öffnung zur Fußungsfläche hin und reichen mitunter bis auf etwa 1 mm an die Lederhaut heran. Dadurch entstehen blind endende Hohlräume, die die Hornwand unterminieren. Es ist denkbar, daß diese Hohlräume günstige Umweltbedingungen für Fäulnis- und Infektionserreger darstellen und besonders bei un gepflegten Klauen Ausgangspunkt von krankhaften Veränderungen sind.

Laut NATTERMANN et al. (1991) wiesen Schafe nach einer Infektion mit *D. nodosus* und *F. necrophorum* ein signifikant schnelleres Klauenwachstum als gesunde Kontrollschafe auf. Sie folgerten daraus, daß chronisch deformierte, verlängerte und zum Teil eingerollte Klauen Folge und nicht prädisponierender Faktor einer Moderhinkeerkrankung sind und zwar vermutlich durch permanente Reizung der Zellen, die zu einer gesteigerten Hornproduktion führt.

2.5 Genetische Varianz der Klauenparameter

Züchterische Beeinflussung der Klauenqualität kann auf lange Sicht einen Beitrag zur Verbesserung der Klauengesundheit leisten (DISTL, 1996). Genetische Variationen in Klauenmerkmalen und Klauenerkrankungen bestehen innerhalb und zwischen Rassen (Tab. 4).

Tab. 4: Heritabilitätsschätzwerte für Klauenmerkmale

Parameter	Rasse	Alter	$h^2 \pm se$	Autor
Klauenmaße:				
Dorsalwandlänge	DFV	Jungbulle	0,57	DISTL (1998)
	DFV	1. Laktation	$0,33 \pm 0,13$	
	HF	1. Laktation	$0,20 \pm 0,07$	CHOI und McDANIEL (1993)
	HF	4. Laktation	$0,53 \pm 0,16$	
Dorsalwandwinkel	DFV	Jungbulle	0,54	DISTL (1998)
	DFV	1. Laktation	$0,41 \pm 0,16$	
	HF	1. Laktation	$0,15 \pm 0,06$	CHOI und McDANIEL (1993)
	HF	4. Laktation	$0,39 \pm 0,18$	
Diagonale	DFV	1. Laktation	$0,37 \pm 0,14$	DISTL (1998)
		1. Laktation	0,50	REURINK und Van ARENDONK (1987)
Trachtenlänge	DFV	1. Laktation	$0,17 \pm 0,08$	BAUMGARTNER et al. (1990)
Härte	DFV	Jungbulle	0,80	DISTL (1998)
Histologie:				
Röhrchenzahl	DFV	17 Monate	$0,32 \pm 0,15$	WALZ (1979)
Röhrchenfläche			$0,40 \pm 0,17$	
Zwischenröhrchenfläche			$0,38 \pm 0,17$	
Röhrchenzahl	DSB	> 2,5 Jahre	0,38	DIETZ und PRIETZ (1981)
Wassergehalt	DFV	17 Monate	0,82	DISTL et al. (1982)

Die Heritabilitätsschätzwerte für Klauenparameter sind hoch genug, um eine genetische Veränderung zu erreichen (POLITIEK et al., 1986). Besonders geeignet erscheinen als Klauenmaße die Dorsalwandlänge mit Werten von $h^2 = 0,20$ bis $h^2 = 0,57$ und die Diagonalenlänge mit Werten von $h^2 = 0,35$ bis $h^2 = 0,50$. Auch histologische Parameter weisen mittlere Heritabilitäten auf.

3 MATERIAL UND METHODEN

3.1 Tiere und Zeitpunkte der Datenerfassung

Die Untersuchungen erfolgten an Schafen der Rasse Merinolandschaf und Rhönschaf an der Lehr- und Forschungsstation Oberer Hardthof des Instituts für Tierzucht und Haustiergenetik der Justus-Liebig-Universität in Gießen. Aus einer Gesamtherde mit ca. 1050 Tieren standen pro Rasse ca. 150 Nachkommen von 5 Böcken zur Verfügung. Die Fütterung bestand aus Heu und praxisüblichem Kraftfutter ad libitum. Die Schlachtungen erfolgten auf dem Gießener Schlachthof und dem Schlachthof Kind in Grevenbroich. Zwischen der zweiten und dritten Messung erfolgte ein Klauenschnitt.

Die Erfassung der Klauenparameter erfolgte zu drei Zeitpunkten: die ersten beiden Messungen erfolgten beim Merinolandschaf in der 8. und 16. Lebenswoche, beim Rhönschaf im Alter von 8 – 10 bzw. 18 – 20 Wochen. Bei der dritten Messung wurden alle Tiere zum gleichen Zeitpunkt bei einem Alter von 51 – 63 Wochen gemessen. Die Schlachtung erfolgte im Alter von 12 – 32 Wochen (Tab. 5).

Tab. 5: Untersuchungszeitpunkte und Alter der Tiere

	Merinolandschaf		Rhönschaf	
	Alter	Zeitraum	Alter	Zeitraum
Messung 1	8 WOCHEN	01.99 – 04.99	8 – 10 Wochen	03.99 – 04.99
Messung 2	16 Wochen	03.99 – 06.99	18 – 20 Wochen	06.99 – 07.99
Messung 3	51 – 63 Wochen	02.2000	51 - 55 Wochen	02.2000
Schlachtung	12 – 23 Wochen	03.99 – 06.99	18 – 32 Wochen	06.99 – 09.99

Zu den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten wurden die Tiere gewogen und der Pigmentierungsgrad des Klauenhorns erfaßt.

Eine Aufstellung über die untersuchten Tiere, ihre Anzahl pro Messung bzw. Schlachtung, die Nachkommen pro Vattertier, die Geschlechtsverteilung, die Pigmentierung der Klauen und das durchschnittliche Gewicht sind in Tabelle 6 und 7 dargestellt

Tab. 6: Tierverteilung der Merinolandschafe

Messung	N	Vater					Geschlecht		Gewicht (kg)	
		1	2	3	4	5	m	w	$\bar{x}$	s
1	132	52	36	14	17	13	77	55	21,5	3,9
2	132	52	36	14	17	13	77	55	40,5	7,5
3	77	26	17	12	16	6	0	77	73,7	7,2
Schlacht.	89	29	20	10	19	11	79	10	47,5	6,9

Tab. 7: Tierverteilung der Rhönschafe

Messung	N	Vater					Geschlecht		Pigmentierung		Gewicht (kg)	
		1	2	3	4	5	m	w	nein	ja	$\bar{x}$	s
1	105	20	23	14	28	20	45	60	88	17	16,9	4,0
2	105	20	23	14	28	20	45	60	88	17	33,8	6,7
3	47	8	9	10	14	6	0	47	16	31	52,8	5,8
Schlacht.	68	13	20	10	14	11	58	10	40	28	40,3	4,4

Zu Beginn der Untersuchung befanden sich alle Tiere im Stall. Bei der zweiten Messung wurde ein Teil der Rhönschafe in Hütelhaltung auf der Weide gehalten (Tab. 8). Bei der dritten Messung wurden nur weibliche Tiere im Stall untersucht.

Tab. 8: Vater- und Geschlechtsverteilung innerhalb der Haltungsform (Rhönschafe 2. Messung)

	N	Vater					Geschlecht	
		1	2	3	4	5	m	w
Stall	45	10	13	2	11	9	42	3
Hütelhaltung	60	10	10	12	17	11	3	57

Zur Berechnung der Erbllichkeit wurde eine Verwandtschaftsmatrix (Pedigree) in mehreren Generationen benutzt. Sie bestand bei den Merinolandschafen aus 748 Tieren, bei den Rhönschafen aus 384 Tieren.

3.2 Erfasste Klauenmaße

Zu den 3 Meßzeitpunkten wurden folgende Klauenmaße nach HUBER (1983) an 4 Klauen (an der lateralen und medialen Klaue der linken Vorder- und Hintergliedmaße) an umgesetzten Schafen erfaßt:

Die **Dorsalwandlänge (mm)** als der Abstand vom Übergang des Kronsaums in das Dorsalwandhorn bis zum Übergang der Dorsalwand in die Sohle (Abb. 6/A).

Die **Diagonalenlänge (mm)** als die Entfernung vom Übergang der Haut zum Ballenhorn der caudalsten Stelle bis zum unteren Meßpunkt der Dorsalwandlänge (Abb. 6/B).

Die **Trachtenlänge (mm)** als der Abstand vom Übergang der Ballenhaut ins Ballenhorn bis zum Übergang vom Ballenhorn in die Sohle (Abb. 6/C).

Diese Messungen erfolgten mit Hilfe eines Stechzirkels und eines Lineals (Abb. 7).

Der **Dorsalwandwinkel (Grad)** als der Winkel zwischen dem Vorderteil der Dorsalwand und der Sohlenfläche (Abb. 6/D). Der Winkel wurde mit Hilfe eines zweischenkigen Winkelmessers ermittelt (Abb. 7).

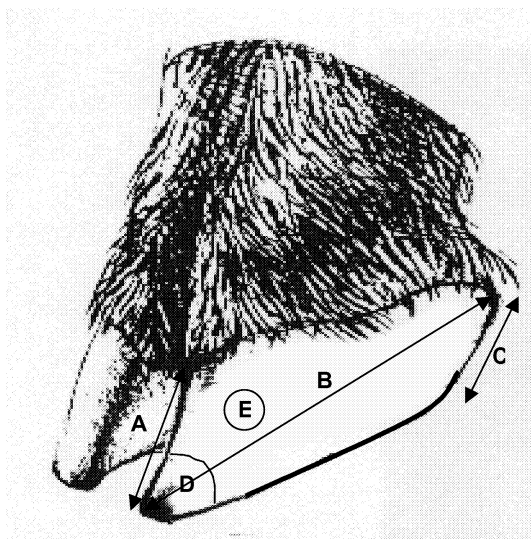


Abb. 6: Klauenmaße beim Schaf (modifiziert nach BAUMGARTNER, 1990)

A - Dorsalwandlänge	D - Dorsalwandwinkel
B - Diagonalenlänge	E - Härte
C - Trachtenlänge	

Die **Härte (Shore D)** wurde 2mal in der Mitte der Seitenwand im cranialen Bereich mit Hilfe eines Meßgerätes zur Härtebestimmung nach Shore bestimmt (Abb. 6/E und Abb. 7).

Sie wurde, bei starker Verschmutzung nach einer groben trockenen Reinigung mittels einer Bürste, nach dem Prinzip der Kegeleindringtiefenmessung nach Shore mit einem handelsüblichen Härtemesser der Firma Zwick, Ulm (ASTM D2240 DIN 53505 ISC 868) durchgeführt, wobei ein gehärteter Stahlkegel in die Oberfläche des zu untersuchenden Klauenhorns mit einer bestimmten, konstanten Kraft F eingedrückt und die Eindringtiefe bestimmt wurde.

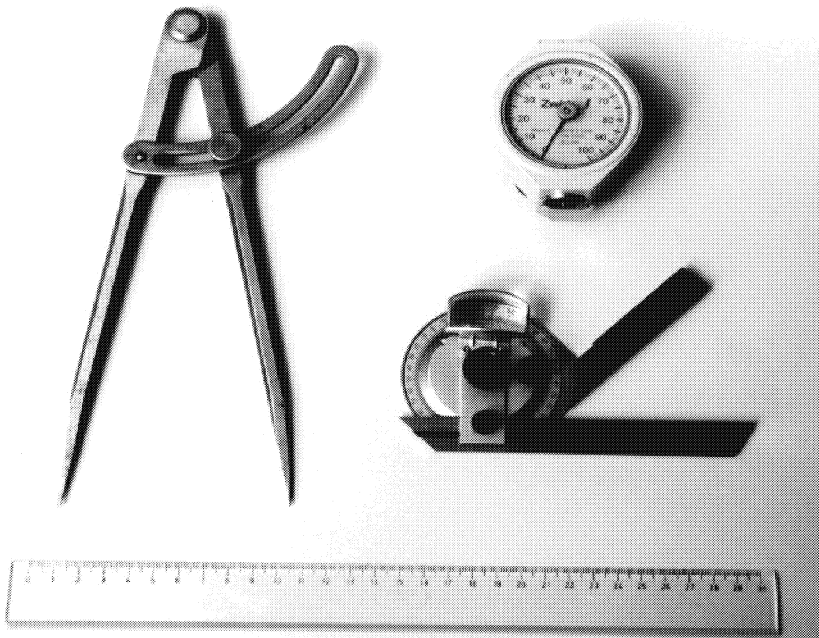


Abb. 7: Verwendete Meßgeräte zur Erfassung der Klauenmaße: Stechzirkel, Härtemeßgerät, Winkelmesser, Lineal

3.3 Untersuchung des Klauenhorns

Das Klauenhorn der geschlachteten Tiere wurde auf seine physikalischen, histologischen und biochemischen Eigenschaften hin untersucht. Dazu wurde ein ca. 2 cm breiter und 5 cm langer Hornstreifen aus der cranialen Seitenwand der Innen- und Außenklaue der Vorder- und Hintergliedmaßen direkt nach der Schlachtung aus dem Klauenschuh herausgeschnitten und zur weiteren Verwendung tiefgefroren bzw. für die physikalische Untersuchung direkt weiterverarbeitet.

3.3.1 Histologische Untersuchung

Für die histologische Untersuchung wurden die tiefgefrorenen Hornstreifen der lateralen Klaue der linken Vordergliedmaße und der medialen Klaue der linken Hintergliedmaße verwendet.

Zunächst wurden die Hornstreifen mit einem Seitenschneider auf halber Höhe senkrecht zum Röhrchenverlauf (makroskopisch sichtbar) durchgeschnitten, in ca. 1 cm x 5 cm breite Stücke zurecht geschnitten und anschließend nach einer modifizierten Gefrierschnittmethode nach GEYER (1980) ohne Formalinfixierung und Wässerung präpariert. Dabei wurden die vorbereiteten Klauenhornstücke mit Gefriermedium für mittlere bis höhere Temperatur (MICROM) senkrecht auf Objektische geklebt und in einem Mikrotom-Kryostat (MICROM HM 500 OM) angefroren (Abb. 8).

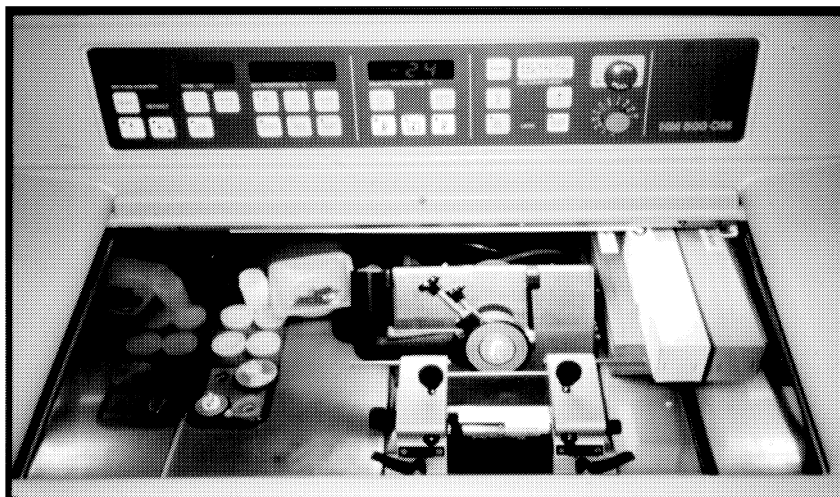


Abb. 8: Gefriermikrotom mit eingespanntem Klauenhornstück

Mit einem Messer mit Schliff D wurden sie bei $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ in $10\text{ }\mu\text{m}$ dicke Schnitte geschnitten, die mit einem Pinsel von der Schneide abgenommen und in Wasser gestreckt wurden. Je 5 Schnitte pro Klaue wurden auf einen Objektträger aufgezogen und getrocknet.

Bei 40-facher Vergrößerung wurden je 5 Ausschnitte der inneren Zone mit einem Mikroskop (Olympus Provis AX 70) bei 10 Lux Beleuchtung und Graufilter (ND 6) mit einer Kamera (Donpisha 3CCD) aufgenommen und mit dem Programm AnalySIS Pro 3.0 (Soft Imaging System) auf einen Bildschirm übertragen. Dabei entsprach die aufgenommene Fläche 1 mm^2 . Die Auswertung erfolgte mit dem Programm KS 400 3.0 (ZEISS). Die Röhrchenzahl pro Ausschnitt wurde halbautomatisch am Bildschirm ausgezählt.

Das Programm erfaßte automatisch Röhrchen mit einer Kreisähnlichkeit von $> 0,3$ ($4\pi \times \text{Fläche} / \text{Wurzel des Umfangs}$). Die Messung erfolgte in Pixel, wobei 1 Pixel $\sim 1,5\text{ }\mu\text{m}$ entsprechen, so daß die Ergebnisse entsprechend umgerechnet wurden. Halbmanuell wurden falsch erkannte Röhrchen entfernt, wobei im Durchschnitt 70 Röhrchen ausgemessen wurden.

Aus der Anzahl der Röhrchen und der durchschnittlichen Röhrchenfläche wurde die Gesamt Röhrchenfläche pro mm^2 durch Multiplikation berechnet.

3.3.2 Wassergehalt und Wasseraufnahmevermögen

Direkt nach dem Schlachten wurden aus den 4 Hornstreifen der rechten Vorder- und Hintergliedmaße mit einem 15er Locheisen Hornscheiben ausgestanzt. Diese wurden mechanisch gereinigt und mit einem Skalpell von den Weichteilen befreit. Sie wurden gewogen, für 24 h in destilliertes Wasser eingelegt, danach wieder gewogen, anschließend für 48 h bei $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und wieder gewogen. Aus der Differenz zwischen Anfangsgewicht und Trockengewicht ergab sich der ursprüngliche Wassergehalt, und aus der Differenz zwischen dem Gewicht nach dem Einlegen ins Wasser und dem Trocknungsgewicht wurde das Wasseraufnahmevermögen des Klauenhorns berechnet. Die Zeiten und Temperaturen wurden in Anlehnung an die Versuche von LATZEL (1988) in einem Vorversuch ermittelt.

3.3.3 Lösliche Proteine

3.3.3.1 Materialien

Geräte

Pharmacia (Uppsala, Schweden):	horizontales Elektrophoresesystem; Power Supply
Heraeus Instruments (Hanau):	Zentrifuge Biofuge A
MAGV (Rabenau-Londorf):	Kryothermostat; Wippe
Köttermann (Uetze-Hänigsen):	Wasserbad

Chemikalien

Die Chemikalien wiesen pro anal. Qualität auf und wurden von folgenden Firmen bezogen:

Biorad Lab. (München):	Testeiweiß (IEF Stand.)
Böhringer Diagnostica: (Mannheim)	Test-Kombination Gesamt-Eiweiß (Biuret-Methode)
Fischer Scientific: (Nidderau)	Silbernitrat; Natriumcarbonat
MAGV: (Rabenau-Londorf)	Essigsäure; Whatmanpaper Chrom. 17
Merck (Darmstadt):	Trichloressigsäure; Ammoniumperoxodisulfat (APS)
Roth (Karlsruhe):	Formaldehyd 37 %
Serva (Heidelberg):	Acrylamid; Bisacrylamid; Kathodenflüssigkeit Nr. 10; Anodenflüssigkeit Nr. 3; Ampholyt 3 – 10; N,N,N',N'- Tetramethylethylendiamin (TEMED)
Sigma (Deisenhofen):	Sodiumthiosulfat

3.3.3.2 Methoden

Die Untersuchung der löslichen Proteine erfolgte an Hornstreifen der medialen Klaue der linken Vordergliedmaße und der lateralen Klaue der linken Hintergliedmaße.

Zur Gewinnung des Probenmaterials für die Elektrophorese wurden die eingefrorenen Hornproben aufgetaut, gründlich gereinigt und mit destilliertem Wasser

mehrfach gespült. Nach zweitägigem Trocknen bei 37 °C wurden die Hornstückchen mit einer Schleifmaschine pulverisiert. Hierzu wurde eine herkömmliche Schleifmaschine mit einem von 3 Seiten verschlossenen Auffangbehälter verwendet. Die Lagerung erfolgte in einem Exsikkator.

In Anlehnung an NATTERMANN (1991) wurden zur Probengewinnung 65 mg Hornpulver mit 400 µl destilliertem Wasser versetzt, bei 49 °C im Wasserbad 24 h inkubiert, anschließend zentrifugiert und der Überstand für die Elektrophorese verwendet. Der Eiweißgehalt im Überstand wurde mit einer Test-Kombination für Gesamteiweiß mit Hilfe der Biuret-Methode durch Photometrie bestimmt.

Die Auftrennung erfolgte mittels isoelektrischer Fokussierung (IEF) im ultradünnen Polyacrylamidgel (0,1 mm) unter Verwendung von Trägerampholyten auf einem horizontalen Elektrophoresesystem bei einer Gelgröße von 25,5 cm x 11,5 cm (ERHARDT, 1991).

Gelzusammensetzung:

2,25 ml Aqua dest.

0,31 ml Stammlösung (38,5 g Acrylamid, 1,5 g Bisacrylamid ad 100 ml mit destilliertem Wasser)

0,156 ml Servalyt pH 3 – 10

0,25 ml APS 0,7 %

20 µl TEMED

In der Mitte der Trennstrecke wurden 25 µl Probenmaterial mittels Probenauftragsband mit schlitzförmigen Öffnungen aufgetragen und das Gel ohne Vorfokussieren bei 800 Volt, 12 mA und 20 Watt für 75 min fokussiert.

Die Fixierung erfolgte in 20 %iger TCA für 20 min., danach wurde das Gel 2 x 5 min. mit destilliertem Wasser gewaschen und anschließend eine Silberfärbung (modifiziert nach BASSAM et al., 1991) durchgeführt. Dazu wurde das Gel zunächst für 1 min. in eine 0,02 %ige Natriumthiosulfatlösung eingelegt, anschließend für 25 min. in einem 0,5 %igen Silberbad. Zum Entwickeln wurde das Gel in einer Lösung aus 150 ml destilliertem Wasser, 150 ml Entwickler (Stammlösung aus 90 g Natriumbicarbonat, 3 ml 37 %igem Formalin ad 1 Liter Aqua bidest) und 0,04 g Natriumthiosulfat für 10

Sekunden geschwenkt und bis zum Erreichen der gewünschten Färbung liegen gelassen. Die Reaktion wurde anschließend mit 1%iger Essigsäure gestoppt und das Gel getrocknet.

3.4 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm SPSS für Windows, Version 8.0. Die Berechnung der bivariaten Korrelationen erfolgte nach Pearson, der Vergleich der Mittelwerte mit dem t-Test. Die Effekte auf die untersuchten Merkmale und die Least-Square-Mittelwerte (LSM) wurden mit SPSS nach GLM geschätzt. Dazu wurde das folgende lineare Modell für die Untersuchung innerhalb der Rassen verwendet:

$$y_{ijklm} = \mu + v_i + M_j + S_k + H_l + P_m + b_1 * (\text{Gewicht} - \overline{\text{Gewicht}}) + b_2 * (\text{Alter} - \overline{\text{Alter}}) + e_{ijklm}$$

mit:	y_{ijklm}	= Merkmal
	μ	= Populationsmittel
	v_i	= zufälliger Effekt des Vaters
	M_j	= fixer Effekt des Monats (nicht 3. Messung)
	S_k	= fixer Effekt des Geschlechts (nicht 3. Messung)
	H_l	= fixer Effekt der Haltungsform (2. Messung Rhönschaf)
	P_m	= fixer Effekt der Pigmentierung (Rhönschaf)
	b_1	= Regressionskoeffizient zum Gewicht
	b_2	= Regressionskoeffizient zum Alter (nicht 1. und 2. Messung)
	e_{ijklm}	= Restfehler

Die Schätzung der additiven genetischen Varianz und der genetischen Kovarianzen erfolgte mit dem Programm VCE, Version 4.2.5 (NEUMAIER und GROENEVELD, 1998) unter Berücksichtigung der Verwandtschaftsmatrix. Bei der Berechnung der Kovarianzen wurden aufgrund des kleinen Datenmaterials alle Merkmalskombinationen nur bivariat berechnet. Die angegebenen Heritabilitätswerte sind Mittelwerte aus den verschiedenen Kombinationen.

Modell für die Heritabilitätsschätzung:

$$y_{ijklm} = \mu + a_i + M_j + R_k + S_l + P_m + b^* (\text{Gewicht} - \overline{\text{Gewicht}}) + e_{ijklm}$$

mit:	y_{ijklm}	= Merkmal
	μ	= Populationsmittel
	a_i	= zufälliger Effekt des Tieres
	M_j	= fixer Effekt des Meßmonats
	R_k	= fixer Effekt der Rasse (nicht 2. Messung) = fixer Effekt der Kombination aus Rasse und Haltungsform (2. Messung)
	S_l	= fixer Effekt des Geschlechts
	P_m	= fixer Effekt der Pigmentierung (Schlachtdaten)
	b	= Regressionskoeffizient zum Gewicht
	e_{ijklm}	= Restfehler

Bei der Berechnung der Korrelationen und der signifikanten Einflüsse bedeutet eine Irrtumswahrscheinlichkeit p von

$p < 0,001$ = *** (höchstsignifikant)

$p < 0,01$ = ** (hochsignifikant)

$p < 0,05$ = * (signifikant).

Die Untersuchung auf Unterschiede zwischen den relativen Häufigkeiten bei den löslichen Proteinen erfolgte mit Hilfe des Chi²-Tests.

4 ERGEBNISSE

4.1 Meßgenauigkeit

4.1.1 Meßgenauigkeit der Klauenmaße

Zur Ermittlung der Meßgenauigkeit wurden je 3 Messungen an jeweils 10 Tieren pro Altersgruppe vorgenommen. Es wurden die vier Klauen der linken Körperseite in zufälliger Reihenfolge je 3mal gemessen. Aus den dabei erhaltenen Ergebnissen wurden für die jeweiligen Positionen die Wiederholbarkeiten berechnet (Tab. 9).

Tab. 9: Meßgenauigkeit der erfaßten Klauenmaße

Parameter (Einheit)	Klaue	Wiederholbarkeit
Härte (Shore D)	vorne lateral	0,785
	vorne medial	0,814
	hinten lateral	0,671
	hinten medial	0,729
Dorsalwandlänge (mm)	vorne lateral	0,870
	vorne medial	0,876
	hinten lateral	0,834
	hinten medial	0,865
Trachtenwandlänge (mm)	vorne lateral	0,789
	vorne medial	0,553
	hinten lateral	0,402
	hinten medial	0,697
Diagonalenlänge (mm)	vorne lateral	0,910
	vorne medial	0,893
	hinten lateral	0,832
	hinten medial	0,876
Dorsalwandwinkel (Grad)	vorne lateral	0,905
	vorne medial	0,914
	hinten lateral	0,816
	hinten medial	0,818

Die Wiederholbarkeit der gemessenen Werte ist sehr hoch und zeigt bis auf die Trachtenlänge Werte von 0,671 bis 0,914. Die Diagonalenlänge und der Dorsalwandwinkel zeigen dabei die höchsten Werte.

4.1.2 Meßgenauigkeit der histologischen Parameter

Zur Bestimmung der Wiederholbarkeit der histologischen Auswertung wurden von den Schnitten von 10 Tieren je 2 Auswertungen vorgenommen (Versuch 1). Zur Überprüfung der Genauigkeit der elektronischen Auswertung wurden 10

verschiedene Aufnahmen 2mal hintereinander ausgewertet (Versuch 2). Die Ergebnisse sind in Tabelle 10 dargestellt.

Tab. 10: Meßgenauigkeit der histologischen Parameter

	Anzahl der Hornröhrchen	Einzelfläche	Gesamt- röhrchenfläche
Versuch 1	0,968	0,950	0,884
Versuch 2	0,984	0,991	0,993

Die Wiederholbarkeit ist mit Werten von 0,884 bis 0,993 sehr hoch. Die Meßgenauigkeit der elektronische Auswertung (Versuch 2) ist dabei mit Werten über 0,984 für alle untersuchten Parameter besonders hoch, die Meßgenauigkeit für die histologischen Parameter ist somit insgesamt als sehr hoch anzusehen.

4.2 Mittelwerte und Standardabweichungen

4.2.1 Klauenmaße

Die Tabellen 11, 12 und 13 geben einen vergleichenden Überblick über die Mittelwerte und Standardabweichungen der einzelnen Meßwerte an den verschiedenen Positionen zu den 3 Meßzeitpunkten bei den beiden untersuchten Rassen.

Tab. 11: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) bei der 1. Messung im Alter von 8 – 10 Wochen

Parameter (Einheit)	Klaue	Merinolandschaf		Rhönschaf	
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Härte (Shore D)	vorne lateral	45,32	3,77	44,78	3,36
	vorne medial	45,20	3,97	44,29	3,24
	hinten lateral	44,67	3,75	44,83	3,42
	hinten medial	45,83	4,01	45,49	3,68
Dorsalwandlänge (mm)	vorne lateral	32,63	2,86	29,77	2,54
	vorne medial	33,31	2,98	30,76	2,59
	hinten lateral	34,08	3,03	30,40	2,82
	hinten medial	33,92	3,17	30,95	2,84
Trachtenwandlänge (mm)	vorne lateral	22,15	2,77	19,40	1,80
	vorne medial	22,57	3,08	20,30	2,27
	hinten lateral	20,54	2,16	18,86	1,54
	hinten medial	20,53	2,35	18,70	1,85
Diagonalenlänge (mm)	vorne lateral	53,61	4,06	48,91	4,06
	vorne medial	54,41	4,65	49,70	4,17
	hinten lateral	51,84	4,31	47,37	3,90
	hinten medial	52,49	4,40	46,89	3,56
Dorsalwandwinkel (Grad)	vorne lateral	58,14	4,00	54,97	3,79
	vorne medial	58,30	3,34	55,10	3,75
	hinten lateral	49,44	3,89	47,58	2,71
	hinten medial	50,84	3,90	47,95	2,79

Tab. 12: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) bei der 2. Messung im Alter von 16 – 20 Wochen

Parameter (Einheit)	Klaue	Merinolandschaf		Rhönschaf	
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Härte (Shore D)	vorne lateral	51,25	4,37	53,68	4,07
	vorne medial	51,70	4,40	53,29	4,20
	hinten lateral	51,08	4,07	53,64	4,02
	hinten medial	52,11	4,49	54,33	4,03
Dorsalwandlänge (mm)	vorne lateral	40,27	5,06	36,59	4,26
	vorne medial	41,42	5,36	36,58	4,78
	hinten lateral	41,30	5,36	36,29	4,92
	hinten medial	42,94	5,82	36,19	4,82
Trachtenwandlänge (mm)	vorne lateral	25,34	3,20	22,90	2,58
	vorne medial	25,71	3,31	22,68	2,60
	hinten lateral	23,14	2,74	21,11	1,91
	hinten medial	23,47	2,98	20,68	1,95
Diagonalenlänge (mm)	vorne lateral	65,98	5,39	58,70	5,18
	vorne medial	66,55	5,96	59,10	5,67
	hinten lateral	64,14	5,48	56,44	5,55
	hinten medial	64,23	5,65	55,20	5,49
Dorsalwandwinkel (Grad)	vorne lateral	52,03	4,32	51,60	5,34
	vorne medial	52,08	4,27	51,56	5,30
	hinten lateral	44,98	4,23	46,37	4,46
	hinten medial	45,32	4,29	46,37	4,46

Tab. 13: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) bei der 3. Messung im Alter von 51 – 63 Wochen

Parameter (Einheit)	Klaue	Merinolandschaf		Rhönschaf	
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Härte (Shore D)	vorne lateral	58,55	4,03	56,00	4,17
	vorne medial	56,81	3,64	56,61	3,04
	hinten lateral	56,45	3,43	55,43	2,89
	hinten medial	57,84	3,36	56,33	3,28
Dorsalwandlänge (mm)	vorne lateral	47,10	3,03	43,62	3,23
	vorne medial	48,79	3,69	44,72	3,46
	hinten lateral	48,25	3,38	43,87	3,66
	hinten medial	48,27	3,45	43,74	3,68
Trachtenwandlänge (mm)	vorne lateral	28,31	3,96	25,28	3,26
	vorne medial	28,88	3,68	26,43	2,69
	hinten lateral	24,19	2,93	22,98	2,25
	hinten medial	23,73	2,50	22,26	2,30
Diagonalenlänge (mm)	vorne lateral	74,39	4,00	66,57	3,78
	vorne medial	74,62	3,91	65,77	4,11
	hinten lateral	71,70	3,89	62,72	4,54
	hinten medial	69,61	4,42	60,34	3,93
Dorsalwandwinkel (Grad)	vorne lateral	52,34	4,56	49,96	4,42
	vorne medial	52,03	4,53	49,85	4,36
	hinten lateral	44,16	3,76	42,64	3,56
	hinten medial	44,47	3,64	43,45	3,17

Die Entwicklung der Klauenmaße über die 3 Messungen ist beispielhaft für das Merinolandschaf in Abbildung 9 dargestellt.

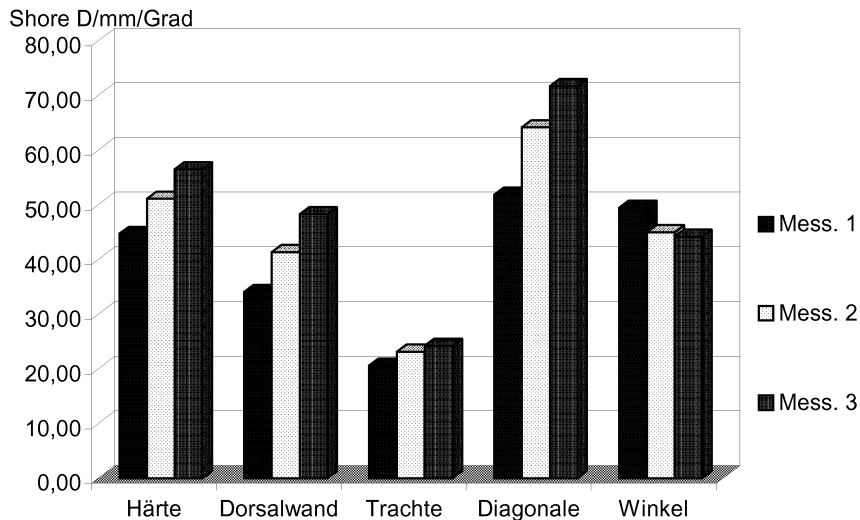


Abb. 9: Entwicklung der Mittelwerte der Klauenmaße über die 3 Messungen beim Merinolandschaf

Mit zunehmendem Alter und damit zunehmendem Gewicht der Tiere und Wachstum der Klauen nehmen bei beiden Rassen die Klauenmaße Härte, Dorsalwand-, Trachten- und Diagonalenlänge zu, der Dorsalwandwinkel dagegen wird flacher.

4.2.2 Klauenhornparameter

Ein nativer, histologischer Querschnitt durch den Seitenteil der Hornwand mit unterschiedlicher Anzahl an Hornröhrchen mit großen und kleinen Durchmessern ist in Abbildung 10 und 11 dargestellt. Dabei sind optisch deutliche Unterschiede zu sehen, und die Grenze zwischen Röhrchenrinde und Zwischenröhrchenhorn ist zu erkennen.

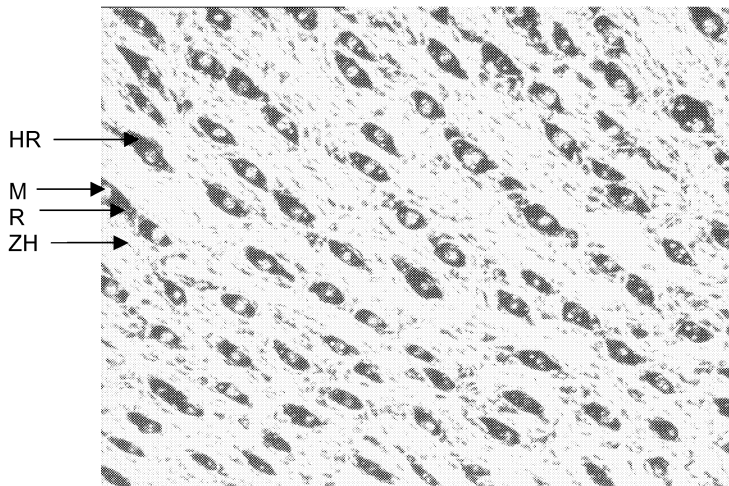


Abb. 10: Querschnitt durch den Seitenteil der Hornwand im Wandsegment eines Merinolandschafes (ca. 5 Monate). Hornröhrchen (HR) mit Rinde (R) und Mark (M), dazwischen Zwischenröhrchenhorn (ZH), Nativaufnahme, (Vergrößerung 40 x)

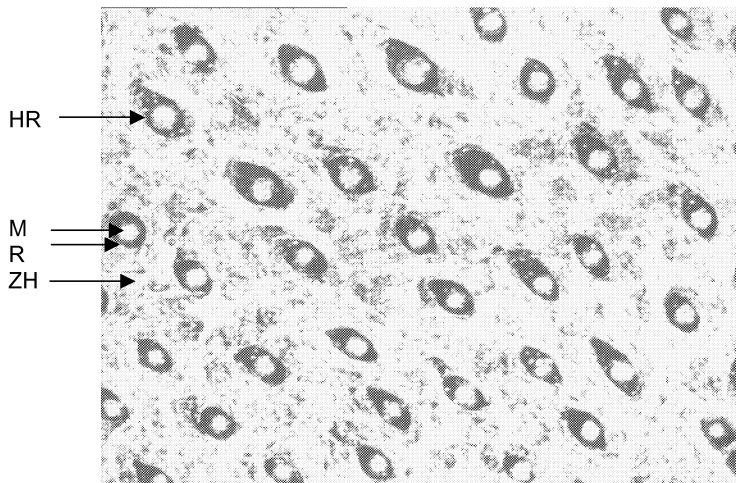


Abb. 11: Querschnitt durch den Seitenteil der Hornwand im Wandsegment eines Merinolandschafes (ca. 5 Monate). Hornröhrchen (HR) mit Rinde (R) und Mark (M), dazwischen Zwischenröhrchenhorn (ZH), Nativaufnahme, (Vergrößerung 40 x)

Die Mittelwerte und Standardabweichungen der histologischen Parameter Anzahl der Hornröhrchen pro Flächeneinheit, durchschnittliche Röhrchenfläche und Gesamtröhrchenfläche sind in Tabelle 14 angegeben. Die Anzahl der Hornröhrchen ist bei den Rhönschafen tendenziell höher, das Klauenhorn der Vordergliedmaße hat Röhrchen mit einem größeren Durchmesser und einer größeren Gesamtröhrchenfläche als das der Hintergliedmaße.

Tab. 14: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) der histologischen Parameter

Parameter (Einheit)	Klaue	Merinolandschaf		Rhönschaf	
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Anzahl Hornröhrchen (N/mm ²)	vorne lateral	58,69	9,19	59,25	7,86
	hinten medial	58,89	10,38	59,00	8,98
Einzelröhrchenfläche (10 ⁻³ mm ²)	vorne lateral	3,02	0,64	2,94	0,54
	hinten medial	2,80	0,50	2,92	0,63
Gesamtröhrchenfläche (10 ⁻³ mm ²)	vorne lateral	174,12	32,23	173,08	33,19
	hinten medial	163,03	30,32	169,17	31,24

Die Mittelwerte und Standardabweichungen des Wassergehalts und des Wasseraufnahmevermögens des Klauenhorns sind in Tabelle 15 dargestellt.

Tab. 15: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) des Wassergehalts und des Wasseraufnahmevermögens des Klauenhorns

Parameter (Einheit)	Klaue	Merinolandschaf		Rhönschaf	
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Wassergehalt (%)	vorne lateral	42,21	3,93	39,65	3,59
	vorne medial	40,50	4,39	38,27	4,83
	hinten lateral	41,74	5,16	40,14	4,47
	hinten medial	41,64	3,97	39,26	5,41
Wasseraufnahmevermögen (%)	vorne lateral	45,69	4,43	44,81	4,14
	vorne medial	46,09	3,66	44,73	3,20
	hinten lateral	45,72	3,31	44,38	4,57
	hinten medial	44,97	3,72	43,89	4,21

Das Klauenhorn der Merinolandschafe zeigt einen Wassergehalt von 40,5 % bis 42,2 % und ein Wasseraufnahmevermögen von 45,0 % bis 46,1 %. Bei den Rhönschafen findet sich ein Wassergehalt von 38,3 % bis 40,1 % und ein Wasseraufnahmevermögen von 44,4 % bis 44,8 %. Das Horn kann also durchschnittlich 4,6 % Wasser zusätzlich aufnehmen. Sowohl beim Wassergehalt als auch beim Wasseraufnahmevermögen zeigt das Klauenhorn der Rhönschafe geringere Werte, die bis zu 2,6 % unter denen der Merinolandschafe liegen.

4.3 Einflußfaktoren auf die Klauenparameter

4.3.1 Einflußfaktoren auf die Klauenmaße

4.3.1.1 Einfluß der Rasse und sonstiger Faktoren

Untersucht werden die Einflüsse der fixen Effekte Rasse, Meßmonat, Haltungsform, Geschlecht und Pigmentierung und die Kovariablen Gewicht und Alter (Modell siehe 3.5). Um festzustellen, ob die Effekte in den verschiedenen Wachstums- bzw. Gewichtsabschnitten unterschiedlich starke Einflüsse ausüben, werden die Meßzeitpunkte getrennt untersucht. Das Bestimmtheitsmaß, das ein Maß für die durch das Modell erklärte Varianz darstellt, beträgt zwischen 0,2 % und 32 % für die Härte und 53 % bis 69 % für die Diagonalenlänge und ist für die 3. Messung deutlich niedriger (Anhang Tab. 1A).

1. Messung im Alter von 8 – 10 Wochen

Bei der 1. Messung im Alter von 8 – 10 Wochen befinden sich alle Lämmer beider Rassen im Stall. Die Least-Square-Mittelwerte sind bei einem durchschnittlichen Gewicht von 19,5 kg dargestellt (Tab. 16).

Tab. 16: Einflüsse und Least-Square-Mittelwerte (LSM) mit Standardfehlern (se) der Klauenmaße bei der 1. Messung im Alter von 8 – 10 Wochen

Parameter (Einheit)	Klaue	Merinolandschaf		Rhönschaf		Einflußfaktor			
		LSM	se	LSM	se	Rasse	Monat	Ge- schl.	Ge- wicht
Härte (Shore D)	vorne lateral	44,7	0,36	46,3	0,45	*	**	n.s.	***
	vorne medial	44,4	0,37	45,3	0,47	n.s.	n.s.	n.s.	***
	hinten lateral	44,3	0,37	45,8	0,47	*	n.s.	n.s.	***
	hinten medial	45,2	0,39	46,2	0,50	n.s.	n.s.	n.s.	***
Dorsalwand- länge (mm)	vorne lateral	31,7	0,23	31,0	0,29	n.s.	n.s.	n.s.	***
	vorne medial	32,4	0,25	31,8	0,31	n.s.	n.s.	n.s.	***
	hinten lateral	32,8	0,25	32,1	0,32	n.s.	***	*	***
	hinten medial	32,8	0,26	31,9	0,33	*	**	n.s.	***
Trachtenlänge (mm)	vorne lateral	21,9	0,24	20,3	0,30	***	**	n.s.	***
	vorne medial	22,2	0,25	21,5	0,32	n.s.	***	n.s.	***
	hinten lateral	20,3	0,18	19,9	0,22	n.s.	***	n.s.	***
	hinten medial	20,5	0,19	19,7	0,24	*	***	n.s.	***
Diagonalen- länge (mm)	vorne lateral	52,2	0,31	50,8	0,39	*	n.s.	n.s.	***
	vorne medial	52,8	0,37	51,3	0,47	*	n.s.	n.s.	***
	hinten lateral	50,5	0,32	49,3	0,41	*	n.s.	n.s.	***
	hinten medial	50,9	0,32	49,3	0,41	**	*	n.s.	***
Dorsalwand- winkel (Grad)	vorne lateral	58,0	0,42	54,5	0,53	***	n.s.	n.s.	n.s.
	vorne medial	58,1	0,37	55,2	0,48	***	*	n.s.	n.s.
	hinten lateral	49,4	0,35	48,4	0,44	n.s.	***	n.s.	n.s.
	hinten medial	50,7	0,35	48,8	0,45	**	***	n.s.	n.s.

Die Rasse hat einen signifikanten Einfluß auf die Härte der lateralen Klauen, auf die Dorsalwandlänge der medialen Klaue der Hintergliedmaße, auf die Trachtenwandlänge der lateralen Klaue der Vordergliedmaße und der medialen Klaue der Hintergliedmaße, auf den Parameter Diagonalenlänge an allen Klauen und auf die Winkelweite aller Klauen bis auf die laterale Klaue der Hintergliedmaße.

Über alle gemessenen Werte hinweg haben die Klauen der Merinolandschafe eine größere Länge und Winkelweite. Die Klauen der Rhönschafe sind durchschnittlich 1 Shore D Grad härter (Abb. 12)

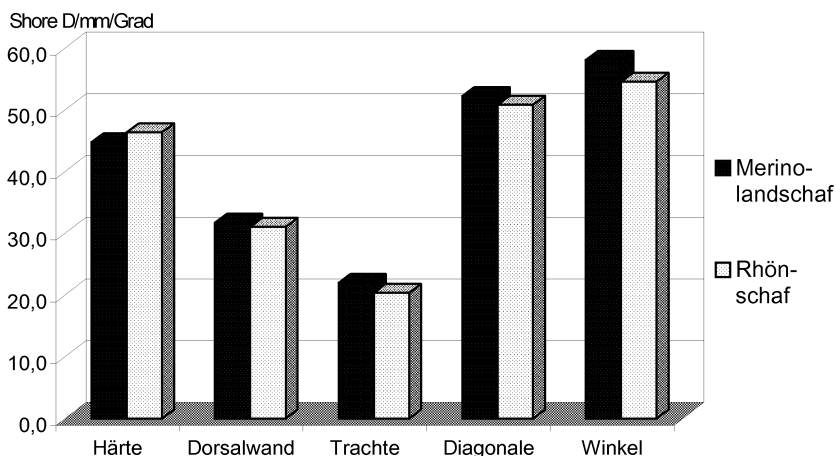


Abb. 12 : Einfluß der Rasse auf die Klauenmaße im Alter von 8 – 10 Wochen (Least-Square-Mittelwerte)

Die Messungen erfolgten zwischen Januar und April 1999. Der Meßmonat hat einen signifikanten Einfluß auf die Härte der lateralen Klaue der Vordergliedmaße, die Dorsalwandlänge der Klauen der Hintergliedmaße, die Trachtenlänge aller Klauen, die Diagonalenlänge der medialen Klaue der Hintergliedmaße und die Dorsalwandwinkel mit Ausnahme der lateralen Klaue der Vordergliedmaße. Die Least-Square-Mittelwerte sind im Anhang in Tabelle 2A verzeichnet.

Das Geschlecht hat nur auf die Dorsalwandlänge der lateralen Hintergliedmaße einen signifikanten Effekt, das Gewicht hat einen höchstsignifikanten Einfluß auf alle Parameter außer der Winkelweite.

2. Messung im Alter von 16 – 20 Wochen

Bei der 2. Messung im Alter von 16 – 20 Wochen befindet sich etwa die Hälfte der Rhönschafe zum Zeitpunkt der Messung auf der Weide in Hütelhaltung. Die Least-Square-Mittelwerte der Klauenmaße sind bei 37,5 kg dargestellt (Tab. 17).

Tab. 17: Einflüsse und Least-Square-Mittelwerte (LSM) mit Standardfehlern (se) der Klauenmaße bei der 2. Messung im Alter von 16 – 20 Wochen

Parameter (Einheit)	Klaue	Merinolandschaf		Rhönschaf		Einflußfaktor			
		LSM	se	LSM	se	Rasse	Monat	Ge- schl.	Ge- wicht
Härte (Shore D)	vorne lateral	50,2	0,71	52,1	1,22	***	***	n.s.	***
	vorne medial	50,3	0,76	52,1	1,29	***	**	n.s.	***
	hinten lateral	52,1	0,69	49,7	1,18	***	***	n.s.	***
	hinten medial	52,8	0,71	50,6	1,22	***	***	n.s.	***
Dorsalwand- länge (mm)	vorne lateral	38,3	0,65	40,7	1,11	**	***	n.s.	***
	vorne medial	38,6	0,67	42,4	1,14	***	***	**	***
	hinten lateral	38,7	0,72	41,7	1,22	***	***	n.s.	***
	hinten medial	40,6	0,71	40,8	1,21	**	***	*	***
Trachtenlänge (mm)	vorne lateral	23,7	0,49	25,6	0,84	n.s.	*	n.s.	***
	vorne medial	23,8	0,49	24,9	0,83	n.s.	***	**	***
	hinten lateral	22,1	0,41	22,0	0,70	n.s.	*	**	***
	hinten medial	22,3	0,43	21,9	0,74	n.s.	***	*	***
Diagonalen- länge (mm)	vorne lateral	63,2	0,71	63,5	1,21	*	***	*	***
	vorne medial	63,5	0,74	64,5	1,27	*	***	**	***
	hinten lateral	62,4	0,75	60,3	1,27	***	***	n.s.	***
	hinten medial	60,8	0,70	62,0	1,19	***	***	n.s.	***
Dorsalwand- winkel (Grad)	vorne lateral	52,8	0,76	47,2	1,29	***	***	n.s.	*
	vorne medial	53,0	0,74	47,6	1,26	***	***	n.s.	*
	hinten lateral	46,1	0,62	42,4	1,05	***	***	n.s.	**
	hinten medial	46,3	0,62	42,7	1,05	***	***	n.s.	*

Der Einfluß der Rasse in Kombination mit der Aufstellungsart ist für alle Parameter bis auf die Trachtenlänge signifikant. Die Klauen der Vordergliedmaße der im Stall befindlichen Rhönschafe sind härter als die der Merinolandschafe, die Dorsalwand- und Diagonalenlänge der Klauen der Rhönschafe sind größer und die Winkel sind kleiner als die der Merinolandschafe (Abb. 13).

Shore D/mm/Grad

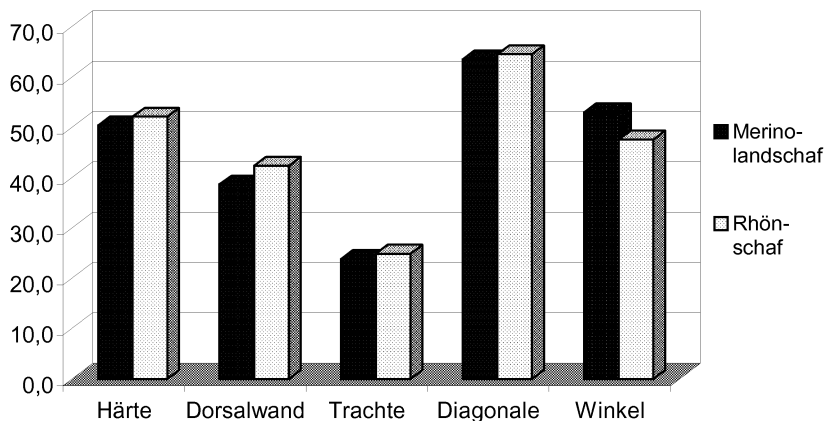


Abb. 13: Einfluß der Rasse auf die Klauenmaße der im Stall gehaltenen Schafe im Alter von 16 – 20 Wochen (Least-Square-Mittelwerte)

Der Meßmonat hat auf alle gemessenen Parameter einen signifikanten Einfluß. Von März bis Juni steigt die Härte an während die Dorsal- und Diagonalenlänge abnimmt (Anhang Tab. 3A).

Das Geschlecht hat einen signifikanten Einfluß auf die Dorsalwandlänge der medialen Klauen, die Trachtenlänge aller Klauen bis auf die laterale Klaue der Vordergliedmaße und die Diagonalenlänge der Klauen der Vordergliedmaße. Die Klauen der weiblichen Tiere sind kürzer als die der männlichen Tiere (Anhang Tab. 4A).

3. Messung im Alter von 51 – 63 Wochen

Bei der 3. Messung im Alter von etwa einem Jahr befinden sich die verbliebenen weiblichen Schafe zum Zeitpunkt der Messung im Stall. In der Signifikanzberechnung wird zusätzlich das Alter (in Wochen) als zufälliger Effekt berücksichtigt. Die Least-Square-Mittelwerte der Klauenmaße sind bei einem durchschnittlichen Gewicht von 65,8 kg dargestellt (Tab. 18).

Tab. 18: Einflüsse und Least-Square-Mittelwerte (LSM) mit Standardfehlern (se) der Klauenmaße bei der 3. Messung im Alter von 51 - 63 Wochen

Parameter (Einheit)	Klaue	Merino- landschaf		Rhönschaf		Einflußfaktor		
		LSM	se	LSM	se	Rasse	Ge- wicht	Alter
Härte (Shore D)	vorne lateral	58,4	0,87	56,6	0,96	n.s.	n.s.	n.s.
	vorne medial	56,8	0,74	56,6	0,81	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten lateral	55,6	0,69	56,4	0,76	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten medial	57,4	0,72	56,7	0,79	n.s.	n.s.	n.s.
Dorsalwand- länge (mm)	vorne lateral	47,2	0,66	43,9	0,73	*	n.s.	n.s.
	vorne medial	48,0	0,75	46,4	0,83	n.s.	*	n.s.
	hinten lateral	47,7	0,74	45,0	0,81	*	*	n.s.
	hinten medial	47,7	0,73	45,4	0,80	n.s.	**	n.s.
Trachtenlänge (mm)	vorne lateral	28,0	0,76	26,1	0,83	n.s.	n.s.	**
	vorne medial	27,7	0,65	27,7	0,71	n.s.	n.s.	***
	hinten lateral	23,4	0,54	24,4	0,60	n.s.	n.s.	*
	hinten medial	23,2	0,48	23,3	0,53	n.s.	n.s.	**
Diagonalen- länge (mm)	vorne lateral	73,4	0,81	68,6	0,89	**	**	n.s.
	vorne medial	74,1	0,83	67,5	0,91	***	*	n.s.
	hinten lateral	71,3	0,85	64,4	0,94	***	**	*
	hinten medial	69,1	0,86	62,1	0,95	***	**	*
Dorsalwand- winkel (Grad)	vorne lateral	52,1	0,86	50,6	0,94	n.s.	n.s.	***
	vorne medial	51,8	0,85	50,2	0,94	n.s.	n.s.	***
	hinten lateral	43,7	0,70	43,4	0,77	n.s.	n.s.	***
	hinten medial	44,0	0,65	44,3	0,71	n.s.	n.s.	***

Wie bei der ersten Messung sind bei den Längen und der Weite die Klauen der Merinolandschafe bei signifikanten Unterschieden größer. Dieser Einfluß der Rasse ist signifikant bei der Dorsalwandlänge der lateralen Klauen und bei der Diagonalenlänge aller Klauen. Bei den übrigen Meßwerten ist kein signifikanter Einfluß der Rasse mehr feststellbar.

Das Gewicht hat auf die Dorsalwandlänge der Klauen bis auf die laterale Klaue der Vordergliedmaße und auf die Diagonalenlänge an allen Klauen einen signifikanten Einfluß.

Das Alter hat einen signifikanten Einfluß auf die Trachtenlänge, auf die Diagonalenlänge der Klauen der Hintergliedmaße und die Winkelweite an allen Klauen.

4.3.1.2 Einfluß des Gewichts

Da das Gewicht auf nahezu alle Klauenparameter einen signifikanten Einfluß hat, soll dieser Einfluß näher beschrieben und grafisch dargestellt werden. Dies geschieht anhand der Daten der Messungen an den Merinolandschafen. Die entsprechenden Diagramme der Rhönschafe sind im Anhang in Abbildung 1A bis 5A dargestellt.

Der Einfluß des Gewichtes wird anhand von Diagrammen gezeigt, wobei die Kurvenanpassung über Auswahl aus linearer, quadratischer und kubischer Trendlinie erfolgt. Die Funktion aus den Mittelwerten der Positionen ist angegeben.

Der Kurvenverlauf bei der Härte zeigt für das Merinolandschaf einen kontinuierlichen Anstieg an allen 4 Klauen bis zu einem Gewicht der Tiere von etwa 90 kg, die Härte beträgt hier etwa 58 Shore D Härtegrade. Bis auf die laterale Klaue der Vordergliedmaße nimmt die Härte mit zunehmendem Gewicht wieder ab (Abb. 14). Beim Rhönschaf liegt der Wendepunkt bei einem Gewicht von etwa 50 kg, danach nimmt die Härte an allen Klauen ab (Anhang Abb. 1A).

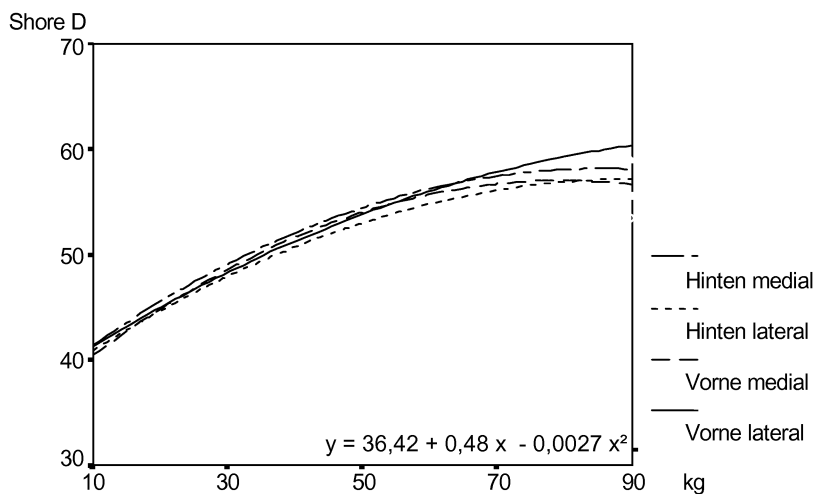


Abb. 14: Größe der Härte in Abhängigkeit vom Körpergewicht an den 4 gemessenen Klauen

Die Dorsalwandlänge nimmt etwa bis zu einem Gewicht von 85 kg kontinuierlich zu. Die Klauen der Hintergliedmaße sind überwiegend länger als die der Vordergliedmaße, die mediale Klaue ist dabei bei beiden Rassen größer als die laterale (Abb. 15 und Anhang Abb. 2A).

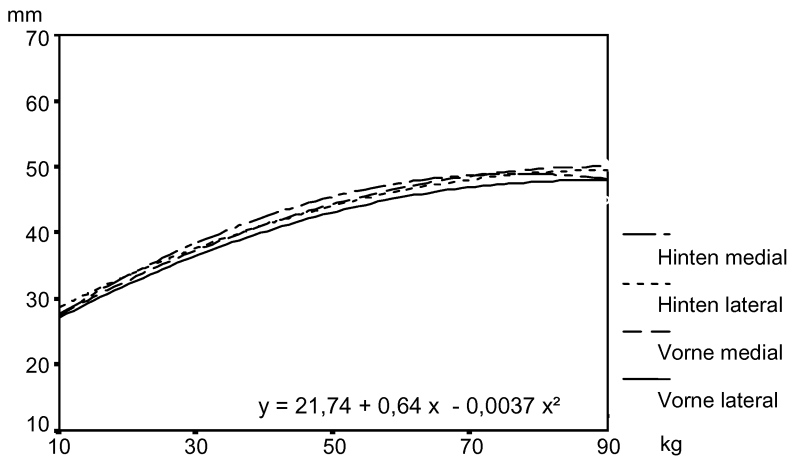


Abb. 15: Dorsalwandlänge in Abhängigkeit vom Körpergewicht an den 4 gemessenen Klauen

Die Trachtenlänge zeigt einen kontinuierlichen Anstieg bis etwa 78 kg. Die Trachtenwand der Klauen der Vordergliedmaße ist bei beiden Rassen länger als die der Hintergliedmaße, die lateralen Klauen sind an der Vordergliedmaße kürzer als die medialen (Abb. 16 und Anhang Abb. 3A).

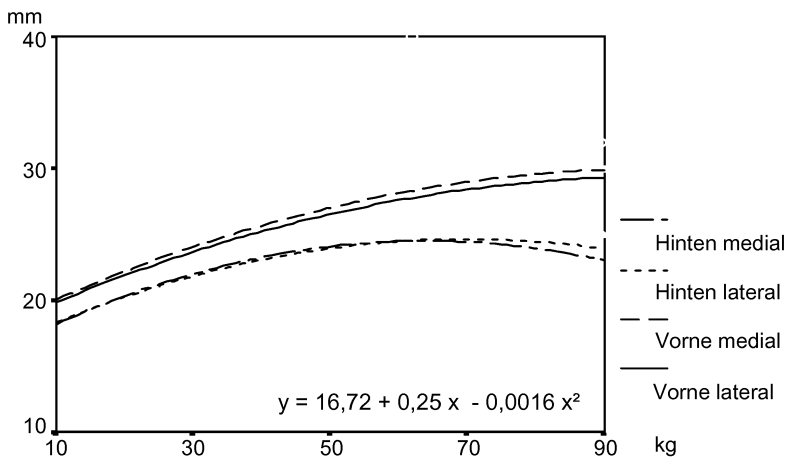


Abb. 16: Trachtenlänge in Abhängigkeit vom Körpergewicht an den 4 gemessenen Klauen

Die Länge der Diagonalen nimmt bis zu einem Gewicht von 75 kg stetig zu. Die Klauen der Vordergliedmaße sind dabei länger als die der Hintergliedmaße (Abb. 17). Beim Rhönschaf liegt der Wendepunkt bei einem Gewicht von etwa 70 kg, wobei ebenfalls die Klauen der Vordergliedmaße länger sind (Anhang Abb. 4A).

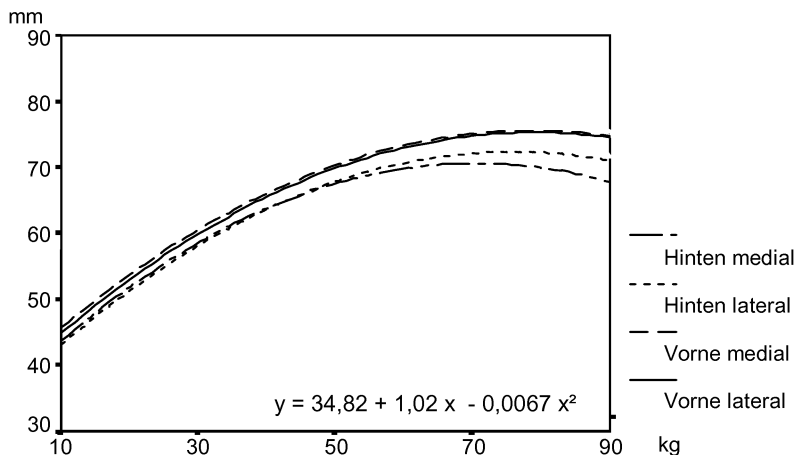


Abb. 17 : Diagonalenlänge in Abhängigkeit vom Körpergewicht an den 4 gemessenen Klauen

Für die Winkel zeigen die Regressionskurven einen Tiefpunkt bei etwa 60 kg Körpergewicht, die Klauen sind hier am flachsten und werden mit zunehmendem Gewicht wieder steiler (Abb. 18).

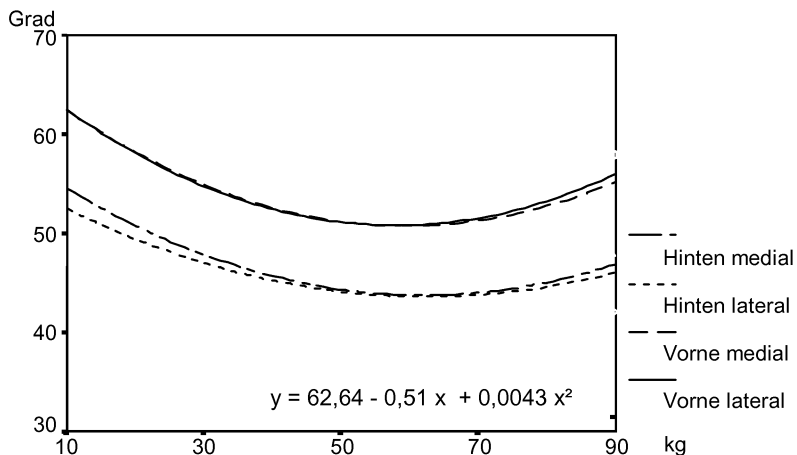


Abb. 18: Winkelweite in Abhängigkeit vom Körpergewicht an den 4 gemessenen Klauen

Die Winkel der Klauen der Vordergliedmaße sind bei beiden Rassen größer als die der Hintergliedmaße, die Klauen der Hintergliedmaße sind also flacher als die der Vordergliedmaße (Anhang Abb. 5A).

4.3.1.3 Vatoreinfluß

Nach dem Einfluß der Rasse wird der Vatoreffekt als zufälliger Effekt untersucht. Auch hier erfolgt die Auswertung nach Messungen getrennt, um festzustellen, welche Einflüsse zu den verschiedenen Meßzeitpunkten und damit Altersgruppen am wichtigsten sind. Das Bestimmtheitsmaß beträgt zwischen 2,4 % und 39 % für die Härte und 17 % und 71% für die Diagonalenlänge (Anhang Tab. 1A).

4.3.1.3.1 Merinolandschafe

1. Messung im Alter von 8 Wochen

Die Faktoren Vater, Monat und Gewicht üben einen signifikanten Einfluß auf die Klauenparameter bei der 1. Messung aus (Tab. 19).

Tab. 19: Einflüsse auf die Klauenmaße der Merinolandschafe bei der 1. Messung im Alter von 8 Wochen

Parameter (Einheit)	Klaue	Einflußfaktoren			
		Vater	Monat	Geschlecht	Gewicht
Härte (Shore D)	vorne lateral	n.s.	**	n.s.	**
	vorne medial	n.s.	n.s.	n.s.	***
	hinten lateral	n.s.	*	n.s.	**
	hinten medial	n.s.	n.s.	n.s.	**
Dorsalwand- länge (mm)	vorne lateral	*	n.s.	n.s.	***
	vorne medial	n.s.	n.s.	n.s.	***
	hinten lateral	*	n.s.	n.s.	***
	hinten medial	n.s.	n.s.	n.s.	***
Trachtenlänge (mm)	vorne lateral	n.s.	*	n.s.	**
	vorne medial	n.s.	***	n.s.	***
	hinten lateral	n.s.	***	n.s.	***
	hinten medial	n.s.	***	n.s.	***
Diagonalen- länge (mm)	vorne lateral	n.s.	n.s.	n.s.	***
	vorne medial	n.s.	n.s.	n.s.	***
	hinten lateral	*	n.s.	n.s.	***
	hinten medial	n.s.	n.s.	n.s.	***
Dorsalwand- winkel (Grad)	vorne lateral	*	n.s.	n.s.	n.s.
	vorne medial	*	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten lateral	*	***	n.s.	n.s.
	hinten medial	*	***	n.s.	n.s.

Bei der ersten Messung ist der Vatoreinfluß für die Dorsalwandlänge der lateralen Klauen, die Diagonalenlänge der lateralen Klaue der Hintergliedmaße und die Winkel an allen Klauen signifikant (Abb. 19).

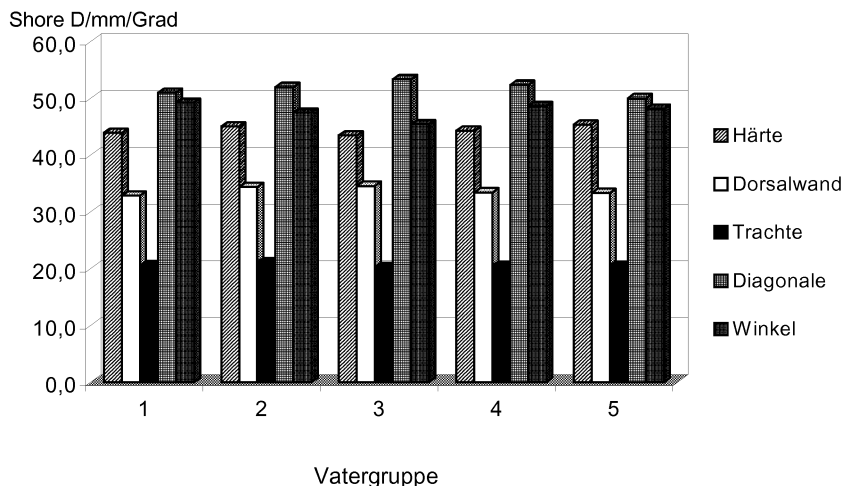


Abb. 19 : Least-Square-Mittelwerte der Klauenmaße der Hintergliedmaße über die Nachkommengruppen beim Merinolandschaf, 1. Messung

Betrachtet man die jeweils größten und kleinsten Werte eines Parameters, so fällt auf, daß die Nachkommen von Vater 3 bei der Dorsalwand- und Diagonalenlänge die längsten Klauen haben, bei den übrigen Parametern die kleinsten Werte zeigen (Anhang Tab. 5A).

Der Meßmonat ist signifikant für die Härte der lateralen Klauen, die Trachtenlänge und die Winkel der Klauen der Hintergliedmaße. Die Härte und die Winkelweite nehmen von Januar bis April ab (Anhang Tab. 6A). Das Geschlecht hat keinen signifikanten Einfluß. Das Gewicht hat, wie bei der rasseübergreifenden Auswertung, bis auf die Winkel auf alle gemessenen Parameter einen höchstsignifikanten Einfluß.

2. Messung im Alter von 16 Wochen

Die Einflüsse auf die Klauenparameter bei der 2. Messung im Alter von 16 Wochen sind in Tabelle 20 dargestellt.

Tab. 20: Einflüsse auf die Klauenmaße der Merinolandschafe bei der 2. Messung im Alter von 16 Wochen

Parameter (Einheit)	Klaue	Einflußfaktoren			
		Vater	Monat	Geschlecht	Gewicht
Härte (Shore D)	vorne lateral	n.s.	**	n.s.	***
	vorne medial	n.s.	n.s.	n.s.	**
	hinten lateral	n.s.	**	n.s.	**
	hinten medial	n.s.	***	n.s.	***
Dorsalwandlänge (mm)	vorne lateral	n.s.	***	n.s.	***
	vorne medial	n.s.	***	*	***
	hinten lateral	n.s.	***	n.s.	***
	hinten medial	n.s.	***	n.s.	***
Trachtenlänge (mm)	vorne lateral	n.s.	n.s.	n.s.	***
	vorne medial	n.s.	**	*	***
	hinten lateral	n.s.	n.s.	*	***
	hinten medial	n.s.	**	n.s.	***
Diagonalenlänge (mm)	vorne lateral	n.s.	***	n.s.	***
	vorne medial	n.s.	***	**	***
	hinten lateral	n.s.	***	n.s.	***
	hinten medial	n.s.	***	n.s.	***
Dorsalwandwinkel (Grad)	vorne lateral	**	**	*	*
	vorne medial	*	***	n.s.	*
	hinten lateral	n.s.	***	n.s.	**
	hinten medial	*	***	n.s.	**

Der Vatoreinfluß zeigt sich nur für die Winkel mit Ausnahme der lateralen Klaue der Hintergliedmaße signifikant. Wie bei der ersten Messung sind bei Nachkommen von Vater 3 die Dorsalwandlänge der meisten Klauen am längsten und die Härte und die Winkel am kleinsten (Anhang Tab. 7A). Der Meßmonat ist bis auf die Härtemessung der medialen Klaue der Vordergliedmaße und die Trachtenlänge der lateralen Klauen signifikant. Die Härte und die Winkelweite nehmen tendenziell von März bis Juni zu, die Längen nehmen ab (Anhang Tab. 8A). Das Geschlecht hat Einfluß auf wenige Werte, wobei die weiblichen Tiere kürzere Klauen haben (Anhang Tab. 8A).

Ähnlich wie bei der ersten Messung ist das Gewicht für alle Parameter signifikant.

3. Messung im Alter von 51 – 63 Wochen

Bei der 3. Messung ist der Vatoreinfluß für Härtemessung der lateralen Klaue der Hintergliedmaße, die Dorsalwandlänge mit Ausnahme der lateralen Klaue der

Vordergliedmaße, die Trachtenlänge vorne medial, die Diagonalenlänge hinten medial und den Winkel der Klauen der Vordergliedmaße signifikant (Tab. 21).

Tab. 21: Einflüsse auf die Klauenmaße der Merinolandschafe bei der 3. Messung im Alter von 51 – 63 Wochen

Parameter (Einheit)	Klaue	Einflußfaktoren		
		Vater	Gewicht	Alter
Härte (Shore D)	vorne lateral	n.s.	n.s.	n.s.
	vorne medial	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten lateral	*	n.s.	n.s.
	hinten medial	n.s.	n.s.	n.s.
Dorsalwand- länge (mm)	vorne lateral	n.s.	n.s.	n.s.
	vorne medial	*	*	n.s.
	hinten lateral	**	**	n.s.
	hinten medial	**	**	n.s.
Trachtenlänge (mm)	vorne lateral	n.s.	n.s.	n.s.
	vorne medial	*	n.s.	***
	hinten lateral	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten medial	n.s.	n.s.	n.s.
Diagonalen- länge (mm)	vorne lateral	n.s.	**	n.s.
	vorne medial	n.s.	**	n.s.
	hinten lateral	n.s.	**	n.s.
	hinten medial	*	*	n.s.
Dorsalwand- winkel (Grad)	vorne lateral	**	n.s.	**
	vorne medial	*	n.s.	***
	hinten lateral	n.s.	n.s.	***
	hinten medial	n.s.	n.s.	***

Sowohl bei der Dorsalwand- als auch bei der Diagonalenlänge sind Klauen der Nachkommen von Vater 3 tendenziell am längsten. Die kleinsten Werte weisen Klauen der Nachkommen von Vater 1 auf (Anhang Tab. 9A).

Der Gewichtseinfluß ist für die Dorsalwandlänge und die Diagonalenlänge signifikant. Das Alter beeinflusst vor allem die Winkelgröße signifikant.

4.3.1.3.2 Rhönschafe

1. Messung im Alter von 8 – 10 Wochen

Der Einfluß des Vaters, des Meßmonats, des Geschlechts, der Pigmentierung und des Gewichts bei der 1. Messung sind in Tabelle 22 dargestellt.

Tab. 22: Einflüsse auf die Klauenmaße der Rhönschafe bei der 1. Messung im Alter von 8 – 10 Wochen

Parameter (Einheit)	Klaue	Einflußfaktor				
		Vater	Monat	Geschlecht	Pigmentierung	Gewicht
Härte (Shore D)	vorne lateral	**	n.s.	n.s.	n.s.	*
	vorne medial	*	n.s.	n.s.	n.s.	*
	hinten lateral	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**
	hinten medial	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***
Dorsalwandlänge (mm)	vorne lateral	***	n.s.	n.s.	n.s.	***
	vorne medial	**	n.s.	n.s.	n.s.	***
	hinten lateral	*	***	*	n.s.	***
	hinten medial	n.s.	**	n.s.	n.s.	***
Trachtenlänge (mm)	vorne lateral	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**
	vorne medial	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***
	hinten lateral	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
	hinten medial	n.s.	*	n.s.	n.s.	***
Diagonalenlänge (mm)	vorne lateral	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***
	vorne medial	n.s.	n.s.	n.s.	*	***
	hinten lateral	*	n.s.	n.s.	n.s.	***
	hinten medial	*	*	n.s.	n.s.	***
Dorsalwandwinkel (Grad)	vorne lateral	**	*	n.s.	n.s.	n.s.
	vorne medial	**	*	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten lateral	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten medial	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Der Einfluß des Vaters ist signifikant bei der Härtemessung an der Vordergliedmaße, der Dorsalwandlänge mit Ausnahme der medialen Klaue der Hintergliedmaße, der Diagonalenlänge an der Hintergliedmaße und bei der Winkelweite. Die Klauen der Nachkommen von Vater 2 zeigen bis auf die Winkel die höchsten Werte in fast allen Parametern. Die Winkel bei diesen sind am kleinsten. Die Klauen der Nachkommen von Vater 5 sind in den meisten Parametern am kleinsten, bei den Winkeln zeigen sie die größte Gradzahl (Anhang Tab. 10A).

Der Meßmonat hat einen signifikanten Einfluß auf die Dorsalwandlänge der Hintergliedmaße, die Diagonalenlänge und Trachtenwandlänge der medialen Klaue

der Hintergliedmaße und den Winkel der Klauen der Hintergliedmaße. Die Länge der Klauenmaße nimmt zum späteren Meßzeitpunkt hin ab (Anhang Tab. 11A).

Die Pigmentierung und das Geschlecht haben nur auf je einen Wert einen signifikanten Einfluß.

Das Gewicht hat wie bei den Merinolandschafen den größten Einfluß, bis auf die Winkelweite ist er signifikant.

2. Messung im Alter von 18 – 20 Wochen

Der Vatoreinfluß ist signifikant für die Dorsalwandlänge der medialen Klaue der Vordergliedmaße und der lateralen Klaue der Hintergliedmaße, für die Diagonalenlänge und den Winkel der lateralen Klaue der Vordergliedmaße (Tab. 23). Die Nachkommen von Vater 2 haben wieder tendenziell die größten Längen und die kleinsten Winkel (Anhang Tab. 12A).

Tab. 23: Einflüsse auf die Klauenmaße der Rhönschafe bei der 2. Messung im Alter von 18 – 20 Wochen

Parameter (Einheit)	Klaue	Einflußfaktoren				
		Vater	Monat	Geschlecht	Pigmentierung	Gewicht
Härte (Shore D)	vorne lateral	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.
	vorne medial	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten lateral	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten medial	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.
Dorsalwandlänge (mm)	vorne lateral	n.s.	***	n.s.	n.s.	***
	vorne medial	*	**	n.s.	n.s.	**
	hinten lateral	**	*	n.s.	n.s.	**
	hinten medial	n.s.	*	n.s.	n.s.	***
Trachtenlänge (mm)	vorne lateral	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
	vorne medial	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
	hinten lateral	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
	hinten medial	n.s.	**	n.s.	n.s.	*
Diagonalenlänge (mm)	vorne lateral	*	n.s.	n.s.	n.s.	***
	vorne medial	**	n.s.	n.s.	n.s.	***
	hinten lateral	*	n.s.	n.s.	n.s.	***
	hinten medial	**	n.s.	n.s.	n.s.	***
Dorsalwandwinkel (Grad)	vorne lateral	*	***	n.s.	n.s.	*
	vorne medial	n.s.	***	n.s.	n.s.	*
	hinten lateral	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten medial	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.

Der Meßmonat beeinflusst die Härte mit Ausnahme der lateralen Klaue der Vordergliedmaße, die Dorsalwandlänge, die Trachtenlänge hinten medial und die Winkelmessungen signifikant. Die Least-Square-Mittelwerte sind im Anhang in Tabelle 13 A dargestellt.

Die Pigmentierung hat nur auf die Härte der lateralen Klaue der Vordergliedmaße, das Geschlecht auf keinen der gemessenen Parameter einen signifikanten Einfluß.

Bis auf die Härte und den Winkel der Klauen der Hintergliedmaßen hat das Gewicht einen signifikanten Einfluß auf die Klauenmaße.

Der Aufenthalt in der Hütelhaltung oder im Stall wirkt sich auf die Härte, die Dorsalwandlänge, die Diagonalenlänge mit Ausnahme der lateralen Klaue der Vordergliedmaße und den Winkel der Klauen der Hintergliedmaßen signifikant aus (Tab. 24).

Tab. 24: Einfluß und Least-Square-Mittelwerte (LSM) mit Standardfehler (se) in Abhängigkeit von der Haltungsform beim Rhönschaf bei der 2. Messung im Alter von 18 – 20 Wochen

Parameter (Einheit)	Klaue	Stall		Weide		Einflußfaktor Haltungsform
		LSM	se	LSM	se	
Härte (Shore D)	vorne lateral	51,8	0,98	56,2	0,86	**
	vorne medial	51,6	1,10	55,3	0,96	*
	hinten lateral	51,5	1,04	55,9	0,90	**
	hinten medial	52,2	1,06	57,0	0,92	**
Dorsalwand- länge (mm)	vorne lateral	38,6	0,85	34,6	0,74	**
	vorne medial	39,8	0,87	34,0	0,76	***
	hinten lateral	38,8	0,93	33,3	0,81	***
	hinten medial	38,1	0,86	34,2	0,75	**
Trachtenlänge (mm)	vorne lateral	24,0	0,67	22,2	0,58	n.s.
	vorne medial	23,0	0,70	22,7	0,61	n.s.
	hinten lateral	20,8	0,51	21,5	0,44	n.s.
	hinten medial	20,9	0,53	20,3	0,46	n.s.
Diagonalen- länge (mm)	vorne lateral	60,1	1,01	57,7	0,88	n.s.
	vorne medial	61,1	1,03	57,4	0,90	*
	hinten lateral	58,4	0,98	54,6	0,86	*
	hinten medial	56,7	0,92	52,8	0,81	**
Dorsalwand- winkel (Grad)	vorne lateral	50,4	1,14	53,1	0,99	n.s.
	vorne medial	50,4	1,14	53,0	0,99	n.s.
	hinten lateral	44,0	0,84	48,0	0,74	**
	hinten medial	44,0	0,84	48,0	0,74	**

Die in der Hüttehaltung auf der Weide gehaltenen Tiere haben härtere, kürzere Klauen mit steileren Winkeln (Abb. 20).

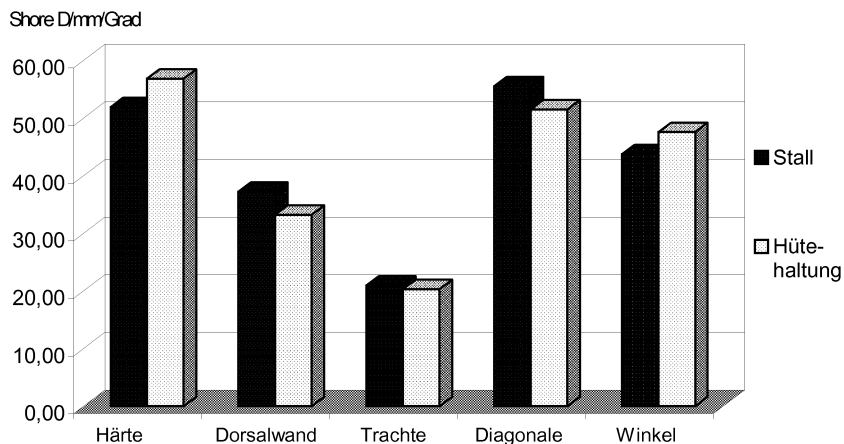


Abb. 20: Einfluß der Haltungsform auf die Klauenmaße beim Rhönschaf (Least-Square-Mittelwerte)

3. Messung im Alter von 51 – 55 Wochen

Bei der 3. Messung befinden sich alle Tiere im Stall, es sind nur noch weibliche Tiere in der Herde.

Der Vatoreinfluß ist für die Dorsalwandlänge und die Diagonalenlänge mit Ausnahme der medialen Klaue der Vordergliedmaße signifikant (Tab. 25). Die Nachkommen von Vater 1 haben überwiegend die kürzesten Klauen, während die Nachkommen von Vater 4 die längsten Klauen haben (Anhang Tab. 14A).

Tab. 25: Einflüsse auf die Klauenmaße der Rhönschafe bei der 3. Messung im Alter von 51 – 55 Wochen

Parameter (Einheit)	Klaue	Einflußfaktoren			
		Vater	Pigmentierung	Gewicht	Alter
Härte (Shore D)	vorne lateral	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	vorne medial	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten lateral	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten medial	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Dorsalwandlänge (mm)	vorne lateral	***	n.s.	n.s.	*
	vorne medial	**	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten lateral	*	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten medial	**	n.s.	**	*
Trachtenlänge (mm)	vorne lateral	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	vorne medial	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten lateral	n.s.	n.s.	*	n.s.
	hinten medial	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Diagonalenlänge (mm)	vorne lateral	*	n.s.	n.s.	n.s.
	vorne medial	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten lateral	**	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten medial	**	n.s.	**	*
Dorsalwandwinkel (Grad)	vorne lateral	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	vorne medial	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten lateral	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten medial	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Die Pigmentierung beeinflusst keinen Wert signifikant (Anhang Tab. 15A).

Das Gewicht beeinflusst nur die Dorsalwandlänge der medialen Klaue der Hintergliedmaße, die Trachtenlänge hinten lateral und die Diagonalenlänge der medialen Klaue der Hintergliedmaße signifikant. Das Alter beeinflusst nur die Dorsalwandlänge der lateralen Klaue der Vordergliedmaße und der medialen Klaue der Hintergliedmaße und die Diagonalenlänge der medialen Klaue der Hintergliedmaße signifikant.

4.3.2 Einflußfaktoren auf die Klauenhornparameter

4.3.2.1 Einfluß der Rasse und sonstiger Faktoren

Die Einflüsse und Least-Square-Mittelwerte der histologischen Klauenhornparameter sowie des Wassergehalts und Wasseraufnahmevermögens bei beiden Rassen sind in Tabelle 26 aufgeführt (statistisches Modell siehe 3.5). Das Bestimmtheitsmaß liegt zwischen 3 % und 11 % (Anhang Tab. 16A)

Tab. 26: Einflüsse und Least-Square-Mittelwerte (LSM) mit Standardfehlern (se) der Klauenhornparameter über beide Rassen

Parameter (Einheit)	Klaue	Merino- landschaf		Rhönschaf		Einflußfaktoren		
		LSM	se	LSM	se	Rasse	Ge- schl.	Ge- wicht
Anzahl Hornröhrchen (N/mm ²)	vorne lateral	59,1	1,37	58,5	1,82	n.s.	n.s.	***
	hinten medial	58,8	1,55	55,4	2,06	n.s.	n.s.	***
Einzelröhrchenfläche (10 ⁻³ mm ²)	vorne lateral	3,0	0,10	3,1	0,13	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten medial	2,8	0,09	3,1	0,12	n.s.	*	n.s.
Gesamtröhrchenfläche (10 ⁻³ mm ²)	vorne lateral	173,7	5,44	179,0	7,22	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten medial	164,7	5,01	170,6	6,66	n.s.	n.s.	*
Wassergehalt (%)	vorne lateral	41,7	0,82	40,2	1,09	n.s.	n.s.	n.s.
	vorne medial	42,5	0,64	39,5	0,85	*	n.s.	n.s.
	hinten lateral	42,1	0,79	38,4	1,05	*	n.s.	n.s.
	hinten medial	40,5	0,78	37,9	1,03	n.s.	n.s.	n.s.
Wasseraufnahme- vermögen (%)	vorne lateral	45,7	0,73	44,1	0,96	n.s.	n.s.	n.s.
	vorne medial	46,3	0,58	43,8	0,78	*	n.s.	n.s.
	hinten lateral	45,9	0,66	43,2	0,88	*	n.s.	n.s.
	hinten medial	44,8	0,66	43,0	0,88	n.s.	n.s.	n.s.

Die Mittelwerte sind bei einem Gewicht von 44,4 kg dargestellt.

Die Rhönschafe weisen tendenziell weniger Röhrchen pro Flächeneinheit auf, die im Querschnitt eine größere Fläche besitzen. Insgesamt gesehen ist die Röhrchenfläche bei den Rhönschafen größer als bei den Merinolandschafen, allerdings nicht signifikant. Sie besitzen also tendenziell weniger Zwischenröhrchensubstanz als die Merinolandschafe. Signifikant ist der Rasseeinfluß beim Wassergehalt und beim Wasseraufnahmevermögen der medialen Klaue der Vordergliedmaße und der lateralen Klaue der Hintergliedmaße. Beim Wassergehalt und beim Wasseraufnahmevermögen zeigen Merinolandschafe zum Schlachtzeitpunkt durchweg höhere Werte als Rhönschafe. Das Geschlecht hat nur auf die Röhrchenfläche der medialen Hintergliedmaße einen signifikanten Einfluß (Anhang Tab. 17A). Das Gewicht hat einen signifikanten Einfluß auf die Anzahl der Röhrchen pro Flächeneinheit und auf die Gesamtröhrchenfläche der medialen Klaue der Hintergliedmaße, wobei mit zunehmendem Gewicht die Zahl der Hornröhrchen abnimmt (Anhang Abb. 6A). Keinen signifikanten Einfluß hat das Alter der Tiere zum Schlachtzeitpunkt, das Bestimmtheitsmaß erhöht sich minimal bei Berücksichtigung des Alters.

4.3.2.2 Vatoreinfluß

Nach dem Einfluß der Rasse werden der Vatoreffekt und der saisonale Effekt des Schlachtmonats untersucht. Da beim Rassevergleich in mehreren Parametern signifikante Unterschiede gefunden wurden, werden die Rassen getrennt betrachtet. Die Untersuchung des Bestimmtheitsmaßes R^2 als Prozentsatz der durch das Modell erklärten Varianz zeigt Werte zwischen 10 und 41 % (Anhang Tab. 16A).

4.3.2.2.1 Merinolandschafe

Es zeigt sich ein signifikanter Vatoreinfluß für die Parameter Einzelröhrchenfläche hinten medial, Gesamtröhrchenfläche, Wasseraufnahmevermögen und Wassergehalt der lateralen Klaue der Hintergliedmaße (Tab. 27).

Tab. 27: Einflüsse auf Klauenhornparameter beim Merinolandschaf

Parameter (Einheit)	Klaue	Einflußfaktor				
		Vater	Monat	Geschl.	Gewicht	Alter
Anzahl Hornröhrchen (N/mm ²)	vorne lateral	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.
	hinten medial	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Einzelröhrchenfläche (10 ⁻³ mm ²)	vorne lateral	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten medial	**	*	n.s.	n.s.	*
Gesamtröhrchenfläche (10 ⁻³ mm ²)	vorne lateral	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten medial	**	n.s.	n.s.	n.s.	*
Wassergehalt (%)	vorne lateral	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	vorne medial	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten lateral	**	**	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten medial	*	n.s.	n.s.	*	n.s.
Wasseraufnahmevermögen (%)	vorne lateral	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	vorne medial	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten lateral	*	**	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten medial	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Die Nachkommen des Vaters 3 zeigen die höchsten Werte bei Wassergehalt und Wasseraufnahmevermögen (Anhang Tab. 18A).

Der Schlachtmonat wirkt sich auf die Einzelröhrchenfläche der medialen Hintergliedmaße und auf den Wassergehalt und das Wasseraufnahmevermögen der lateralen Hintergliedmaße signifikant aus. Beim Wassergehalt und Wasseraufnahmevermögen des Klauenhorns in Abhängigkeit vom Schlachtmonat zeigt sich tendenziell eine Abnahme der Werte von März bis Juni (Abb. 21). Der Wassergehalt bzw. das Wasseraufnahmevermögen des Horns ist im März mit Ausnahme der medialen Klaue der Vordergliedmaße am höchsten (Anhang Tab. 19A).

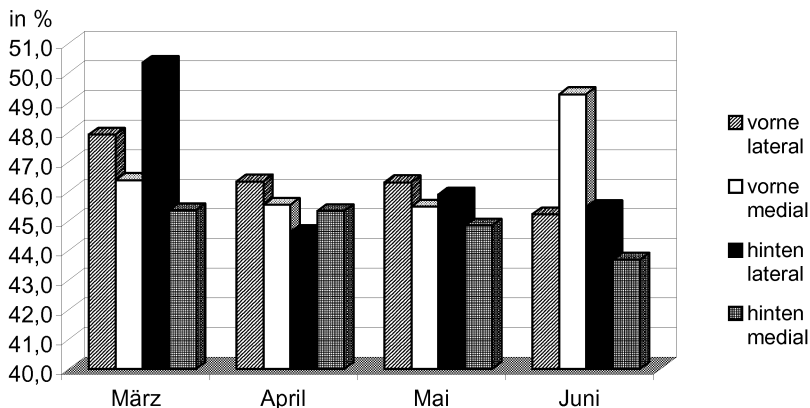


Abb. 21: Wasseraufnahmevermögen des Klauenhorns in Abhängigkeit vom Schlachtmonat beim Merinolandschaf (Least-Square-Mittelwerte)

Keinen signifikanten Einfluß übt das Geschlecht aus. Die Least-Square-Mittelwerte sind im Anhang in Tabelle 20A dargestellt. Das Gewicht und das Alter üben auf je 2 Parameter einen signifikanten Einfluß aus.

4.3.2.2.2 Rhönschafe

Die Einflußfaktoren auf die Klauenhornparameter beim Rhönschaf sind in Tabelle 28 dargestellt. Der Einfluß des Vaters beschränkt sich auf die Röhrchenfläche der medialen Hintergliedmaße, die Least-Square-Mittelwerte sind im Anhang in Tabelle 21A aufgeführt.

Tab. 28: Einflüsse auf Klauenhornparameter beim Rhönschaf

Parameter (Einheit)	Klaue	Einflußfaktor				
		Vater	Monat	Ge- schlecht	Pigmen- tierung	Gewicht
Anzahl Hornröhrchen (N/mm ²)	vorne lateral	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten medial	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
Einzelröhrchenfläche (10 ⁻³ mm ²)	vorne lateral	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten medial	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
Gesamtröhrchenfläche (10 ⁻³ mm ²)	vorne lateral	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten medial	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Wassergehalt (%)	vorne lateral	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	vorne medial	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten lateral	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten medial	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Wasseraufnahme- vermögen (%)	vorne lateral	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	vorne medial	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten lateral	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten medial	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Der Monat beeinflusst die Einzelröhrchenfläche, den Wassergehalt und das Wasseraufnahmevermögen der lateralen Hintergliedmaße signifikant. Im Juli zeigt das Klauenhorn durchschnittlich das höchste Wasseraufnahmevermögen und den höchsten Wassergehalt an allen untersuchten Klauen (Abb. 22 und Anhang Tab. 22A)

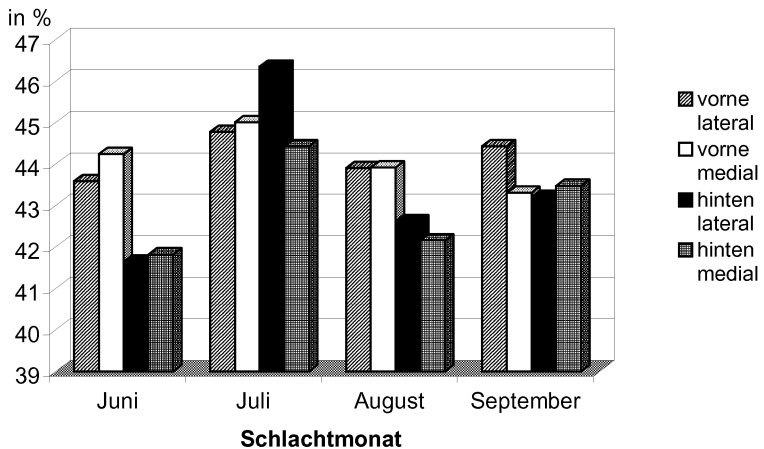


Abb. 22: Wasseraufnahmevermögen des Klauenhorns in Abhängigkeit vom Schlachtmonat beim Rhönschaf (Least-Square-Mittelwerte)

Bei den Rhönschafen haben das Geschlecht, die Pigmentierung und das Alter auf keinen der untersuchten Parameter einen Einfluß. Die Least-Square-Mittelwerte sind im Anhang in Tabelle 23A dargestellt.

4.4 Phänotypische und genetische Korrelationen

4.4.1 Phänotypische Korrelationen zwischen Klauenmaßen

4.4.1.1 Phänotypische Korrelationen von Messungen an verschiedenen Positionen

Bei jedem Tier wurden je 4 Klauen untersucht, und zwar die laterale und mediale Klaue der linken Vorder- und Hintergliedmaße. Den Zusammenhang zwischen den Messungen an den verschiedenen Positionen zeigt Tabelle 29. Die phänotypischen Korrelationen zwischen den Klauenmaßen an verschiedenen Positionen bewegen sich im mittleren bis hohen Bereich und sind zwischen allen Positionen höchstsignifikant von Null verschieden.

Tab. 29: Phänotypische Korrelationen zwischen Messungen an verschiedenen Positionen beim Merinoland- und beim Rhönschaf

Klaue		Härte	Dorsal- wandlänge	Trachten- länge	Diagona- lenlänge	Winkel
vorne lateral-	Merino	0,813	0,942	0,707	0,946	0,941
vorne medial	Rhön	0,847	0,929	0,745	0,922	0,995
hinten lateral-	Merino	0,817	0,915	0,665	0,926	0,947
hinten medial	Rhön	0,854	0,916	0,601	0,932	0,979
vorne lateral-	Merino	0,774	0,906	0,584	0,921	0,701
hinten lateral	Rhön	0,837	0,900	0,632	0,907	0,776
vorne medial -	Merino	0,778	0,923	0,635	0,910	0,755
hinten medial	Rhön	0,815	0,900	0,613	0,891	0,787
vorne lateral-	Merino	0,734	0,911	0,554	0,909	0,713
hinten medial	Rhön	0,811	0,895	0,621	0,899	0,776
vorne medial-	Merino	0,775	0,903	0,627	0,926	0,739
hinten lateral	Rhön	0,812	0,912	0,641	0,908	0,773

Die Unterschiede der Mittelwerte der Klauenmaße im t-Test zeigt Tabelle 30.

Bei der Härte beträgt die Korrelation zwischen den Positionen 0,734 – 0,854. An der Vordergliedmaße unterscheiden sich die Mittelwerte im t-Test zwischen medialer und lateraler Klaue bei beiden Rassen nicht signifikant.

Tab. 30: Unterschiede der Mittelwerte im t-Test zwischen Messungen an verschiedenen Positionen beim Merinoland- und beim Rhönschaf

Klaue		Härte	Dorsalwandlänge	Trachtenlänge	Diagonalenlänge	Winkel
vorne lateral-	Merino	n.s.	***	*	**	n.s.
vorne medial	Rhön	n.s.	***	**	n.s.	n.s.
hinten lateral-	Merino	***	***	n.s.	n.s.	***
hinten medial	Rhön	***	n.s.	**	***	***
vorne lateral-	Merino	**	***	***	***	***
hinten lateral	Rhön	n.s.	n.s.	***	***	***
vorne medial -	Merino	**	***	***	***	***
hinten medial	Rhön	***	n.s.	***	***	***
vorne lateral-	Merino	n.s.	***	***	***	***
hinten medial	Rhön	**	n.s.	***	***	***
vorne medial-	Merino	*	n.s.	***	***	***
hinten lateral	Rhön	n.s.	*	***	***	***

Die Korrelationen zwischen den Dorsalwandlängen liegen mit 0,895 – 0,942 sehr hoch. Die Unterschiede der Mittelwerte sind bei den Merinolandschaften sowohl an der Vordergliedmaße als auch an der Hintergliedmaße signifikant, bei den Rhönschaften nur an der Vordergliedmaße.

Die Trachtenwandlänge ist die kleinste gemessene Größe und zeigt mit 0,554 - 0,745 mittlere Korrelationen. Bei den Merinolandschaften unterscheiden sich die Mittelwerte der medialen und die lateralen Klaue der Hintergliedmaße im t-Test nicht signifikant, bei den Rhönschaften unterscheidet sich die Trachtenlänge in allen Positionen signifikant.

Die Diagonalenlänge zeigt die höchsten Korrelationen zwischen den Positionen mit 0,891 – 0,946. An den Hintergliedmaßen unterscheiden sich die Mittelwerte der Klauenmaße beim Merinolandschaft und an den Vordergliedmaßen beim Rhönschaf nicht signifikant.

Die Korrelationen zwischen den Winkeln betragen 0,701 – 0,995. Die Mittelwerte der Klauen der Vordergliedmaße unterscheiden sich nicht signifikant.

4.4.1.2 Phänotypische Korrelationen zwischen Meßparametern

Tabelle 31 und 32 zeigen Korrelationen zwischen den verschiedenen Meßparametern an einer Position. Die Spanne ergibt sich aus den Werten an den 4 Meßpositionen, der lateralen und medialen Klaue der Vorder- und Hintergliedmaße.

Tab. 31: Phänotypische Korrelationen zwischen Klauenmaßen an einer Position beim Merinolandschaf

	Härte	Dorsalwand- länge	Trachten- länge	Diagonalen- länge
Dorsalwand- länge	0,618 - 0,680			
Trachten- länge	0,408 - 0,521	0,634 - 0,712		
Diagonalen- länge	0,661 - 0,730	0,894 - 0,917	0,626 - 0,703	
Winkel	-0,314 – -0,392	-0,510 – -0,617	-0,226 – -0,356	-0,552 – -0,615

Tab. 32: Phänotypische Korrelationen zwischen Klauenmaßen an einer Position beim Rhönschaf

	Härte	Dorsalwand- länge	Trachten- länge	Diagonalen- länge
Dorsalwand- länge	0,494 - 0,606			
Trachten- länge	0,467 - 0,513	0,624 - 0,740		
Diagonalen- länge	0,588 - 0,622	0,873 - 0,901	0,627 - 0,727	
Winkel	-0,116 – -0,261	-0,547 – -0,625	-0,269 – -0,375	-0,522 – -0,559

Die Korrelationen sind alle auf höchstem Niveau signifikant, nur die Korrelation zwischen Winkel und Härte der Hintergliedmaße beim Rhönschaf zeigt an der medialen Klaue keine Signifikanz, an der lateralen Klaue nur einfache Signifikanz.

Die Korrelationen zwischen der Winkelgröße und den anderen Meßergebnissen ist durchweg negativ, das heißt mit kleinerer Winkelweite, also flacher werdenden Klauen, nehmen die Länge der Dorsalwand, der Trachte und der Diagonalen zu und die Klauenwand zeigt eine größere Härte.

Die Härte zeigt mit den anderen Klauenmaßen (außer dem Winkel) eine positive Korrelation mittlerer Höhe, das heißt, je härter die Klaue, desto länger die Maße (Abb. 23).

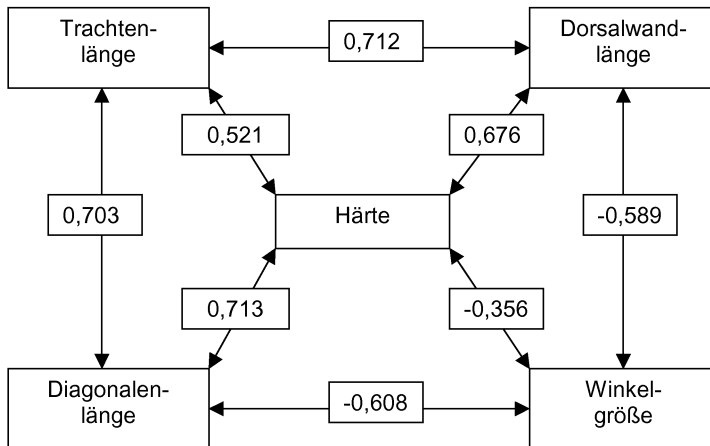


Abb. 23: Phänotypische Korrelationen zwischen den Messungen an der medialen Klaue der Vordergliedmaße (Merinolandschaf)

Die Winkelgröße ist mit den übrigen Maßen auf mittlerem Niveau negativ korreliert, je größer also der Winkel, desto kleiner die Längen und die Härte der Klaue.

4.4.1.3 Phänotypische Korrelationen zwischen Meßzeitpunkten

Die Messung der Klauenparameter erfolgte im Alter von ca. 8 Wochen, 16 Wochen und einem Jahr. Die phänotypischen Korrelationen zwischen den ersten beiden Messungen sind beim Merinolandschaf für die Dorsalwandlänge, Trachtenlänge und Diagonalenlänge signifikant auf mittlerem Niveau von Null verschieden. Zwischen der 1. und 3. Messung sind die Korrelationen deutlich geringer und nur noch für die Dorsalwandlänge signifikant für alle Klauen (Tab. 33)

Tab. 33: Phänotypische Korrelationen und Signifikanzen zwischen den Messungen beim Merinolandschaf

Parameter	Messung	1+2		2+3		1+3	
	Klaue	Korrel.	Sign.	Korrel.	Sign.	Korrel.	Sign.
Härte	vorne lateral	0,179	*	-0,196	n.s.	0,038	n.s.
	vorne medial	0,215	*	-0,052	n.s.	0,022	n.s.
	hinten lateral	-0,013	n.s.	0,119	n.s.	-0,305	n.s.
	hinten medial	0,248	**	0,248	n.s.	0,094	n.s.
Dorsalwandlänge	vorne lateral	0,477	***	0,423	**	0,454	**
	vorne medial	0,432	***	0,504	**	0,560	***
	hinten lateral	0,448	***	0,199	n.s.	0,391	*
	hinten medial	0,389	***	0,391	*	0,475	**
Trachtenlänge	vorne lateral	0,352	***	0,276	n.s.	0,240	n.s.
	vorne medial	0,304	***	0,345	*	0,151	n.s.
	hinten lateral	0,249	**	-0,170	n.s.	0,203	n.s.
	hinten medial	0,330	***	0,246	n.s.	0,409	*
Diagonalenlänge	vorne lateral	0,550	***	0,328	*	0,148	n.s.
	vorne medial	0,440	***	0,404	*	0,173	n.s.
	hinten lateral	0,590	***	0,298	n.s.	0,233	n.s.
	hinten medial	0,613	***	0,352	*	0,392	*
Dorsalwandwinkel	vorne lateral	0,157	n.s.	-0,362	*	-0,129	n.s.
	vorne medial	0,058	n.s.	-0,256	n.s.	0,109	n.s.
	hinten lateral	0,142	n.s.	-0,232	n.s.	0,274	n.s.
	hinten medial	0,033	n.s.	-0,318	n.s.	0,169	n.s.

Beim Rhönschaf sind die phänotypischen Korrelationen zwischen der 1. Messung im Alter von 8 – 10 Wochen und der 2. Messung im Alter von 18 – 20 Wochen für die Dorsalwandlänge und die Diagonalenlänge signifikant mit Werten zwischen 0,276 und 0,445. Wie bei den Merinolandschafen sind die Werte zwischen der 1. und 3. Messung im Alter von 51 – 55 Wochen deutlich niedriger (Tab. 34).

Tab. 34: Phänotypische Korrelationen und Signifikanzen zwischen den Messungen beim Rhönschaf

	Messung	1+2		2+3		1+3	
Parameter	Klaue	Korrel.	Sign.	Korrel.	Sign.	Korrel.	Sign.
Härte	vorne lateral	0,144	n.s.	0,058	n.s.	0,241	n.s.
	vorne medial	-0,002	n.s.	0,098	n.s.	0,074	n.s.
	hinten lateral	0,005	n.s.	0,183	n.s.	0,511	**
	hinten medial	-0,004	n.s.	0,087	n.s.	0,203	n.s.
Dorsalwandlänge	vorne lateral	0,391	***	0,283	n.s.	0,332	*
	vorne medial	0,389	***	0,397	*	0,330	*
	hinten lateral	0,356	***	0,333	*	0,156	n.s.
	hinten medial	0,363	***	0,457	**	0,273	n.s.
Trachtenwandlänge	vorne lateral	0,121	n.s.	0,267	n.s.	0,033	n.s.
	vorne medial	0,139	n.s.	-0,026	n.s.	0,178	n.s.
	hinten lateral	0,140	n.s.	0,443	**	0,367	*
	hinten medial	0,012	n.s.	0,147	n.s.	-0,117	n.s.
Diagonalenlänge	vorne lateral	0,445	***	0,358	*	0,168	n.s.
	vorne medial	0,379	***	0,456	**	0,134	n.s.
	hinten lateral	0,276	**	0,350	*	0,269	n.s.
	hinten medial	0,318	**	0,423	**	0,401	*
Dorsalwandwinkel	vorne lateral	0,240	*	0,317	n.s.	0,365	*
	vorne medial	0,262	**	0,364	*	0,384	*
	hinten lateral	0,097	n.s.	0,302	n.s.	0,128	n.s.
	hinten medial	0,121	n.s.	0,321	*	0,249	n.s.

4.4.2 Genetische Korrelationen zwischen Klauenmaßen

Zwischen den an einer Klaue gemessenen Parametern bestehen tendenziell mittlere genetische Korrelationen. Durch die relativ geringe Zahl an Nachkommengruppen wurden nicht alle Berechnungen vollständig konvergiert (n.k.). Wie bei den phänotypischen Korrelationen sind die Korrelationen zwischen Härte, Trachtenlänge, Diagonalenlänge und Dorsalwandlänge positiv, die Beziehung zum Winkel dagegen negativ (Tab. 35).

Tab. 35: Genetische Korrelationen zwischen den Klauenmaßen an einer Position, 1. Messung

Parameter	Klaue	Dorsal-wandlänge	Trachtenlänge	Diagonalenlänge	Winkel
Härte	vorne lateral	0,654	n.k.	0,400	- 0,531
	vorne medial	0,501	n.k.	- 0,209	- 0,347
	hinten lateral	n.k.	n.k.	0,104	0,039
	hinten medial	n.k.	n.k.	n.k.	- 0,664
Dorsal-wandlänge	vorne lateral		n.k.	n.k.	n.k.
	vorne medial		0,631	n.k.	n.k.
	hinten lateral		0,604	0,876	n.k.
	hinten medial		- 0,189	0,898	- 0,819
Trachtenlänge	vorne lateral			n.k.	n.k.
	vorne medial			n.k.	- 0,130
	hinten lateral			n.k.	0,069
	hinten medial			0,106	0,862
Diagonalenlänge	vorne lateral				n.k.
	vorne medial				n.k.
	hinten lateral				n.k.
	hinten medial				0,059

4.4.3 Phänotypische Korrelationen zwischen Klauenhornparametern

4.4.3.1 Histologische Parameter

4.4.3.1.1 Phänotypische Korrelationen zwischen Positionen

Die histologischen Parameter wurden an einer Klaue der Vordergliedmaße und an einer Klaue der Hintergliedmaße gemessen. Das Ergebnis der Korrelationen zwischen den Klauen und die Signifikanz der Korrelation zeigt Tabelle 36.

Tab. 36: Phänotypische Korrelationen und Signifikanzen der Klauenhornparameter zwischen den untersuchten Positionen an der Vorder- und Hintergliedmaße

	Merinolandschaf		Rhönschaf	
	Korrelation	Sign.	Korrelation	Sign.
Anzahl Hornröhrchen	0,637	***	0,746	***
Einzelröhrchen-fläche	0,476	***	0,550	***
Gesamtröhrchen-fläche	0,523	***	0,529	***

Die histologischen Parameter der Klauen der Vorder- und Hintergliedmaße sind auf höchstem Niveau korreliert und die Werte betragen zwischen 0,523 und 0,746. Die

Mittelwerte unterscheiden sich im t-Test in allen 3 Parametern beim Rhönschaf und in der Anzahl beim Merinolandschaf nicht signifikant (Anhang Tab. 24A).

4.4.3.1.2 Phänotypische Korrelationen zwischen Parametern

Die Beziehung zwischen den einzelnen histologischen Parametern Anzahl der Hornröhrchen pro Flächeneinheit, durchschnittliche Röhrchengröße und Gesamtröhrchenfläche pro Flächeneinheit und die entsprechenden Signifikanzen sind in den Tabellen 37 und 38 dargestellt.

Tab. 37: Phänotypische Korrelationen und Signifikanzen zwischen histologischen Parametern beim Merinolandschaf

Parameter	Klaue	Anzahl Hornröhrchen		Einzelröhrchenfläche		Gesamtröhrchenfläche
		vorne lateral	hinten medial	vorne lateral	hinten medial	vorne lateral
Anzahl Hornröhrchen	vorne lateral					
	hinten medial	0,637				

Einzelröhrchenfläche	vorne lateral	-0,490	-0,338			
		***	**			
	hinten medial	-0,183	-0,421	0,476		
		n.s.	***	***		
Gesamtröhrchenfläche	vorne lateral	0,367	0,190	0,604	0,359	
		***	n.s.	***	**	
	hinten medial	0,443	0,539	0,106	0,525	0,523
		***	***	n.s.	***	***

Tab. 38: Phänotypische Korrelationen und Signifikanzen zwischen histologischen Parametern beim Rhönschaf

Parameter	Klaue	Anzahl Hornröhrchen		Einzelröhrchenfläche		Gesamtröhrchenfläche
		vorne lateral	hinten medial	vorne lateral	hinten medial	vorne lateral
Anzahl Hornröhrchen	vorne lateral					
	hinten medial	0,746				

Einzelröhrchenfläche	vorne lateral	-0,305	-0,382			
		*	**			
	hinten medial	-0,229	-0,507	0,550		
		n.s.	***	***		
Gesamtröhrchenfläche	vorne lateral	0,359	0,116	0,770	0,375	
		**	n.s.	***	**	
	hinten medial	0,307	0,180	0,340	0,740	0,529
		*	n.s.	**	***	***

Die Anzahl der Klauenhornröhrchen ist mit der Größe der Röhrchenfläche der gleichen Klaue höchstsignifikant negativ mit $-0,421$ bzw. $-0,490$ beim Merinolandschaf und $-0,305$ bzw. $-0,507$ beim Rhönschaf korreliert. Das bedeutet, daß Klauen mit größeren Röhrchen weniger derselben besitzen. Da der Parameter Gesamt Röhrchenfläche aus den Parametern Anzahl und Durchmesser berechnet wird, ist er hoch korreliert.

4.4.3.2 Wassergehalt und Wasseraufnahmevermögen

4.4.3.2.1 Phänotypische Korrelationen zwischen Positionen

Die Korrelationen zwischen dem Wassergehalt bzw. dem Wasseraufnahmevermögen des Klauenhorns der verschiedenen untersuchten Klauen geben Tab. 39 und 40 wieder. Untersucht wurde das Klauenhorn von lateraler und medialer Klaue der rechten Vorder- und Hintergliedmaße.

Tab. 39: Phänotypische Korrelationen und Signifikanzen von Wassergehalt und Wasseraufnahmevermögen an verschiedenen Positionen beim Merinolandschaf

Klauen	Wassergehalt		Wasseraufnahmevermögen	
	Korrelation	Sign.	Korrelation	Sign.
Vorne lateral – vorne medial	0,274	*	0,248	*
Hinten lateral – hinten medial	0,377	***	0,219	*
Vorne lateral – hinten lateral	0,361	*	0,198	n.s.
Vorne medial – hinten medial	0,363	***	0,337	**
Vorne lateral – hinten medial	0,573	***	0,508	***
Vorne medial – hinten lateral	0,296	**	0,258	*

Beim Merinolandschaf sind alle Korrelationen beim Wassergehalt signifikant und zeigen Werte von $0,271$ - $0,573$. Signifikante Korrelationen findet man beim Wasseraufnahmevermögen zwischen den lateralen und medialen Klauen der Hinter- und Vordergliedmaße. Allerdings sind die Korrelationen mit $0,219$ und $0,248$ niedrig. Bis auf die lateralen Klauen bestehen auch zwischen den Klauen der Vorder- und Hintergliedmaße signifikante Korrelationen. Die Mittelwerte unterscheiden sich im t-

Test beim Wassergehalt und Wasseraufnahmevermögen zwischen den medialen Klauen signifikant (Anhang Tab. 24A).

Tab. 40: Phänotypische Korrelationen und Signifikanzen von Wassergehalt und Wasseraufnahmevermögen an verschiedenen Positionen beim Rhönschaf

Klauen	Wassergehalt		Wasseraufnahmevermögen	
	Korrelation	Sign.	Korrelation	Sign.
Vorne lateral – vorne medial	0,183	n.s.	0,074	n.s.
Hinten lateral – hinten medial	0,292	*	0,225	n.s.
Vorne lateral – hinten lateral	0,380	**	0,363	**
Vorne medial – hinten medial	0,223	n.s.	0,161	n.s.
Vorne lateral – hinten medial	0,365	**	0,265	*
Vorne medial – hinten lateral	0,154	n.s.	0,108	n.s.

Beim Rhönschaf findet man signifikante Korrelationen des Wassergehalts der beiden Klauen der Hintergliedmaße, zwischen lateralen Klauen der Vorder- und Hintergliedmaße und zwischen der lateralen Klaue der Vordergliedmaße und der medialen Klaue der Hintergliedmaße. Die Mittelwerte der medialen Klauen unterscheiden sich im t-Test signifikant (Anhang Tab. 24A). Beim Wasseraufnahmevermögen sind die beiden Klauen der Hintergliedmaße nicht signifikant korreliert.

4.4.3.2.2 Phänotypische Korrelationen zwischen Parametern

Die Korrelationen und Signifikanzen zwischen dem Wassergehalt und dem Wasseraufnahmevermögen des Klauenhorns sind in Tabelle 41 für die beiden untersuchten Rassen dargestellt.

Tab. 41: Phänotypische Korrelationen und Signifikanzen zwischen Wassergehalt und Wasseraufnahmevermögen bei Merinolandschaf und Rhönschaf

	Merinolandschaf				Rhönschaf			
	Wasseraufnahmevermögen				Wasseraufnahmevermögen			
Wassergehalt	vorne lateral	vorne medial	hinten lateral	hinten medial	vorne lateral	vorne medial	hinten lateral	hinten medial
vorne lateral	0,957 ***	0,179 n.s.	0,199 n.s.	0,502 ***	0,943 ***	0,129 n.s.	0,332 **	0,306 *
vorne medial	0,280 **	0,923 ***	0,274 **	0,416 ***	0,081 n.s.	0,934 ***	0,131 n.s.	0,125 n.s.
hinten lateral	0,310 **	0,194 n.s.	0,913 ***	0,273 *	0,358 **	0,082 n.s.	0,955 ***	0,206 n.s.
hinten medial	0,546 ***	0,235 *	0,264 *	0,926 ***	0,261 *	0,190 n.s.	0,241 *	0,928 ***

Zwischen dem Wassergehalt und dem Wasseraufnahmevermögen des Horns einer Klaue ergeben sich höchstsignifikante Korrelationen mit sehr hohen Werten (0,913 – 0,957).

4.4.3.3 Phänotypische Korrelationen zwischen histologischen Parametern und Wassergehalt bzw. Wasseraufnahmevermögen

Der Zusammenhang zwischen den histologischen Parametern, auf die das Klauenhorn untersucht wurde, und den physikalischen Eigenschaften Wassergehalt und Wasseraufnahmevermögen, wird in der Tabellen 42 für das Merinolandschaf und in Tabelle 43 für das Rhönschaf dargestellt.

Tab. 42: Phänotypische Korrelationen und Signifikanzen zwischen histologischen Parametern und Wassergehalt bzw. Wasseraufnahmevermögen beim Merinolandschaf

Parameter	Klaue	Wassergehalt				Wasseraufnahmevermögen			
		vorne lateral	vorne medial	hinten lateral	hinten medial	vorne lateral	vorne medial	hinten lateral	hinten medial
Anzahl Hornröhrchen	vorne lateral	-0,159 n.s.	0,038 n.s.	-0,019 n.s.	-0,066 n.s.	-0,185 n.s.	0,014 n.s.	0,015 n.s.	-0,071 n.s.
	hinten medial	0,079 n.s.	0,057 n.s.	-0,023 n.s.	0,067 n.s.	0,021 n.s.	0,037 n.s.	-0,010 n.s.	0,025 n.s.
	Einzelröhrchenfläche	0,132 n.s.	-0,037 n.s.	-0,002 n.s.	0,021 n.s.	0,206 n.s.	-0,040 n.s.	0,015 n.s.	0,036 n.s.
Gesamtröhrchenfläche	vorne lateral	-0,019 n.s.	-0,036 n.s.	-0,124 n.s.	-0,114 n.s.	0,053 n.s.	-0,022 n.s.	-0,077 n.s.	-0,046 n.s.
	hinten medial	0,045 n.s.	0,000 n.s.	-0,013 n.s.	0,008 n.s.	0,099 n.s.	-0,030 n.s.	0,022 n.s.	0,012 n.s.
	hinten medial	0,056 n.s.	0,017 n.s.	-0,121 n.s.	-0,043 n.s.	0,066 n.s.	0,009 n.s.	-0,074 n.s.	-0,027 n.s.

Es finden sich keine signifikanten Korrelation zwischen den histologischen Merkmalen und dem Wassergehalt oder Wasseraufnahmevermögen der Klauen.

Tab. 43: Phänotypische Korrelationen und Signifikanzen zwischen histologischen Parametern und Wassergehalt bzw. Wasseraufnahmevermögen beim Rhönschaf

Parameter	Klaue	Wassergehalt				Wasseraufnahmevermögen			
		vorne lateral	vorne medial	hinten lateral	hinten medial	vorne lateral	vorne medial	hinten lateral	hinten medial
Anzahl Hörnröhrchen	vorne lateral	0,252	0,059	0,162	0,156	0,263	0,036	0,093	0,127
	lateral	*	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten lateral	0,235	0,034	0,188	0,214	0,270	0,067	0,174	0,278
	medial	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	*
Einzelröhrchenfläche	vorne lateral	-0,269	0,101	-0,276	-0,070	-0,327	0,079	-0,299	-0,149
	lateral	*	n.s.	*	n.s.	**	n.s.	*	n.s.
	hinten lateral	-0,027	0,098	-0,246	-0,193	-0,129	-0,025	-0,295	-0,304
	medial	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	*	*
Gesamtröhrchenfläche	vorne lateral	-0,077	0,136	-0,145	0,003	-0,124	0,100	-0,212	-0,094
	lateral	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	hinten lateral	0,147	0,126	-0,113	-0,021	0,057	0,013	-0,180	-0,095
	medial	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Beim Rhönschaf ist die Anzahl der Röhrchen im histologischen Schnitt mit dem Wasseraufnahmevermögen positiv korreliert. Die Werte sind auch hier relativ niedrig und nur teilweise signifikant.

Die Korrelationen zwischen Röhrchenfläche und Wasseraufnahmevermögen sind negativ, signifikant nur zwischen der Röhrchenfläche der hinteren medialen Klaue und dem Wasseraufnahmevermögen beider Klauen der Hintergliedmaße, während die Röhrchenfläche der lateralen Klaue der Vordergliedmaße mit dem Wasseraufnahmevermögen der lateralen Klauen signifikant korreliert. Die Beziehung zum Wassergehalt verhält sich ähnlich.

4.4.4 Genetische Korrelationen zwischen Klauenhornparametern an einer Position

Die genetischen Korrelationen zwischen den Klauenhornparametern an der gleichen Klaue sind in Tabelle 44 dargestellt. Die Anzahl der Röhrchen ist hoch positiv korreliert mit der Röhrchenfläche und der Gesamtröhrchenfläche. Die Korrelation zum Wassergehalt und Wasseraufnahmevermögen ist negativ. Die Gesamtröhrchenfläche ist mit dem Wassergehalt und Wasseraufnahmevermögen negativ

korreliert, die Werte der Vordergliedmaße sind deutlich höher. Die Beziehung zwischen dem Wassergehalt und dem Wasseraufnahmevermögen des Klauenhorns ist positiv und sehr hoch.

Tab. 44: Genetische Korrelationen zwischen Klauenhornparametern an einer Position

Parameter		Einzelröhrchenfläche	Gesamtröhrchenfläche	Wassergehalt	Wasseraufnahmevermögen
Anzahl Hornröhrchen	vorne lateral	0,800	0,970	-0,029	-0,342
	hinten medial	n.k.	0,999	n.k.	n.k.
Einzelröhrchenfläche	vorne lateral		0,931	n.k.	-0,808
	hinten medial		n.k.	0,159	0,333
Gesamtröhrchenfläche	vorne lateral			-0,466	-0,581
	hinten medial			-0,030	0,027
Wassergehalt	vorne lateral				0,875
	vorne medial				0,733
	hinten lateral				0,915
	hinten medial				n.k.

4.4.5 Phänotypische Korrelationen zwischen Klauenmaßen und Klauenhornparametern

Ein Teil der Schafe, an denen Klauenmessungen erfolgten, wurde geschlachtet. Die Zusammenhänge zwischen den Klauenmaßen und den histologischen Parametern und dem Wassergehalt bzw. Wasseraufnahmevermögen der entsprechenden Klauen sind in den Tabellen 45 und 46 dargestellt.

Tab. 45: Phänotypische Korrelationen und Signifikanzen zwischen Klauenmaßen und Klauenhornparametern beim Merinolandschaf

Klaue	Hinten medial			
Parameter	Wasseraufnahmevermögen	Anzahl	Röhrchenfläche	Gesamtröhrchenfläche
Härte	-0,120	0,013	0,043	0,020
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Dorsalwandlänge	-0,025	-0,367	0,086	-0,311
	n.s.	**	n.s.	*
Trachtenlänge	-0,157	-0,325	0,187	-0,159
	n.s.	*	n.s.	n.s.
Diagonalenlänge	-0,258	-0,362	0,085	-0,296
	n.s.	*	n.s.	*
Winkel	-0,039	0,155	0,052	0,207
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Beim Merinolandschaf ergeben sich an der Vorderklaue signifikante Korrelationen von 0,292 zwischen der Röhrchengesamtfläche und dem Vorderwandwinkel. An der Hinterklaue sind die Anzahl der Röhrchen mit der Dorsalwandlänge, der Trachtenwandlänge und der Diagonalenlänge signifikant negativ korreliert mit -0,325 bis -0,367. Auch zwischen der Gesamtröhrchenfläche und der Dorsalwand- und Diagonalenlänge bestehen negative Korrelationen. Zum Wasseraufnahmevermögen und zum Wassergehalt sind keine signifikanten Korrelationen festzustellen.

Tab. 46: Phänotypische Korrelationen und Signifikanzen zwischen Klauenmaßen und Klauenhornparametern beim Rhönschaf

Klaue Parameter	Vorne lateral			
	Wasseraufnahmevermögen	Anzahl	Röhrchenfläche	Gesamtröhrchenfläche
Härte	0,010	0,083	0,320	0,370
	n.s.	n.s.	*	**
Dorsalwandlänge	-0,144	0,085	0,042	0,104
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Trachtenlänge	-0,040	0,119	-0,046	0,018
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Diagonalenlänge	-0,214	0,039	0,168	0,208
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Winkel	0,205	-0,040	0,013	-0,022
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Bei den Rhönschafklämmern finden sich an der Vordergliedmaße signifikante Korrelationen zwischen der Härte und der durchschnittlichen Röhrchenfläche und der Gesamtröhrchenfläche, welche positiv sind und 0,320 bzw. 0,370 betragen. An der Hintergliedmaße sind die Beziehungen nicht signifikant, tendenziell aber gleich gerichtet wie an der Vordergliedmaße.

4.4.6 Genetische Korrelationen zwischen Klauenmaßen und Klauenhornparametern

Ein Teil der Schafe wurde nach der 2. Messung geschlachtet und das Klauenhorn weiter untersucht. Die genetischen Korrelationen zwischen den Klauenmaßen und den Klauenhornparametern sind in Tabelle 47 dargestellt.

Tab. 47: Genetische Korrelationen zwischen Klauenmaßen und Klauenhornparametern

Parameter		Anzahl	Röhrchen- fläche	Gesamt- röhrchen- fläche	Wasser- gehalt	Wasserauf- nahme- vermögen
Härte	vorne lateral	n.k.	n.k.	n.k.	n.k.	n.k.
	hinten medial	n.k.	n.k.	n.k.	n.k.	n.k.
Dorsal- wandlänge	vorne lateral	-0,837	n.k.	-0,893	n.k.	n.k.
	hinten medial	n.k.	n.k.	n.k.	n.k.	n.k.
Trach- tenlänge	vorne lateral	n.k.	n.k.	n.k.	n.k.	n.k.
	hinten medial	n.k.	n.k.	n.k.	n.k.	n.k.
Diago- nalenlänge	vorne lateral	0,445	0,055	0,129	n.k.	n.k.
	hinten medial	n.k.	0,583	0,692	0,200	0,613
Winkel	vorne lateral	-0,282	0,237	0,086	-0,190	-0,417
	hinten medial	n.k.	-0,128	-0,299	-0,149	-0,486

Die Diagonalenlänge zeigt eine positive Korrelation mit der Röhrchenfläche und der Gesamttröhrchenfläche. Sie ist für die Hintergliedmaße deutlicher ausgeprägt. Die Beziehung zum Wasseraufnahmevermögen bzw. Wassergehalt ist ebenfalls positiv.

Die Korrelation zwischen Winkel und Wassergehalt bzw. Wasseraufnahmevermögen ist negativ, die Werte für das Wasseraufnahmevermögen sind deutlich höher.

4.5 Heritabilitätsschätzung

4.5.1 Heritabilitätsschätzung für die Klauenmaße

Die Ergebnisse für die Heritabilitätsschätzung liegen bei der 1. Messung im Alter von 8 Wochen für die Parameter Trachtenlänge und Härte im niedrigen Bereich mit 0,087 bis 0,326, für die Dorsalwandlänge, Diagonalenlänge und Winkelweite im niedrigen bis mittleren Bereich (Tab. 48).

Tab. 48: Heritabilitätsschätzung (h^2) und Standardabweichungen (s) für die Klauenmaße

Parameter	Klaue	Messung 1		Messung 2	
		h^2	s	h^2	s
Härte	vorne lateral	0,326	0,076	0,020	0,023
	vorne medial	0,176	0,025	0,020	0,018
	hinten lateral	0,113	0,040	0,178	0,027
	hinten medial	0,095	0,036	0,012	0,012
Dorsalwand-länge	vorne lateral	0,979	0,029	0,052	0,029
	vorne medial	0,435	0,156	0,151	0,022
	hinten lateral	0,364	0,037	0,255	0,036
	hinten medial	0,259	0,059	0,047	0,046
Trachtenwand-länge	vorne lateral	0,066	0,123	0,022	0,024
	vorne medial	0,536	0,252	0,339	0,055
	hinten lateral	0,087	0,018	0,034	0,022
	hinten medial	0,186	0,100	0,014	0,012
Diagonalen-länge	vorne lateral	0,277	0,053	0,159	0,025
	vorne medial	0,105	0,031	0,306	0,029
	hinten lateral	0,318	0,057	0,099	0,019
	hinten medial	0,314	0,143	0,174	0,026
Dorsalwand-winkel	vorne lateral	0,372	0,029	0,561	0,042
	vorne medial	0,387	0,036	0,445	0,039
	hinten lateral	0,352	0,035	0,288	0,026
	hinten medial	0,289	0,041	0,202	0,015

Die Ergebnisse für die verschiedenen Klauen unterscheiden sich deutlich. Die Klauen der Vordergliedmaße zeigen überwiegend höhere Werte als die der Hintergliedmaße. Bei der 2. Messung im Alter von 16 – 20 Wochen liegen die Werte für die Heritabilitätsschätzung überwiegend deutlich unterhalb der Ergebnisse für die selben Parameter bei der 1. Messung im Alter von 8 – 10 Wochen. Auch hier unterscheiden sich die Werte zwischen den Klauen und zwischen den Gliedmaßen deutlich. Bis auf die Härte sind die Werte der Klauen der Vordergliedmaße höher als die der Hintergliedmaße.

4.5.2 Heritabilitätsschätzung für die Klauenhornparameter

Die Ergebnisse der Heritabilitätsschätzung für die Klauenhornparameter über beide Rassen sind in Tabelle 49 aufgeführt.

Tab. 49: Heritabilitätsschätzung (h^2) und Standardabweichungen (s) für die Klauenhornparameter

Parameter	Klaue	h^2	s
Anzahl Hornröhrchen	vorne lateral	0,245	0,017
	hinten medial	0,012	0,011
Einzelröhrchenfläche	vorne lateral	0,354	0,029
	hinten medial	0,623	0,022
Gesamtröhrchenfläche	vorne lateral	0,816	0,030
	hinten medial	0,781	0,014
Wassergehalt	vorne lateral	0,128	0,019
	vorne medial	0,065	0,037
	hinten lateral	0,133	0,022
	hinten medial	0,287	0,012
Wasseraufnahme- vermögen	vorne lateral	0,129	0,013
	vorne medial	0,085	0,026
	hinten lateral	0,139	0,018
	hinten medial	0,096	0,031

Die Heritabilitätsschätzwerte für die histologischen Parameter zeigen für die Gesamtröhrchenfläche hohe Werte von 0,816 für die Vordergliedmaße bzw. 0,781 für die Hintergliedmaße. Die Werte für den Wassergehalt und das Wasseraufnahmevermögen liegen im niedrigen Bereich mit einem Höchstwert von 0,287 für den Wassergehalt der medialen Klaue der Hintergliedmaße.

4.6 Lösliche Proteine

Im Vergleich zur Literatur wurden für die Darstellung der löslichen Proteine beim Schaf mittels isoelektrischer Fokussierung Modifikationen vorgenommen. Die Verwendung von Triton 1 % (LATZEL, 1988) zur Lösung der Proteine ergab keine Verbesserung im Vergleich zur Lösung in destilliertem Wasser, weshalb die Proteine mit destilliertem Wasser gelöst wurden. Die Untersuchung der löslichen Proteine ergab mit der Silberfärbung eine wesentlich größere Anzahl an Banden als eine Färbung mit Coomassieblau durch die größere Sensibilität der Silberfärbung, die daraufhin verwendet wurde. Die Bestimmung des Eiweißgehaltes im Überstand von Stichproben ergab eine Konzentration von 1,1 – 2,0 g/l.

4.6.1 Nomenklatur und Häufigkeit der löslichen Proteine

Bei der Darstellung der löslichen Proteine mittels isoelektrischer Fokussierung treten Banden mit einem pI von 3,00 bis 6,50 auf (Abb. 24). Sie werden A bis Z benannt, wobei die Numerierung anodenseitig beginnt. Die Banden weisen eine unterschiedliche Intensität auf. Es werden im Folgenden 5 Banden näher betrachtet, die eine eindeutige Identifizierung aufgrund ihrer Intensität erlauben und die nicht in allen Proben vorhanden sind. Das Protein A hat einen pI zwischen 3,00 und 4,45, das Protein F von 4,45, das Protein J liegt zwischen pI 4,65 und 5,10 und die Proteine U und V liegt zwischen pI 6,00 und 6,50.

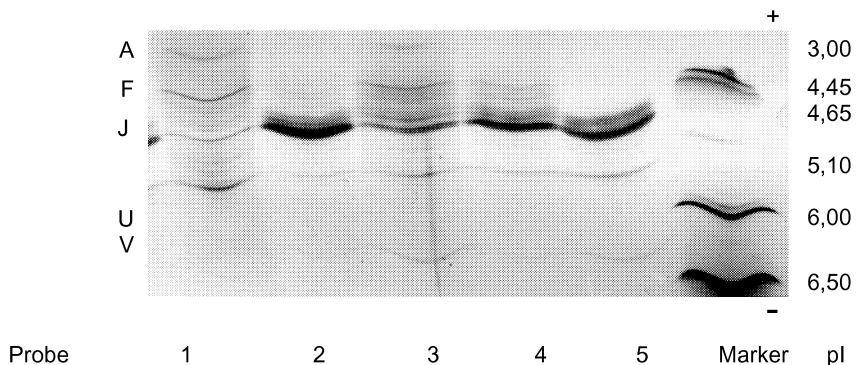


Abb. 24: Lösliche Proteine und Marker im IEF – Gel, Silberfärbung

Die prozentuale Häufigkeit im Auftreten der ausgewählten Proteine ist in Tabelle 50 dargestellt. Das am häufigsten auftretende Protein ist das Protein J, das in 80 % der untersuchten Proben vorkommt. Die Proteine U und V treten häufig in Kombination auf und kommen nur in 10 % der Proben vor.

Tab. 50: Relative Häufigkeit im Auftreten ausgewählter löslicher Proteine

	Protein A	Protein F	Protein J	Protein U	Protein V
Häufigkeit (%)	41,4	66,2	79,6	10,2	10,2

4.6.2 Einflußfaktoren auf die Häufigkeit der löslichen Proteine

Unterschiede in der Häufigkeit des Auftretens der löslichen Proteine wurden mit dem Chi² - Test (χ^2) untersucht. Dabei wurden die Rasse, der Schlachtmonat, die Nachkommengruppe, das Geschlecht und die Pigmentierung getestet.

Zwischen den beiden Rassen ergeben sich keine signifikanten Unterschiede in der Häufigkeit des Auftretens der ausgewählten Proteine. Die Proteine F und J kommen bei den Rhönschafen öfter vor als bei den Merinolandschafen (Tab. 51).

Tab. 51: Relative Häufigkeit im Auftreten der löslichen Proteine bei Merinoland- und Rhönschafen (in %)

Rasse	Protein A	Protein F	Protein J	Protein U	Protein V
Merinolandschaf	46,1	65,2	77,5	12,4	11,2
Rhönschaf	35,3	67,6	82,4	7,4	8,8
χ^2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Der Wassergehalt des Klauenhorns zeigt eine Abhängigkeit vom Schlachtmonat. Deshalb wurde der Einfluß des Schlachtmonats auf die relative Häufigkeit der löslichen Proteine untersucht (Tab. 52).

Tab. 52: Relative Häufigkeit im Auftreten der löslichen Proteine in Abhängigkeit vom Schlachtmonat (in %)

Monat	Protein A	Protein F	Protein J	Protein U	Protein V
Merinolandschaf:					
März	0,0	12,5	75,0	0,0	0,0
April	27,3	45,5	63,6	9,1	9,1
Mai	58,3	73,3	78,3	10,0	11,7
Juni	30,0	80,0	90,0	40,0	20,0
χ^2	**	**	n.s.	*	n.s.
Rhönschaf:					
Juni	26,7	60,0	80,0	0,0	0,0
Juli	18,2	72,7	86,4	9,1	13,6
August	68,4	84,2	89,5	10,5	10,5
September	25,0	41,7	66,7	8,3	8,3
χ^2	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Dabei zeigt sich für die Proteine A, F und U ein signifikanter Unterschied bei den Merinolandschafen, wobei die relativen Häufigkeiten an löslichen Proteinen tendenziell von März bis Juni zunehmen (Abb. 25). Beim Rhönschaf sind im Juli und August die höchsten relativen Häufigkeiten zu vermerken, wobei die Unterschiede für das Protein A signifikant sind.

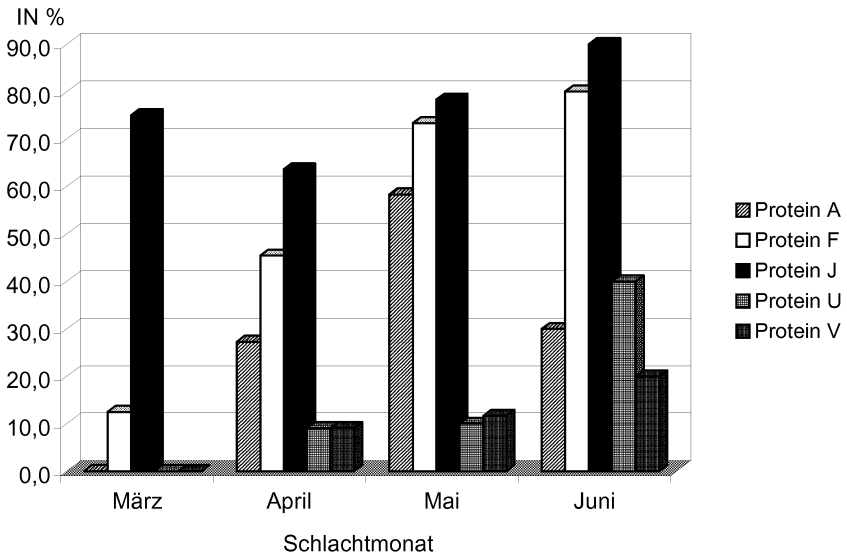


Abb. 25: Relative Häufigkeit der löslichen Proteine in Abhängigkeit vom Schlachtmonat beim Merinolandschaf

Die relative Häufigkeit im Auftreten der löslichen Proteine in den einzelnen Nachkommengruppen zeigt Tabelle 53.

Tab. 53: Relative Häufigkeit im Auftreten der löslichen Proteine in Abhängigkeit vom Vater (in %)

Vater	Protein A	Protein F	Protein J	Protein U	Protein V
Merinolandschafe					
1	34,5	44,8	65,5	6,9	3,4
2	70,0	85,0	80,0	0,0	15,0
3	50,0	80,0	80,0	20,0	20,0
4	42,1	68,4	78,9	26,3	21,1
5	36,4	63,6	100,0	18,2	0,0
χ^2	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
Rhönschafe					
1	46,2	84,6	92,3	15,4	15,4
2	40,0	65,0	75,0	10,0	15,0
3	20,0	10,0	60,0	0,0	0,0
4	35,7	71,4	92,9	0,0	0,0
5	27,3	100,0	90,9	9,1	9,1
χ^2	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.

Für das Protein F bestehen höchstsignifikante Unterschiede zwischen den Nachkommengruppen, wobei alle Nachkommen des Rhönschafbocks 5 dieses Protein aufweisen.

In Abhängigkeit vom Geschlecht zeigen männliche Rhönschafe signifikant höhere Werte des Proteins F, weibliche Tiere zeigen tendenziell öfter die Proteine U und V (Tab. 54).

Tab. 54: Relative Häufigkeit im Auftreten der löslichen Proteine in Abhängigkeit vom Geschlecht (in %)

Geschlecht	Protein A	Protein F	Protein J	Protein U	Protein V
Merinolandschaf:					
männlich	48,1	67,1	75,9	10,1	10,1
weiblich	30,0	50,0	90,0	30,0	20,0
χ^2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Rhönschaf:					
männlich	37,9	72,4	82,8	6,9	8,6
weiblich	20,0	40,0	80,0	10,0	10,0
χ^2	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.

Die Pigmentierung des Klauenhorns der Rhönschafe hat keinen signifikanten Einfluß auf die Häufigkeit der löslichen Proteine (Tab. 55).

Tab. 55: Relative Häufigkeit im Auftreten der löslichen Proteine in Abhängigkeit von der Pigmentierung des Klauenhorns (in %) beim Rhönschaf

Pigment	Protein A	Protein F	Protein J	Protein U	Protein V
nein	32,5	70,0	80,0	7,5	7,5
ja	39,3	64,3	85,7	7,1	10,7
χ^2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Die Proteine A, J und V haben im pigmentierten Horn eine tendenziell höhere relative Häufigkeit.

5 DISKUSSION

Klauenerkrankungen beim Schaf sind ein erhebliches wirtschaftliches Problem. Die Moderhinke ist neben den Innenparasiten die verbreitetste Erkrankung in der Schafhaltung (SCHLOLAUT, 1996). Ihre Bekämpfung ist zeitaufwendig, teuer und auch aus tierschutzrechtlichen Gründen notwendig.

Die Verbesserung der Klauengesundheit kann über verschiedene Ansatzpunkte erreicht werden. Die Zucht auf Resistenzen gegen spezielle Erkrankungen ist ein Ansatz, der zum Beispiel in Australien bezüglich Moderhinke versucht wird (O'MEARA und RAADSMA, 1995). Auch im Rinderbereich gibt es Untersuchungen über die Heritabilität von Klauenerkrankungen wie Sohlenquetschungen oder Ballenhornfäule (BOELLING und JENSEN, 1998). Der Nachteil dieses Ansatzes ist, daß hierbei nur auf bestimmte Krankheiten untersucht wird, und das Verfahren zeit- und kostenaufwendig ist (BAUMGARTNER, 1988).

Der andere Ansatzpunkt ist die Auswahl der Tiere über bestimmte Indikatoren, die mit der Krankheit bzw. Gesundheit korreliert sind. Im Falle von Klauenerkrankungen geht man davon aus, daß bestimmte Klauenhorneigenschaften prädisponierend für eine Erkrankung der Klaue sind. Hinweise darauf bieten zahlreiche Untersuchungen beim Rind (REURINK und VAN ARENDONK, 1987; CHOI und McDANIEL, 1993; DISTL, 1998). Um auf züchterischem Wege Einfluß auf die Klauengesundheit über Indikatoren zu nehmen, müssen verschiedene Voraussetzungen erfüllt sein. Es müssen ausreichend hohe Korrelationen zwischen der Klauenerkrankung und den Indikatormerkmalen, zum Beispiel morphologischen Parametern, bestehen. Die Parameter müssen eine genügend hohe genetisch bedingte Varianz aufweisen, um eine züchterische Veränderung zu erlauben. Nicht zuletzt müssen diese Parameter einfach zu erfassen sein (zeitlicher, finanzieller und personeller Aufwand) und eine gute Wiederholbarkeit bzw. Meßgenauigkeit besitzen (BAUMGARTNER, 1988). Für das Rind wurden entsprechende Parameter untersucht, und geeignete Parameter werden auf Prüfstationen an Jungbullen erfaßt (DISTL, 1998).

Die beim Rind eingesetzten Klauenparameter wurden zunächst auf ihre Eignung beim Schaf überprüft. Die erhobenen Parameter Klauenhärte, Dorsalwandlänge, Trachtenlänge, Diagonalenlänge und Dorsalwandwinkel waren technisch einfach zu

erfassen. Bei der Messung der Härte muß auf eine ebene, möglichst kotfreie Klauenhornfläche geachtet werden. Die umgesetzten Schafe zeigten kaum Abwehrreaktionen, so daß die Parameter mit zwei Personen (einem Halter und einer Meßperson) ohne Verletzungsgefahr einfach erfaßt werden konnten. Die im Vorversuch erhobene Meßgenauigkeit war für alle gemessenen Parameter sehr hoch (Wiederholbarkeit von 0,67 bis 0,91) und entsprach den von HUBER (1983) beim Rind erzielten hohen Werten. Eine Ausnahme bildete dabei die Trachtenlänge, die nur eine mittlere Meßgenauigkeit zeigte. Die Trachtenlänge war der zahlenmäßig kleinste erfaßte Wert und zeigte deshalb den größten Meßfehler. Die Ansatzpunkte für die Messungen entsprachen bis auf die Härte denen beim Rind. Die Härte kann beim Schaf nicht auf dem Klauenrücken gemessen werden, da dieser schmaler ist als beim Rind und damit die Auflagefläche für das Härtemeßgerät zu klein ist. Ein korrektes Ansetzen des Härtemeßgerätes ist beim Schaf nur an der Seitenwand möglich.

Neben den morphologischen Klaueneigenschaften wurden auch histologische, physikalische und biochemische Eigenschaften des Klauenhorns untersucht. Bei der Auftrennung der löslichen Proteine mittels isoelektrischer Fokussierung (IEF) stellten sich 26 Banden mit einem pI zwischen 3,0 und 6,5 dar, die A bis Z benannt wurden. Diese Banden liegen im gleichen pI-Bereich wie die von LATZEL (1988) gefundenen löslichen Proteine. Sie findet 4 Hauptproteine mit einem pI von 4 – 5,6 und 4 Nebenproteine mit einem pI von 3,5 – 5,9. Sie unterscheidet mit der Coomassieblaufärbung nur 8 Proteine, die sensiblere Silberfärbung ermöglichte eine Darstellung von wesentlich mehr Banden. Die Proteinkonzentration im Überstand war sowohl bei LATZEL (1988) mit 0,5 – 10 g/l als auch bei der vorliegenden Untersuchung mit 1,1 – 2,0 g/l gering. Durch eine Erhöhung der Proteinkonzentration und stärkere Spreizung des pI-Bereiches könnten noch weitere lösliche Proteine dargestellt werden, wie dies ERHARDT (1989) für das k-Kasein der Rindermilch aufgezeigt hat. In weiteren Untersuchungen kann die Aminosäuresequenz der in der IEF aufgetrennten Proteine analysiert werden (AEBERSOLD et al., 1987). Beim Auftreten von Sequenzunterschieden können diese anhand von Familienmaterial genetisch abgeklärt (ERHARDT, 1989) und mittels Assoziationsstudien auf ihre physiologische Bedeutung überprüft werden.

Die Erfassung der Klauenmaße erfolgte in 3 verschiedenen Altersstufen, um die Veränderungen der Klauen beschreiben zu können und den geeigneten Untersuchungszeitpunkt zu bestimmen, wobei der Faktor Gewicht neben dem altersbedingten Wachstum der Klaue die größer werdende Belastung berücksichtigt (HUBER, 1983). Das Gewicht hatte mit Ausnahme des Winkels auf die meisten gemessenen Parameter zu den verschiedenen Meßzeitpunkten einen höchstsignifikanten Einfluß. Bis zu einem gewissen Zeitpunkt wächst die Klaue mit zunehmendem Alter, danach kommt es bei ungenügendem Abrieb des Klauenhorns ohne regelmäßige Klauenpflege zu einem Umbiegen des Tragrands unter die Hornsohle (NICKEL et al., 1996). Bei den untersuchten Merinolandschafen lag das Maximum der Klauengröße bei einem durchschnittlichen Gewicht von 80 kg, was dem rassespezifischen Endgewicht der weiblichen Schafe im Alter von ca. 1 Jahr entspricht. Der Klauenwinkel nahm bis zu diesem Zeitpunkt um ca. 15 ° ab, die Klaue wurde also flacher.

Das Gewicht hatte einen signifikanten Einfluß auf die Anzahl der Hornröhrchen bei beiden Rassen, wobei mit zunehmendem Gewicht die Zahl der Röhrchen pro Flächeneinheit abnahm. Auch WALZ (1979) fand einen Einfluß des Gewichts auf die Hornröhrchenzahl beim Rind mit negativer Korrelation. Geht man von einer genetisch fixierten Anzahl von Hornröhrchen aus, so rücken diese folglich mit zunehmender Hornfläche bzw. -dicke auseinander, ihre Anzahl pro mm² nimmt also mit zunehmendem Gewicht ab (LEOPOLD, 1978).

Die Klauenmaße wurden an jeweils 4 Klauen, nämlich der medialen und lateralen Klaue der linken Vorder- und Hintergliedmaße, erfaßt. Dabei ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den Klauen der Vorder- und Hintergliedmaße in den Parametern Trachtenlänge, Diagonalenlänge und Dorsalwandwinkel bei beiden Rassen und in allen Altersstufen, wobei die Unterschiede mit zunehmendem Gewicht durch die größere Belastung deutlicher wurden. Die Klauen der Vordergliedmaße waren länger und hatten einen größeren Winkel als die der Hintergliedmaße. Dieselben Tendenzen zeigten auch Mutterschafe (RIEGER et al., 1984b) und Jungkühe (DISTL, 1996). Beim Rind liegen 60 % des Gewichts auf den Vordergliedmaßen, die dadurch stärker belastet werden und einen stärkeren Abrieb und eine bessere Klauenform mit steilerem Winkel und höherer Trachte zeigen als die Hintergliedmaßen (KEHLER, 1998). Während RIEGER et al. (1984b) keine

Unterschiede der Winkel bei 3 Tage alten Lämmern fanden, zeigten die 8 Wochen alten Lämmer dieser Untersuchung bereits signifikante Unterschiede der Winkel. Die größeren, steileren Klauen an der Vordergliedmaße sprechen für eine größere Belastung der Vordergliedmaßen, die denen des Rindes entsprechen (SCHNEIDER, 1980), wobei entsprechende Untersuchungen beim Schaf bisher nicht vorliegen.

Unterschieden sich die Klauen also in den Mittelwerten der Klauenmaße signifikant, so zeigten diese doch erwartungsgemäß hohe Korrelationen. Die phänotypischen Korrelationen lagen für die Härte und die Trachtenlänge zwischen 0,55 und 0,85. Die Dorsalwand-, Diagonalenlänge und der Winkel zeigten noch höhere Werte mit 0,70 bis 0,99, die den Ergebnissen von BAUMGARTENER (1988) beim Rind mit $r_p = 0,79 - 0,88$ für die Dorsalwandlänge entsprechen. Das heißt, daß bei Messung nur einer Klaue pro Gliedmaße dieser Wert aussagekräftig für den Vergleich verschiedener Tiere ist, da sich die übrigen Klauen eines Tieres sehr ähnlich verhalten. Soll aber ein Zusammenhang zwischen Klauenmaßen und Klauenerkrankungen untersucht werden, müssen alle 4 Klauen einer Körperseite gemessen werden, da die unterschiedlichen absoluten Maße der Klauen durchaus prädisponierend für eine Erkrankung wirken könnten. Die Moderhinke tritt zum Beispiel an einer oder mehreren Klauen unterschiedlich stark auf (DEDIE und BOSTEDT, 1985), und Unterschiede in der Klauengröße und Härte könnten das Eindringen des Erregers verzögern oder begünstigen.

Die Klauen der Vordergliedmaße zeigten eine größere durchschnittliche Röhrchenfläche und eine größere Gesamtröhrchenfläche als die der Hintergliedmaße. Dieser Unterschied war bei den Merinolandschafen signifikant. Die Anzahl der Röhrchen unterschied sich nicht zwischen den Positionen, was auch SCHRANK (1968) beim Rotwild beobachtete. Die Röhrchenzahl ist angeboren, die Größe ist jedoch an die Umweltbedingungen angepaßt, da eine stärkere Durchblutung und ein erhöhter Stoffwechsel zu einem größeren Durchmesser bzw. einer größeren Röhrchenfläche führen (LEOPOLD, 1978). Die größeren Hornröhrchen der Klauen der Vordergliedmaße bestätigen die Vermutung, daß auch beim Schaf die Vordergliedmaßen den größeren Teil des Körpergewichts zu tragen haben und die vermehrte Belastung zu einer vermehrten Durchblutung und größeren Klauen führt. Die phänotypischen Korrelationen zwischen der Röhrchenzahl und Röhrchenfläche der Vorder- und Hintergliedmaße waren höchstsignifikant und zeigten mittlere Höhe.

Der Wassergehalt und das Wasseraufnahmevermögen der Klauen der Vorder- und Hintergliedmaße waren auf mittlerem Niveau korreliert. RIEGER et al. (1984a) fanden bei elektronischen Messungen am Sohlenhorn von Merinolandschafen keine Unterschiede zwischen den Klauen der Vorder- und Hintergliedmaße. Beim Rind sind die Klauen der Vordergliedmaße härter und haben einen geringeren Wassergehalt als die der Hintergliedmaßen (CHMIELNIK et al., 1983). Die Erklärung dafür ist der häufigere Kontakt der Hintergliedmaßen, vor allem in der Anbindehaltung, mit Kot und Urin. Beim Schaf führt die Haltungsform zu keinem einseitigen längeren Kontakt mit den Exkrementen und somit zu keinem umweltbedingten erhöhten Wassergehalt der Klauen der Hintergliedmaße.

In der vorliegenden Untersuchung wurden mit Merinolandschafen und Rhönschafen 2 unterschiedliche Rassetypen untersucht, wobei sich signifikante Rassenunterschiede bei den untersuchten Klauenmaßen fanden. Die Rhönschafe besaßen bis zum Alter von 16 bzw. 20 Wochen härtere Klauen mit kleinerem Klauenwinkel als die Merinolandschafe. Die Dorsalwand- und Trachtenlänge der Klauen der Rhönschafe war während der ersten Messung kürzer als die der Merinolandschafe. Die Unterschiede zwischen den Klauenmaßen waren im Alter von ca. 1 Jahr nur noch für die Diagonalenlänge an allen Klauen signifikant. Die Rhönschafe hatten also, korrigiert auf das Körpergewicht, härtere, kürzere und flachere Klauen als die Merinolandschafe, wobei sich die Unterschiede mit zunehmendem Alter durch einen zunehmenden Umwelteinfluß verlieren und nicht mehr signifikant sind. Die Hornbildung ist eine Stoffwechselleistung, die durch verschiedene Faktoren beeinflussbar ist. Beim Rind gibt es Untersuchungen, die eine Abnahme des Hornwachstums bei Gravidität und bei extremer Milchleistung feststellen, da hier bestimmte Nährstoffe für die Hornbildung nicht mehr zur Verfügung stehen (DIETZ und PRIETZ, 1981) und die hormonelle Umstellung während der Laktation, vor allem die verminderte Insulin- und erhöhte Cortisonkonzentration, die Keratinisierung negativ beeinflusst (HENDRY et al., 1999). Beim Schaf ist allgemein anerkannt, daß mit der Zucht auf feinwollige Schafrassen das Klauenhorn qualitativ schlechter wurde (HERMANN, 1963). Dies erklärt das weichere Klauenhorn der Merinolandschafe, während die Rhönschafe als Landrasse große Strecken zur Futtersuche zurücklegen mußten und dadurch auf ein strapazierfähiges, hartes Klauenhorn selektiert wurden.

Dieses bietet auf hartem Boden Schutz gegen Verletzungen und auf weichem Boden durch das tiefere Einsinken des überstehenden Randes besseren Halt.

Die Merinolandschafe hatten im histologischen Bild bis zu 3 Hornröhrchen mehr pro mm², diese Röhrchen waren aber etwas kleiner als die der Rhönschafe, so daß insgesamt die Gesamtröhrchenfläche der Rhönschafe größer war als die der Merinolandschafe, sie also tendenziell weniger Zwischenröhrchensubstanz besaßen. Bei den Untersuchungen des Klauenhorns zeigten die Rhönschafe einen um bis zu 4 % geringeren Wassergehalt und ein bis zu 2,7 % geringeres Wasseraufnahmevermögen. Das Klauenhorn der Merinolandschafe enthielt zum Schlachtzeitpunkt mehr Wasser und konnte auch mehr Wasser aufnehmen als das der Rhönschafe. LATZEL (1988) fand Unterschiede zwischen dem Wassergehalt des Klauenhorns von Hausschafen und dem von Wildschafen. Auch das Horn von Pferden und Rindern unterscheidet sich im Trockensubstanzgehalt zwischen den Rassen und Individuen (KÜNG, 1991; DISTL, 1982). Der Wassergehalt des Klauenhorns beim Rind ist geringer als beim Schaf (ALBARANO, 1993), dementsprechend ist auch die durchschnittliche Härte der Rinderklauen mit 77 Shore D (HUBER, 1983) größer als beim Schaf mit durchschnittlich 57 Shore D in der vorliegenden Untersuchung.

Das Feuchtigkeitsaufnahmevermögen des Klauenhorns ist um so größer, je geringer die Anzahl der Hornröhrchen je Flächeneinheit ist, weil damit mehr Zwischenraum vorhanden ist (DIETZ und PRIETZ, 1981), der durch die Faltblattstruktur des Keratins in der Lage ist, Wasser reversibel zu binden (DIETZ und KOCH, 1972). Im vorliegenden Fall wurde also die geringere Anzahl an Hornröhrchen bei den Rhönschafen durch die Röhrchengröße so ausgeglichen, daß der Anteil an Zwischenröhrchensubstanz bei ihnen geringer war, womit sich der geringere Wassergehalt und das geringere Wasseraufnahmevermögen des Horns der Rhönschafe erklärt. Neben dem histologischen Aufbau spielt allerdings auch die anorganische und biochemische Zusammensetzung eine Rolle für die Härte des Klauenhorns (NAUMANN et al., 1987).

Die Klauen der Schafe wurden im Alter von 8 – 10 und 16 – 20 Wochen gemessen, wobei sich die Messungen über die Monate Januar bis Juli erstreckten. Im Einfluß des Meßmonats läßt sich ein saisonaler Einfluß vermuten. Dieser beinhaltet Umweltfaktoren wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Futterzusammensetzung und

Bewegungsaktivität (Tageslichtlänge), die einen Einfluß auf Wachstum und Abrieb des Klauenhorns ausüben (WHEELER et al., 1972). Der Effekt ist bei der zweiten Messung deutlicher zu erkennen. Da die Rhönschafe zu einem späteren Zeitpunkt geboren wurden, erfolgte die Messung der gleichaltrigen Tiere jahreszeitlich später. Während bei den Merinolandschafen die Klauenhärte von März in Richtung Juni zunahm, nahm sie bei den Rhönschafen im Juli wieder ab.

Beim Wassergehalt und Wasseraufnahmevermögen zeigte sich beim Merinolandschaf eine tendenzielle Abnahme von März bis Juni, während die Gesamtröhrchenfläche anstieg. Die Härte nahm also zu, während der Wassergehalt mit kleinerer Zwischenröhrchenhornfläche abnahm. Beim Rhönschaf zeigte sich das gleiche Phänomen im Juli umgekehrt, hier nahm die Klauenhärte ab, weil der Wassergehalt des Hornes zunahm und der Zwischensubstanzanteil am größten war. Bei den löslichen Proteinen nahm die relative Häufigkeit im Auftreten der Proteine beim Merinolandschaf von März bis Juni zu, beim Rhönschaf erreichte sie ihr Maximum im August.

Während der Messung im Alter von 16 – 20 Wochen befand sich ein Teil der Rhönschafe in Hütelhaltung auf der Weide, während der andere Teil sich im Stall auf Stroheinstreu befand. Diese Haltungsunterschiede führten zu unterschiedlicher Klauenhärte und -form, die bis auf die Trachtenlänge signifikant war. Dabei zeigten die im Stall gehaltenen Tiere weichere, längere Klauen mit flacherem Dorsalwandwinkel als die Schafe auf der Weide. Die vermehrte Bewegung der in Hütelhaltung befindlichen Schafe führte also trotz des verminderten Abriebs des härteren Horns zu kürzeren Klauen als bei den auf Stroh gehaltenen Schafen. Die Stroheinstreu im Stall führt zu feuchterem Klauenhorn und vermindertem Abrieb im Vergleich zu den auf der Weide befindlichen Schafen. Auch RIEGER et al. (1984a) fanden bei auf Stroh gehaltenen Schafen einen geringeren Abrieb, wobei die Beschaffenheit der Weide und das Klima die Eigenschaften der Klauen entscheidend beeinflussten (VERMUNT, 1990).

Das Geschlecht hatte nur auf einzelne Längenparameter einen signifikanten Einfluß, wobei die Klauen der männlichen Tiere tendenziell länger waren als die Klauen weiblicher Schafe. Da die Schafe in der vorliegenden Untersuchung die Geschlechtstreife noch nicht erreicht hatten, war kein deutlicher hormoneller Einfluß

zu erwarten. Bei den histologischen Parametern waren die Einzelröhrchenfläche und die Gesamtröhrchenfläche der weiblichen Tiere über beide Rassen tendenziell größer, sie besaßen also weniger Zwischenhornsubstanz. Das Wasseraufnahmevermögen der Klauen der weiblichen Tiere war beim Schaf entsprechend dem kleineren Zwischenhornanteil geringer als das männlicher Tiere. Beim Rotwild fand SCHRANK (1968) signifikante Unterschiede in der Anzahl der Hornröhrchen, wobei die weiblichen Tiere mehr Hornröhrchen besaßen als die männlichen. Allerdings wurde keine Korrektur auf das Gewicht vorgenommen, so daß der beim Rotwild gefundene Geschlechtsunterschied durch das größere Gewicht der männlichen Tiere erklärt werden kann. Bei den löslichen Proteinen war die relative Häufigkeit im Auftreten der Proteine A und F beim männlichen Schaf größer als beim weiblichen.

Der Einfluß der Pigmentierung auf die Hornqualität wurde schon lange mit unterschiedlichem Ergebnis diskutiert (VERMUNT und GREENOUGH, 1995). Bei den vorliegenden Untersuchungen wurde nur auf 2 einzelne Klauenmaße ein Einfluß der Pigmentierung gefunden. Eine Erklärung für den mangelnden Einfluß wäre, daß die Klauen der untersuchten Schafe nicht vollständig pigmentiert waren, sondern nur schmale dunkle Streifen besaßen, die nicht alle Hornschichten durchzogen.

Heritabilitätsschätzung

Bei den Heritabilitätsschätzungen ist zu berücksichtigen, daß bei einigen Merkmalskombinationen keine vollständige Konvergenz erreicht wurde, was teilweise durch das begrenzte Tiermaterial erklärt werden kann. Die Härte zeigte für die Messung im Alter von 8 – 10 Wochen Werte von 10 bis 33 % genetisch bedingtem Anteil an der Varianz. Die Werte im Alter von 16 – 20 Wochen waren durch den haltungsbedingten Umwelteinfluß deutlich niedriger. Die Dorsalwandlänge lag mit Werten von $h^2 = 0,26$ bis $0,44$ im mittleren Niveau. Die Trachtenlänge zeigte Schätzwerte im niedrigen Bereich mit einer geringen Varianz und ist für züchterische Zwecke weniger geeignet, da die exakte Merkmalerfassung ebenfalls Schwierigkeiten bereitet. Die Diagonalenlänge bewegte sich auf dem Niveau der Härte und der Dorsalwandwinkel zeigte mittlere Werte von $h^2 = 0,20$ bis $0,56$. Die meisten h^2 -Werte lagen für die Klauen der Vordergliedmaße höher als für die der Hintergliedmaße. Durch die größere Belastung der Vordergliedmaße zeigt diese

größere Meßwerte, und der genetische Einfluß wird deutlicher. Die geschätzten Heritabilitätswerte stimmen mit den in der Literatur gefundenen Angaben für das Rind überein (DISTL, 1996). Beim Rind werden seit 1996 im Rahmen der Eigenleistungsprüfung die Parameter Dorsalwand-, Trachtenwandlänge, Trachtenhöhe, Diagonalenlänge, Vorderwandwinkel und Klauenhornhärte der Außenklaue einer Vorder- und Hintergliedmaße zusätzlich zu einer Beurteilung des Fundaments erfaßt (DISTL, 1998). Die Selektion über die Klauenmaße der Jungbullen anhand von Eigen- und Halbgeschwisterleistung führt im Vergleich zu der Merkmalerfassung bei den Töchtern mit einem geringeren Aufwand zu einer frühzeitigen Selektion und einem hohen Selektionsdruck. Voraussetzung sind ausreichend hohe genetische Beziehungen zwischen den Klauenmaßen der Jungbullen und den Krankheiten des Fundaments ihrer Töchter, wie sie beim Rind gegeben sind (DISTL, 1996).

Bei den histologischen Parametern zeigte besonders die Gesamtröhrchenfläche mit einem h^2 von 0,78 bzw. 0,82 einen hohen genetischen Einfluß. Der Wassergehalt und das Wasseraufnahmevermögen bewegten sich mit Werten von $h^2 = 0,07$ bis 0,29 eher im unteren Bereich. Diese Parameter sind stark umweltabhängig, so daß genetische Einflüsse größtenteils überlagert werden.

Phänotypische und genetische Korrelationen zwischen morphologischen, physikalischen und histologischen Parametern

Die phänotypischen und genetischen Korrelationen der an einer Klaue erfaßten unterschiedlichen Maße bewegten sich überwiegend auf mittlerem Niveau. Die Korrelationen zwischen den Längenmaßen und der Härte waren positiv, die Korrelationen zu den Winkeln waren negativ. Die höchsten Werte zeigte die phänotypische Beziehung zwischen Dorsalwand- und Diagonalenlänge, mittlere negative Korrelationen bestanden zwischen Dorsal- bzw. Diagonalenlänge und Winkel und die niedrigsten Werte fanden sich zwischen der Härte und dem Winkel bzw. der Trachtenlänge und dem Winkel. Da Dorsal- und Diagonalenlänge sehr hoch korreliert sind, kann in weiteren Untersuchungen zur Reduzierung des Arbeitsaufwandes auf die Dorsalwandlänge verzichtet werden. Die Diagonalenlänge als Hauptmerkmal favorisiert auch McDANIEL (1995) beim Rind. Die negative

Korrelation zwischen dem Winkel und den übrigen Maßen bedeutet, daß härtere, längere Klauen flachere Winkel zeigen. Diese Beziehungen findet auch BAUMGARTNER (1988) beim Rind mit Korrelationen zwischen der Dorsalwandlänge und dem Winkel von $r_p = -0,52$. Beim Rind zeigte sich, daß ein steilerer Winkel mit einer geringeren Häufigkeit von Erkrankungen des Fundaments und mit Langlebigkeit korreliert ist, weshalb eine Zucht auf kürzere, steilere Klauen empfohlen wird (CHOI und McDANIEL, 1993; DISTL, 1996). In welche Richtung die Zucht beim Schaf gehen wird, hängt von den Ergebnissen der Untersuchung der Korrelation der Klauenmaße zu Klauenerkrankungen ab. Dabei ist aufgrund der physiologischen Ähnlichkeit zwischen Rinder- und Schafklauen zu vermuten, daß die Zucht auf härtere, steilere Klauen auch beim Schaf bevorzugt werden wird, wie dies DISTL (1996) beim Rind beschrieben hat.

Sowohl bei den phänotypischen als auch bei den genetischen Korrelationen bestand eine mittlere bis hohe positive Beziehung zwischen der Röhrchenzahl und der Gesamt Röhrchenfläche bzw. zwischen der Einzel Röhrchenfläche und der Gesamt Röhrchenfläche. Der Zusammenhang zwischen dem Wasseraufnahmevermögen und der Röhrchenfläche war negativ, das heißt, daß das Klauenhorn mit einer großen Gesamt Röhrchenfläche, also wenig Zwischen Röhrchensubstanz, weniger Wasser aufnehmen konnte. Diese Beobachtung stimmt mit den Ergebnissen von DIETZ und PRIETZ (1981) beim Rind überein.

Zwischen den am lebenden Tier gemessenen morphologischen Parametern und den Klauenhornparametern wurden zum Teil signifikante phänotypische und genetische Korrelationen auf niedrigem bis mittlerem Niveau gefunden. Die phänotypischen und genetischen Korrelationen zwischen der Dorsalwandlänge und der Röhrchenzahl waren negativ. Tiere mit vielen Hornröhrchen besaßen also kürzere Klauen. Die Beziehung zwischen der Härte und der Röhrchenfläche war positiv und unterstützt damit die Ergebnisse der Beziehung zwischen dem Wasseraufnahmevermögen und der Gesamt Röhrchenfläche. Klauenhorn mit einer großen Röhrchenfläche und damit weniger Zwischen Röhrchensubstanz enthält weniger Wasser und ist damit härter.

Es zeigte sich, daß die Tiere mit den weicheren, längeren Klauen tendenziell eine größere relative Häufigkeit im Auftreten des löslichen Proteins F hatten. DISTL et al. (1982) vermuten, daß die löslichen Proteine als Enzyme oder Koenzyme wirken bzw. Begleitsubstanzen bei der Keratinisierung darstellen. Sie unterscheiden Proteine, die

vorwiegend im Zwischensubstanzanteil vorkommen von solchen, die vorwiegend in den Hornröhrchen wirken. Im vorliegenden Fall würde der größere Zwischensubstanzanteil und das vermehrte Auftreten von Protein F dieses im Zwischensubstanzanteil vermuten lassen.

Die histologischen, physikalischen und biochemischen Verhältnisse des Klauenhorns wurden in der Härtemessung tendenziell gut wiedergegeben. Die Härte läßt sich relativ einfach erfassen, so daß auf die aufwendigen Klauenhornuntersuchungen zunächst zugunsten der Klauenmaße, inklusive der Härte, am lebenden Tier verzichtet werden kann. Eine zusätzliche Untersuchung auf Hornwachstum und Abrieb wäre zu überlegen, da Erkrankungen der Klaue zu einem vermehrten Hornwachstum führen sollen (NATTERMANN et al., 1991).

Schlußfolgerungen und Ausblick

Die Klauenparameter Härte, Diagonalenlänge und Dorsalwandwinkel waren am besten geeignet, die Klauenmerkmale zu beschreiben. Sie zeigten eine hohe Meßgenauigkeit, hohe Korrelationen und Heritabilitätsschätzwerte, die hoch genug sind, um eine züchterische Selektion zu ermöglichen. Anhand der adaptierten Meßmethoden kann jetzt in weiteren Untersuchungen die Korrelation der Klauenmaße zur wichtigsten Klauenerkrankung beim Schaf, der Moderhinke, untersucht werden.

Beim Rind wurden Korrelationen zwischen den Klauenmaßen und Klauenerkrankungen, wie zum Beispiel der *Dermatitis interdigitalis*, sowie zur Langlebigkeit gefunden (BAUMGARTNER, 1990; CHOI und McDANIEL, 1993). Beim Schaf lassen sich deshalb Korrelationen zur Moderhinke vermuten. Die Erfassung der Moderhinke kann in einer natürlich infizierten Herde durch Untersuchung der Klauen im zweiwöchigen Abstand und Beschreibung des Schweregrades nach WHITTINGTON und NICHOLLS (1995) während eines Moderhinkeausbruchs erfolgen (EMERY et al., 1984). Die zuvor in der Herde an den 4 Klauen einer Körperseite erfaßten Klauenmaße Härte, Diagonalenlänge und Dorsalwandwinkel können dabei auf Korrelationen zur Moderhinke geprüft werden. In welche Richtung diese Selektion erfolgen muß, hängt von den Ergebnissen der Untersuchung der

Korrelationen zur Moderhinke und zu weiteren in der Schafzucht wichtigen ökonomischen Merkmalen ab.

Die routinemäßige Erfassung der entsprechend korrelierten Klauenmaße auf der Prüfstation unter normierten Umweltbedingungen, wie beim Rind seit 1996 im Rahmen der Eigenleistungsprüfung praktiziert (DISTL, 1998), ist dann der nächste Schritt. Die Genwirkung ist bei jüngeren Tieren deutlicher zu erkennen als bei älteren, was sowohl bei den Rassenunterschieden als auch bei den Heritabilitätsschätzungen zu erkennen war. Da eine Einstellung zur Eigenleistungsprüfung bis spätestens zum 65. Tag erfolgt, wäre ein optimaler Meßzeitpunkt auf der Prüfstation die 12. Lebenswoche, die sowohl vor einem Klauenschnitt für die Zuchttiere als auch vor der Schlachtung bei Mastlämmern liegt.

Beim Rind gibt es Hinweise auf Quantitative Trait Loci (QTL), die im Zusammenhang zu Exterieurmerkmalen stehen. Für die Beurteilung der Gliedmaßen fanden ASHWELL et al. (1998) einen Marker auf dem Chromosom 9, der einen Effekt auf die Winkelung der Gliedmaße hatte. Die Suche nach QTL für die Klauenmaße könnte bei entsprechenden Korrelationen der Klauenmaße zur Moderhinke die weitere Selektion erleichtern. Ein weiterer Ansatz zur Verbesserung der Klauenqualität liegt im Auffinden und der Charakterisierung von Genen, die an der Hornbildung beteiligt sind. Bisher sind beim Schaf über 1000 Marker lokalisiert und über 120 Gene kartiert (MADDOX et al., 2001), wobei einzelne Keratingene, die an der Ausprägung sowohl von Wolle als auch von Klauenhorn beteiligt sind, kartiert sind (WOOD et al., 1992; AMARANTE et al., 1998). Die Fortschritte, die mit der Nutzung der Molekulargenetik in der Tierzucht verbunden sind, und die beim Rind und Schwein zur Identifikation von ursächlich an der Merkmalsausprägung beteiligten Genen geführt hat (FUJII et al., 1991; GROBET et al., 1998; WINTER et al., 2002), wird auch in der Schafzucht zunehmende Bedeutung erlangen, wobei jedoch die Basis eine solide Merkmalerfassung ist.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, beim Schaf Methoden zur Charakterisierung der Klaue und Einflußfaktoren auf deren morphologische, histologische, physikalische und biochemische Eigenschaften zu untersuchen. Dabei sollten Zusammenhänge ermittelt und genetische Parameter geschätzt werden, um eine mögliche Grundlage für die Selektion auf Klauengesundheit beim Schaf zu schaffen.

Dazu wurden die laterale und mediale Klaue der linken Vorder- und Hintergliedmaße der Nachkommen von je 5 Böcken der Rassen Merinoland- und Rhönschaf zu 3 Meßzeitpunkten im Alter von 8 – 10 Wochen, 16 – 20 Wochen und 51 – 63 Wochen untersucht. Es wurden die Parameter Klauenhärte, Dorsalwandlänge, Trachtenlänge, Diagonalenlänge und Dorsalwandwinkel erfaßt. Die Einflüsse von Rasse, Gewicht, Vater, Monat, Haltungsform, Geschlecht und Pigmentierung auf die Klauenmerkmale wurden mittels Varianzanalyse untersucht.

Im Klauenhorn von im Alter von 12 – 32 Wochen geschlachteten Schafen wurden die histologischen Parameter Anzahl der Hornröhrchen pro mm², Einzelröhrchenfläche und Gesamtröhrchenfläche bestimmt, und der Wassergehalt und das Wasseraufnahmevermögen untersucht. Die löslichen Proteine wurden mit Hilfe der isoelektrischen Fokussierung (IEF) aufgetrennt und auf Unterschiede in ihrer relativen Häufigkeit getestet. Die IEF führte zu 26 Banden im pI-Bereich von 3,0 bis 6,5.

Die Klauenmaße Klauenhärte, Dorsalwandlänge, Diagonalenlänge und Dorsalwandwinkel waren technisch einfach zu erfassen und zeigten eine hohe Meßgenauigkeit (0,67 – 0,91).

Die Rasse, das Gewicht und die Umwelt hatten einen signifikanten Einfluß auf die Klaueneigenschaften. Die Rhönschafe hatten härtere, kürzere und flachere Klauen, eine größere Gesamtröhrchenfläche und einen geringeren Wassergehalt des Klauenhorns als die Merinolandschafe. Mit zunehmendem Gewicht nahm die Klauenlänge zu, während der Winkel flacher wurde und die Zahl der Hornröhrchen pro mm² abnahm. Die Klauenhärte und die relative Häufigkeit der löslichen Proteine nahm bei den Merinolandschafen in den Sommermonaten zu, die Gesamtröhrchen-

fläche und der Wassergehalt nahmen gleichzeitig ab. Die im Stall gehaltenen Schafe hatten weichere, längere Klauen mit einem flacheren Dorsalwandwinkel als die Schafe in Hütelhaltung auf der Weide.

Die Beziehungen zwischen den Klauenmaßen ergaben mittlere bis hohe positive phänotypische und genetische Korrelationen zwischen der Härte und den Längenmaßen, die Beziehung zum Dorsalwandwinkel war negativ. Die Röhrenchenzahl war mit der Einzelröhrenchenfläche negativ und mit der Gesamt-röhrenchenfläche positiv korreliert. Horn mit großer Gesamt-röhrenchenfläche und damit weniger Zwischen-substanz hatte einen geringeren Wassergehalt und war härter als Horn mit kleiner Gesamt-röhrenchenfläche.

Die Heritabilitätsschätzungen im Alter von 8 – 10 Wochen ergaben für die Klauenmaße überwiegend Werte im mittleren Bereich bis $h^2 = 0,44$. Die Werte der späteren Messungen lagen durch den haltungsbedingten Umwelteinfluß niedriger. Die histologischen Untersuchungen ergaben für die Anzahl der Hornröhrenchen Werte von $h^2 = 0,01 - 0,25$ und für die Röhrenchenfläche Werte von $h^2 = 0,35 - 0,82$. Der Wassergehalt und das Wasseraufnahmevermögen lagen auf niedrigem Niveau mit Werten bis $h^2 = 0,29$.

Der genetische Einfluß auf die Parameter Klauenhärte, Diagonalenlänge und Dorsalwandwinkel war hoch genug, um züchterische Verbesserungen zu ermöglichen. Zusammenhänge zwischen den erfaßbaren Klauenparametern und Klauenerkrankungen sowie ökonomisch wichtigen Parametern müssen vor der Einbindung von Messungen in Zuchtprogramme in weiteren Untersuchungen geklärt werden.

7 SUMMARY

The aim of this investigation was to evaluate methods to characterize the claws of sheep and influencing factors on morphological, histological, physical and biochemical claw traits. The correlation and genetic parameters were to be estimated to find a basis for selection for claw health in sheep.

To achieve this, the lateral and medial claw from the left fore- and hindleg of the progeny of 5 rams of the Merinoland- and Rhönschaf breed were examined 3 times, at the age of 8 – 10 weeks, 16 – 20 weeks and 51 – 63 weeks. The parameters hardness of claw, length of the dorsal border, length of the posterior wall, diagonal length and dorsal angle were measured. The influences of breed, body weight, ram, month, housing system, sex and pigmentation on the claw traits were evaluated by analysis of variance.

In the claw horn of sheep slaughtered at the age of 12 – 32 weeks the histological parameters number of horn tubules per mm², area of individual horn tubules and total area of horn tubules were determined, and the water content and water absorption capacity were measured. The soluble proteins were separated by isoelectric focusing (IEF) and differences in their relative frequency were evaluated. The IEF lead to 26 different bands with pI ranging from 3,0 to 6,5.

The claw traits hardness, length of the dorsal border, diagonal length and dorsal angle were technically easy to measure and had a high accuracy of measurements (0,67 – 0,91).

Breed, body weight and environmental factors had significant influence on the claw traits. The claws of the Rhönschaf were harder, shorter and lower, had a greater total area of horn tubules and a lower water content than the claws of the Merinolandschaf. With increasing body weight the claw length increased, while the dorsal angle and the number of horn tubules per mm² decreased. The horn hardness and the relative frequency of the soluble proteins increased during the summer season in claws of the Merinolandschaf, the total area of horn tubules and the water

content decreased at the same time. The sheep housed indoors had softer and longer claws with lower dorsal angle than the sheep kept on pasture.

The phenotypic and genetic correlations between claw measurements showed medium to high positive values between hardness and claw length, the correlations to the dorsal angle were negative. The number of horn tubules correlated negative to the area of single tubules and positive to the total area of horn tubules. Claw horn with a great total area of horn tubules and therefore less intertubular horn had a lower water content and was harder than horn with a smaller total area of horn tubules.

The estimation of heritabilities at the age of 8 – 10 weeks showed medium values up to $h^2 = 0,44$. Because of the increasing influence of the environment the values of the later measurements were lower. The histological examination showed values from $h^2 = 0,01$ to $0,25$ for the number of horn tubules, and values from $h^2 = 0,35$ to $0,82$ for the area of horn tubules. Water content and water absorbing ability showed lower values up to $h^2 = 0,29$.

The genetic influence on the parameters hardness of claw, diagonal length and dorsal angle was high enough to achieve genetic improvement in breeding programs. Correlation between measured claw traits and claw disease on the one hand and economic important parameters on the other hand have to be further investigated before being integrated in breeding programs.

8 LITERATURVERZEICHNIS

- AEBERSOLD R., LEAVITT J., HOOD L.E., KENT S.B.H. (1987):
Internal amino acid sequence analysis of proteins separated by one- or two-dimensional gel electrophoresis after in situ protease digestion on nitrocellulose.
Proc. Natl. Acad. Sci. USA 84, 6970 – 6974
- ALBARANO T. (1993):
Der Einfluß der Umgebung auf die Zugfestigkeit und Härte des Klauenhorns von Rind und Schwein.
Zürich, Diss. med. vet.
- AMARANTE M.R., LOPES C.R., WOMACK J.E. (1998):
KRN1 maps to bovine chromosome 29.
Anim. Genet. 29, 323
- AMSTEL S., BEMIS D. (1998):
Aspects of the microbiology of interdigital dermatitis in dairy cows.
10th international symposium on lameness in ruminants.
Luzern, 274 – 275
- ASHWELL M.S., DA Y., VANRADEN P.M., REXROAD C.E., MILLER R.H. (1998):
Detection of putative loci affecting conformational type traits in an elite population of United States Holsteins using microsatellite markers.
J. Dairy Sci. 81, 1120 – 1125
- BAGGOT D.G., BUNCH K.J., GILL K.R. (1988):
Variations in some inorganic components and physical properties of claw keratin associated with claw disease in the British Friesian cow.
Br. Vet. J. 144, 534 – 542
- BASSAM B.J., CAETANO-ANNOLÉS G., GRESSHOFF P.M. (1991):
Fast and Sensitive Silver Staining of DANN in Polyacrylamide Gels.
Anal. Biochem. 196, 80 – 83
- BAUMGARTNER CH. (1988):
Untersuchungen über Klauenmaße als Hilfsmerkmale für die Selektion auf Klauengesundheit an Töchtergruppen von Deutschen Fleckviehbullen.
München, Diss. med. vet.
- BAUMGARTNER CH., DISTL O., KRÄUßLICH H. (1990):
Eignung von Indikatormerkmalen für die Zucht auf Klauengesundheit beim Deutschen Fleckvieh.
Züchtungskunde 62, 195 – 207
- BEHRENS H. (1987):
Lehrbuch der Schaffkrankheiten.
3. Auflage; Parey Verlag

BEKÖ J. (1966):

Trocknungsversuche und histologische Untersuchungen sowie Messung der Stärke der Zehenwand am Klauenhorn vom österreichischen Fleckvieh.
Wien, Diss. med. vet.

BEVERIDGE W.I.B. (1941):

Footrot in sheep: A transmissible disease due to infection with *Fusiformis nodosus*.
Commonwealth of Australia Bull. 140
Melbourne, 1 – 53

BMELF (2001):

Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland.
45. Jahrgang; Landwirtschaftsverlag GmbH

BOELLING D., JENSEN J. (1998):

Improvement of feet and leg traits in dairy cattle via selection in future AI-bulls.
10th international symposium on lameness in ruminants.
Luzern, 331 – 333

BOHLI E. (1993):

Die Zugfestigkeit des normalen Klauenhorns von Rind und Schwein.
Zürich, Diss. med. vet.

BÖSEMANN W., VIEHWEGER E. (1974):

Vergleichende Untersuchungen an den distalen Gliedmaßenabschnitten von Merinofleischschafen verschiedenen Alters unter konventionellen Aufstellungsbedingungen sowie nach zwölfmonatiger Haltung erwachsener Tiere auf Vollspaltenboden.
Leipzig, Diss. med. vet.

BUDRAS K.-D., GEYER H., MAIERL J., MÜLLING CH. K. (1998):

Anatomy and Structure of hoof horn.
10th international symposium on lameness in ruminants.
Luzern, 176 - 183

CAMARA S. (1970):

Untersuchungen über den Klauenabrieb bei Rindern.
Kiel, Diss. agr.

CAMARA S. (1971):

Untersuchungen über den Klauenabrieb bei Rindern.
Züchtungskunde 43, 111 – 126

CHMIELNIK H., JAKUBIEC J., BUKALUK E., LABISZAK R. (1983):

An evaluation of the hardness of the claw of the Polish Low-Land Black and White cattle and their cross breeds with the Holstein-Friesian cattle.
Proceedings of the 34th Annual Meeting of the Study Commission EAAP

- CHOI Y.S., McDANIEL B.T. (1993):
Heritabilities of measures of hooves and their relation to other traits of Holsteins.
J. Dairy Sci. 76, 1989 – 1993
- CLARK A.K., RAKES A.H. (1982):
Effect of methionine hydroxy analogue supplementation on dairy cattle hoof growth and composition.
J. Dairy Sci. 65, 1493 - 1502
- CLAXTON P.D. (1985):
Serogrouping of *Bacteroides nodosus* isolates.
Footrot in Ruminants. Proceedings of a workshop.
CSIRO Division Animal Health/Australian Wool Corporation Technical Publication, Glebe, 131 - 134
- DEDIÉ K., BOSTEDT H. (1985):
Schafkrankheiten
Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart
- DIERKS-MEYER B. (1985):
Histometrische Untersuchungen, Bestimmungen des Wasser- und Aschegehalts sowie der Klauenhärte von Mastschweinen bei unterschiedlicher Bodenbeschaffenheit.
Hanover, Diss. med. vet.
- DIETZ O., KOCH K. (1972):
Zur Klauengesundheit bei einstreuloser Haltung.
Mh. Vet. Med. 27, 269 – 273
- DIETZ O., PRIETZ G. (1981):
Klauenhornqualität - Klauenhornstatus.
Mh. Vet. Med. 36, 419 – 422
- DIRKS C. (1985):
Makroskopische, licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen über den Rückenteil der Rinderklaue.
Berlin, Diss. med. vet.
- DISTL O. (1995):
Züchterische Verbesserung von Fundamentmerkmalen und Klauengesundheit beim Rind.
Züchtungskunde 67, 438 – 448
- DISTL O. (1996):
Verbesserung von Gesundheit als neues züchterisches Ziel in der Selektion auf Fundamentmerkmale beim Rind.
Tierärztl. Umschau 51, 331 – 340

DISTL O. (1998):

Genetic improvement of foot and leg soundness in dairy cattle through indirect selection programmes.

49th Annual Meeting of the European Association for Animal Production
Warsaw, Session V

DISTL O., GRAF F., KRÄUSSLICH H. (1982):

Genetische Variation von morphologischen, histologischen und elektrophoretischen Parametern bei Rinderklauen und deren phänotypischen und genetischen Beziehungen.

Züchtungskunde 54, 106 – 123

DISTL O., SCHMID D. (1993):

Systematische Kontrolle der Klauengesundheit bei Kühen in ganzjähriger Laufstallhaltung.

Tierärztliche Praxis 21, 27 – 35

DISTL O., SCHMID D. (1994):

Einfluß einer Zufütterung von Biotin auf die Klauenform, -Härte, und -Gesundheit bei Milchkühen.

Tierärztliche Umschau 49, 581 – 588

ELMER, D. (1978):

Untersuchungen über eine Skeletterkrankung bei Mastlämmern.

München, Diss. med. vet.

EMERY D.L., STEWART D.J., CLARK B.L. (1984):

The comparative susceptibility of five breeds of sheep to footrot.

Austr. Vet. J. 61, 85 – 88

ERHARDT G. (1989):

K-Kaseine in Rindermilch – Nachweis eines weiteren Allels (k-Cn^E) in verschiedenen Rassen.

J. Anim. Breed. Genet. 106, 225 – 231

ERHARDT G. (1991):

Anwendungsmöglichkeiten hochauflösender elektrophoretischer Trennverfahren bei tierzüchterischen Fragestellungen.

Gießen, Habil. agr.

FRITSCH R. (1966):

The aetiology and surgical treatment of diseases of the hoof of cattle.

Vet. medical review 2, 96 – 111

FUJII J., OTSU K., ZORZATO F., DE LEON S., KHANNA V.K., WEILER J.E., O'BRIEN P.J., MACLENNAN D.H. (1991):

Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia.

Science 253, 448 – 51

GEYER H. (1980):

Zur mikroskopischen Anatomie der Epidermis an der Schweineklau.

Zbl. Vet. Med. C. Anat. Histol. Embryol. 9, 337 – 360

GROBET L., PONCELET D., ROYO L.J., BROUWERS B., PIROTTIN D., MICHAUX C., MENISSIER F., ZANOTTI M., DUNNER S., GEORGES M. (1998):

Molecular definition of an allelic series of mutations disrupting the myostatin function and causing double-muscling in cattle.

Mamm. Genome 9, 210 – 3

GÜNTHER M., ANTON W., KÄSTNER R. (1983):

Klauenerkrankungen.

VEB Gustav Fischer Verlag, Jena

HAHN M.V., MCDANIEL B.T., WILK J.C. (1984):

Genetic and environmental variation of hoof characteristics of Holstein cattle.

J. Dairy Sci. 67, 2986 – 2998

HENDRY K.A., MacCALLUM A.J., KNIGHT CH.H., WILDE C.J. (1999):

Effect of endocrine and paracrine factors on protein synthesis and cell proliferation in bovine hoof tissue culture.

J. Dairy Res. 66, 23 – 33

HERRMANN H.-J. (1963):

Das Verhalten der Extremitäten im Röntgenbild und bei pathologisch-anatomischen Veränderungen der Klauen bei der Moderhinke der Schafe.

Berlin, Diss. med. vet.

HOFBAUER E. (1946):

Klauenhornuntersuchungen bei einigen Rinderrassen Österreichs.

Wien, Diss. med. vet.

HUBER M. (1983):

Untersuchungen über Klauenparameter an Jungbullen in der bayrischen Eigenleistungsprüfungsanstalt.

München, Diss. med. vet.

JANETT F. (1993):

Bekämpfung der Moderhinke auf Herdenbasis.

Zürich, Diss. med. vet.

JELINEK P.D., DEPIAZZI L.J., GALVIN D.A., SPICER I.T., PALMER M.A., PITMAN D.R. (2001):

Eradication of ovine footrot by repeated daily footbathing in a solution of zinc sulphate with surfactant.

Austr. Vet. J. 79, 431 – 434

KEHLER W. (1998):

Fehler im System.

DlZ 2, 120 – 123

KEPLER H. (1966):

Untersuchungen über die Struktur des Klauenhorns bei verschiedenen Schafrassen und ein Vergleich mit der Wollfeinheit.

Berlin, Diss. med. vet.

KINDLER U.-M. (1990):

Vergleichende Untersuchungen der Klauenhornstruktur verschiedener Schafrassen im Hinblick auf Widerstandsfähigkeit und Moderhinkeanfälligkeit.

Gießen, Dipl. agr.

KOPPENHÖFER K. (1940):

Untersuchungen über die Widerstandsfähigkeit von pigmentiertem und unpigmentiertem Hufhorn der Klauentiere.

Berlin, Diss. med. vet.

KORTE B. (1987):

Ein Beitrag zur Entwicklung der Klaue des Schafes mit besonderer Berücksichtigung der Hornbildung.

Berlin, Diss. med. vet.

KÜNG M. (1991):

Die Zugfestigkeit des Hufhorns von Pferden.

Zürich, Diss. med. vet.

KUSHIRO R.I. (1998):

The retrospective survey on a relationship between laminitis induced digital disorders and its genetic factors in dairy cow.

10th international symposium on lameness in ruminants.

Luzern, 328 - 329

LATZEL B. (1988):

Untersuchungen an gesunden und ausgewachsenen Klauen bei Wildschafen aus verschiedenen Populationen.

Gießen, Diss. med. vet.

LEACH D.H., ZOERB G.C. (1983):

Mechanical properties of equine hoof wall tissue.

Am. J. Vet. Res. 44, 2190 – 2194

LEOPOLD G. (1978):

Beziehungen zwischen physikalischen und histologischen Untersuchungsergebnissen von Klauenhornproben für eine objektive Beurteilung der Großanlagentauglichkeit von Rindern.

Berlin, Diss. med. vet.

LEOPOLD G., PRIETZ G. (1980):

Die Bedeutung der Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und histologischen Merkmalen für die Erkennung der Klauenhornqualität beim Rind.

Mh. Vet. Med. 35, 173 – 175

LISCHER CH.J., KOLLER U., GEYER H., MÜLLING CH., SCHULZE J., OSSENT P. (2002):

Effect of therapeutic dietary biotin on the healing of uncomplicated sole ulcers in dairy cattle – a double blinded controlled study.
The Vet. J. 163, 51 - 60

MACIEJEWSKA M., FRÖHLICH A. (1977):

Soluble protein compounds accompanying keratins.
Bull. Acad. Pol. Sci. 25, 197 – 201

MACLEAN C.W. (1971):

The long-term effects of laminitis in dairy cows.
Vet. Rec. 89, 34 – 37

MADDOX J.F., DAVIES K.P., CRAWFORD A.M., HULME D.J., VAIMAN D., CRIBIU E.P., FREKING B.A., BEH K.J., COCKETT N.E., KANG N., RIFFKIN C.D., DRINKWATER R., MOORE S.S., DODDS K.G., LUMSDEN J.M., VAN-STIJN T.C., PHUA S.H., ADELSON D.L., BURKIN H.R., BROOM J.E., BUITKAMP J., CAMBRIDGE L., CUSHWA W.T., GERARD E., GALLOWAY S.M., HARRISON B., HAWKEN R.J., HIENDLEDER S., HENRY H.M., MEDRANO J.F., PATERSON K.A., SCHIBLER L., STONE R.T., VAN-HEST B. (2001):

An enhanced linkage map of the sheep genome comprising more than 1000 loci.
Genome Res. 11, 1275-89

MANSON F.J., LEAVER J.D. (1988):

The influence of dietary protein intake and of hoof trimming on lameness in dairy cattle.
Animal Production 47, 191 – 199

MARTIG J., LEUENBERGER W.P., DOZZI M. (1980):

Quality and alterations of bovine claws as a function of different variables.
Proceedings of the 3rd International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit
Wien, 40 - 55

MATOLTSY A.G. (1963):

A study of the soluble proteins of normal and pathologic horny tissues by a modified disc electrophoresis technique.
J. invest. Derm. 41, 255 – 257

McDANIEL B.T. (1995):

Erfahrungen mit Merkmalen von Klauen und Gliedmaßen bei der Selektion von Milchkühen.
Züchtungskunde 67, 449 – 453

MÜLLING CH. K., BRAGULLA H.H., REESE S., BUDRAS K.-D., STEINBERG W. (1999):

How structures in bovine hoof epidermis are influenced by nutritional factors.
Anat. Histol. Embryol. 28, 103 – 108

MURNAME D. (1933):

Footrot in sheep.

Journal of the Council for Scientific and Industrial research in Australia 6, 252

NATTERMANN H., BARWISCH R., BRIEDERMANN L. (1991):

Untersuchungen zum Einfluß der Moderhinke auf das Klauenhornwachstum bei Schaf und Mufflon.

Mh. Vet. Med. 46, 471 – 473

NAUMANN J., DIETZ O., PRIETZ G. (1987):

Untersuchungen zur anorganischen Zusammensetzung und zur Stabilität von Huf- und Klauenhorn.

Wien. Tierärztl. Mschr. 4, 117 – 120

NEUMAIER A., GROENEVELD E. (1998):

Restricted Maximum Likelihood Estimation of Covariances in Sparse Linear Models.

Genet. Sel. Evol. 30, 3 – 26

NEUMÜLLER O. – A. (1973):

Römpps Chemie Lexikon.

7. Auflage; Franckh'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart

NICKEL R. (1938):

Über den Bau der Hufhörchen und seine Bedeutung für den Mechanismus des Pferdehufes.

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 46, 449 – 452

NICKEL R., SCHUMMER A., SEIFERLE E. (1996):

Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band III

Kreislaufsystem, Haut und Hautorgane

Parey-Verlag, Berlin und Hamburg

NIELSEN E., SMEDEGAARD H.H. (1984):

Disease in legs and hooves with Black and White dairy cattle in Denmark.

Report No. 568, National Institute of animal Science

Copenhagen, 198

NITSCHKE W. (1974):

Untersuchungen über das Wachstum und die Abnutzung des Klauenhorn bei Mastkälbern unter unterschiedlichen Aufstallungsvarianten.

Chir. Vet. 11, 52 – 53

NITSCHKE K. (1981):

Kleine Enzyklopädie Technik.

VEB Bibliographisches Institut, Leipzig

O'MEARA T.J., RAADSMA H.W. (1995):

Phenotypic and genetic indicators of resistance to ectopathogens.

In: Breeding for resistance to infectious diseases in small ruminants.

Ed. by G. D. Gray, ACIAR, 205 – 207

- PARKER C.F., CROSS R.F., HAMILTON K.L. (1985):
Genetic resistance to footrot in sheep.
Annual Proceedings of the sheep veterinary society 9, 16 – 19
- PETERSEN P.H., NIELSEN A.S., BUCHWALD E., THYSEN I. (1982):
Genetic studies on hoof characters in dairy cows.
Z. Tierz. Züchtungsbiol. 99, 286 – 291
- PFLUG W. (1978):
Die Anpassung des Fleckviehs in Süd- und Südwestafrika, unter besonderer Berücksichtigung der Klauen.
München, Diss. med. vet.
- POLITIEK R.D., DISTL O., FJELDAAS T., HEERES J., McDANIEL B.T., NIELSEN E., PETERSE D.J., REURINK A., STRANDBERG P. (1986):
Importance of claw quality in cattle: review and recommendations to achieve genetic improvement.
Livestock Prod. Sci. 15, 133 – 152
- PRIETZ G. (1985):
Huf- und Klauenpflege mit Hufbeschlagslehre.
1. Auflage; Verlag S. Karger, Basel
- RAL G. (1990):
Hoof and leg traits in dairy cattle.
Proceedings of the 6th International Symposium on Diseases of the Ruminant Digit.
Liverpool, 219 – 231
- RASCHEL H. (1980):
Genetische Beeinflussung der löslichen Proteine des Horns von Rinderklauen.
München, Diss. med. vet.
- REILLY J., KEMPSON S.A. (1992):
Towards an understanding of hoof horn quality.
Proceedings of the 7th International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit.
Rebilk, 9
- REILLY J.D., BROOKS P.H. (1990):
The effect of supplementary dietary biotin on hoof hardness and hoof growth and wear rates of dairy cows.
Proceedings of the 6th International Symposium on Diseases of the Ruminant Digit.
Liverpool, 254
- REURINK A., VAN ARENDONK J. A. (1987):
Relationships of claw disorders and claw measurements with efficiency of production in dairy cattle.
Proceedings of the 38th Annual Meeting of the EAAP, Lisbon

RIEGER E., SCHRÖDER G., SCHMOLDT P. (1984a):

Untersuchungen zur Auswirkung verschiedener Fußbodenvarianten auf die Klauen von Schafen.

Arch. Exper. Vet. med. 38, 757 – 764

RIEGER E., SCHRÖDER G., SCHMOLDT P. (1984b):

Untersuchungen zur Auswirkung verschiedener Fußbodenvarianten auf die Klauen von Schafen.

Arch. Exper. Vet. med. 38, 765 – 770

ROSSKOPF M. (1986):

Mikroskopische Anatomie der Klauenepidermis des Schafes.

Zürich, Diss. med. vet.

SCHLOLAUT W. (1996):

Moderhinde: Bestandssanierung ist besser als die bloße Behandlung der erkrankten Schafe.

Deutsche Schafzucht 14, 349 – 352

SCHNEIDER P. (1980):

Einfluß des Vaters auf Gliedmaßenstellung und Klauenformen sowie Abriebfestigkeit und Wassergehalt des Klauenhornes der Nachkommen.

München, Diss. med. vet.

SCHRANK H. (1968):

Die Hornstrukturuntersuchung beim Rotwild in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht mit Abbildungen.

Berlin, Diss. med. vet.

SCHRÖDER A. (1970):

Hornstruktur und Hornabnutzung. Untersuchungen am Klauenhorn Harzer Rinder.

Berlin, Diss. med. vet.

SCHULENBURG A. v. d. (1985):

Härteprüfung des Klauenhorn von Mastschweinen mit einem Härteprüfgerät nach Shore D.

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 92, 470 – 473

SKERMAN T.M., JOHNSON D.L., KANE D.W., CLARKE J.N. (1988):

Clinical footscald and footrot in an New Zealand Romney Flock: Phenotypic and genetic parameters.

Aust. J. Agric. Res. 39, 907 – 916

SMIT H., VERBEEK B., PETERSE D.J., JANSEN J., MCDANIEL B.T., POLITIEK R.D. (1986):

Genetic aspects of claw disorders, claw measurements and type scores for feet in Friesian cattle.

Livestock Prod. Sci. 15, 205 – 217

- STANEK C., STUR I. (1984):
Genetische Aspekte orthopädischer Erkrankungen in einer Milchviehherde.
Zbl. Vet. Med. A 31, 508 – 518
- TRANter W. T., MORRIS R. S. (1992):
Hoof growth and wear in pasture-fed dairy cattle.
New Zealand Vet. Journal 40, 89 – 96
- URBANECK D., GRZONKA E., STACHE B. (1998):
Erfahrungsbericht zur Anwendung bestandsspezifischer Impfstoffe gegen
Moderhinke (Footrot) der Schafe.
Tierärztl. Umschau 53, 754 – 757
- VERMUNT J. J. (1990):
Lesions and structural characteristics of the claws of dairy heifers in two
management systems.
Saskatoon, Diss. med. vet.
- VERMUNT J. J., GREENOUGH P.R. (1995):
Structural characteristics of the bovine claw: Horn growth and wear, horn hardness
and claw conformation.
Br. Vet. J. 151, 157 – 180
- WALZ J. (1979):
Histologische Untersuchung zur Erfassung der Klauenhornqualität beim Rind.
München, Diss. med. vet.
- WARZECHA C. (1993):
The ruminant hoof: Morphological and histochemical findings in cattle, sheep and
goat.
Zürich, Diss. med. vet.
- WEAVER A. D. (1988):
Chirurgie und Lahmheit beim Rind.
UTB, Gustav Fischer Verlag
- WELLS S.J., TRENT A.M., ROBINSON R. A. (1992):
Individual cow factors associated with clinical lameness in dairy cows.
Proceedings of the 7th International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit.
- WHEELER J.L., BENNETT J.W., HUTCHINSON J.C.D. (1972):
Effect of ambient temperature and daylength on hoof growth in sheep.
J. agric. Sci. 79, 91 – 97
- WHITTINGTON R.J., NICHOLLS P.J. (1995):
Grading the lesions of ovine footrot.
Res. Vet. Sci. 58, 26 – 34

WILKENS H. (1964):

Zur makroskopischen und mikroskopischen Morphologie der Rinderklaue mit einem Vergleich der Architektur von Klauen- und Hufröhrchen.

Zbl. Vet. Med. A 11, 163 – 234

WINTER A., KRAMER W., WERNER F.A., KOLLERS S., KATA S., DURSTEWITZ G., BUITKAMP J., WOMACK J.E., THALLER G., FRIES R. (2002): Association of a lysine-232/alanine polymorphism in a bovine gene encoding acyl-CoA:diacylglycerol acyltransferase (DGAT1) with variation at a quantitative trait locus for milk fat content.

Proc. Natl. Acad. Sci. USA 99, 9300 – 5

WOOD N.J., PHUA S.H., CRAWFORD A.M. (1992):

A dinucleotide repeat polymorphism at the glycine- and tyrosine-rich keratin locus in sheep.

Anim. Genet. 23, 391

9 ANHANG

Tab. 1A: Bestimmtheitsmaß (R^2) der Klauenmaße über alle Messungen bei beiden Rassen

Parameter	Klaue	Beide Rassen			Merinolandschaf			Rhönschaf		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Härte	vl	0,168	0,311	0,098	0,260	0,227	0,081	0,247	0,394	0,091
	vm	0,164	0,215	0,002	0,221	0,187	0,024	0,214	0,284	0,191
	hl	0,115	0,301	0,049	0,155	0,256	0,138	0,175	0,309	0,080
	hm	0,116	0,316	0,049	0,134	0,313	0,070	0,218	0,286	0,118
Dorsalwandlänge	vl	0,521	0,564	0,240	0,424	0,478	0,136	0,545	0,588	0,448
	vm	0,456	0,632	0,283	0,388	0,541	0,217	0,448	0,657	0,363
	hl	0,563	0,589	0,297	0,403	0,473	0,236	0,543	0,629	0,277
	hm	0,492	0,673	0,335	0,335	0,511	0,275	0,559	0,672	0,445
Trachtenwandlänge	vl	0,379	0,377	0,225	0,206	0,301	0,198	0,217	0,307	0,132
	vm	0,389	0,453	0,272	0,326	0,416	0,320	0,245	0,238	0,162
	hl	0,400	0,346	0,167	0,387	0,265	0,174	0,195	0,267	0,297
	hm	0,456	0,420	0,210	0,437	0,292	0,215	0,317	0,239	0,139
Diagonalenlänge	vl	0,633	0,677	0,526	0,502	0,516	0,169	0,620	0,605	0,243
	vm	0,539	0,694	0,569	0,385	0,575	0,225	0,559	0,653	0,186
	hl	0,602	0,673	0,566	0,486	0,434	0,177	0,610	0,673	0,428
	hm	0,634	0,750	0,576	0,441	0,551	0,215	0,602	0,705	0,430
Dorsalwandwinkel	vl	0,173	0,341	0,268	0,131	0,295	0,461	0,196	0,529	0,172
	vm	0,209	0,367	0,261	0,141	0,327	0,438	0,195	0,520	0,208
	hl	0,183	0,478	0,246	0,321	0,408	0,440	0,150	0,626	0,153
	hm	0,243	0,482	0,263	0,301	0,434	0,466	0,140	0,626	0,175

Tab. 2A: Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 1. Messung (8 – 10 Wochen) über beide Rassen (Monats- und Geschlechtseffekt)

Parameter (Einheit)	Klaue	Meßmonat						Geschlecht					
		Januar		Februar		März		April		m		w	
		LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se
Härte (Shore D)	vl	47,5	0,69	45,3	0,57	44,8	0,31	44,4	0,58	45,6	0,34	45,4	0,35
	vm	45,7	0,71	44,6	0,59	45,0	0,32	44,1	0,60	44,9	0,35	44,7	0,36
	hl	46,4	0,71	44,3	0,59	44,7	0,32	44,7	0,60	44,9	0,35	45,1	0,36
	hm	45,9	0,76	45,3	0,63	45,8	0,34	45,9	0,64	45,8	0,37	45,7	0,39
Dorsalwand- länge (mm)	vl	31,6	0,44	31,4	0,37	31,3	0,20	31,0	0,38	31,2	0,22	31,5	0,23
	vm	32,8	0,48	31,7	0,40	32,4	0,21	31,5	0,40	32,1	0,23	32,1	0,24
	hl	33,3	0,48	33,4	0,40	32,4	0,21	30,6	0,41	32,1	0,23	32,8	0,24
	hm	33,1	0,50	31,8	0,42	33,0	0,22	31,6	0,42	32,1	0,25	32,6	0,25
Trachtenwand- länge (mm)	vl	22,2	0,45	20,9	0,38	20,4	0,20	21,1	0,38	21,3	0,22	21,0	0,23
	vm	23,9	0,49	21,0	0,40	21,2	0,22	21,4	0,41	21,9	0,24	21,8	0,25
	hl	21,5	0,34	19,9	0,28	19,4	0,15	19,6	0,29	20,0	0,17	20,2	0,17
	hm	22,0	0,36	19,1	0,30	19,2	0,16	20,1	0,30	20,0	0,18	20,2	0,18
Diagonalenlänge (mm)	vl	51,9	0,59	51,2	0,49	51,5	0,27	51,4	0,50	51,5	0,29	51,5	0,30
	vm	51,5	0,71	52,2	0,59	52,5	0,32	52,0	0,60	51,9	0,35	52,2	0,36
	hl	50,6	0,62	49,5	0,51	49,7	0,28	49,8	0,52	49,8	0,30	50,0	0,31
	hm	51,3	0,62	50,7	0,52	49,7	0,28	48,7	0,53	49,8	0,30	50,4	0,32
Dorsalwand- winkel (Grad)	vl	56,5	0,80	56,1	0,67	57,0	0,36	55,5	0,68	56,5	0,39	56,1	0,41
	vm	57,9	0,72	56,6	0,60	56,9	0,32	55,3	0,61	56,7	0,35	56,6	0,37
	hl	51,9	0,67	48,2	0,56	48,3	0,30	47,2	0,57	49,1	0,33	48,7	0,34
	hm	52,5	0,68	49,5	0,57	49,3	0,30	47,6	0,58	49,9	0,33	49,6	0,35

Die Least-Square-Mittelwerte sind bei einem durchschnittlichen Gewicht von 19,5 kg dargestellt.

Tab. 3A: Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 2. Messung (16 – 20 Wochen) über beide Rassen (Monatseffekt)

Parameter (Einheit)	Klaue	Meßmonat									
		März		April		Mai		Juni		Juli	
		LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se
Härte (Shore D)	vl	51,9	1,30	54,8	1,27	55,4	1,34	52,9	0,66	51,8	0,80
	vm	52,9	1,38	54,7	1,34	55,6	1,42	53,1	0,69	50,7	0,85
	hl	48,5	1,26	50,5	1,23	52,3	1,30	55,1	0,64	52,7	0,77
	hm	49,4	1,30	51,4	1,27	54,3	1,34	55,9	0,66	53,4	0,80
Dorsalwand- länge (mm)	vl	42,1	1,19	41,1	1,16	35,9	1,23	36,3	0,60	38,8	0,73
	vm	44,1	1,22	42,9	1,19	37,4	1,26	36,4	0,61	38,3	0,75
	hl	43,4	1,31	41,9	1,27	37,5	1,35	36,6	0,66	38,1	0,80
	hm	43,7	1,29	42,1	1,26	36,1	1,33	37,4	0,65	38,9	0,79
Trachtenwand- länge (mm)	vl	26,8	0,89	25,6	0,87	25,7	0,92	23,2	0,45	22,8	0,55
	vm	27,6	0,89	26,1	0,86	24,7	0,91	23,2	0,45	22,3	0,54
	hl	23,7	0,75	22,8	0,73	22,2	0,77	21,7	0,38	21,1	0,46
	hm	24,0	0,79	23,1	0,77	21,7	0,82	21,6	0,40	20,7	0,49
Diagonalenlänge (mm)	vl	65,3	1,30	65,2	1,26	61,4	1,34	60,5	0,65	60,9	0,80
	vm	67,7	1,36	65,5	1,32	61,1	1,40	60,9	0,68	61,1	0,83
	hl	61,7	1,36	61,4	1,33	57,0	1,41	59,6	0,69	59,2	0,84
	hm	64,9	1,27	63,2	1,24	58,9	1,31	57,5	0,64	56,8	0,78
Dorsalwand- winkel (Grad)	vl	49,7	1,39	49,2	1,35	52,7	1,43	54,5	0,70	48,9	0,85
	vm	49,4	1,35	49,2	1,31	53,5	1,39	54,4	0,68	48,9	0,83
	hl	44,5	1,13	42,0	1,10	47,9	1,16	48,4	0,57	43,6	0,69
	hm	44,8	1,12	42,2	1,10	48,5	1,16	48,4	0,57	43,6	0,69

Die Least-Square-Mittelwerte sind bei einem durchschnittlichen Gewicht von 37,5 kg dargestellt.

Tab. 4A: Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 2. Messung (16 – 20 Wochen) über beide Rassen (Rasse- und Geschlechtseffekt)

Parameter (Einheit)	Klaue	Rasse						Geschlecht			
		Merino (Stall)		Rhönschaf (Stall)		Rhönschaf (Weide)		m		w	
		LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se
Härte (Shore D)	vl	50,2	0,71	52,1	1,22	57,8	1,18	53,1	0,61	53,6	0,65
	vm	50,3	0,76	52,1	1,29	57,8	1,25	53,7	0,65	53,1	0,69
	hl	52,1	0,69	49,7	1,18	53,7	1,14	51,4	0,59	52,2	0,63
	hm	52,8	0,71	50,6	1,22	55,2	1,18	52,6	0,61	53,2	0,65
Dorsalwand- länge (mm)	vl	38,3	0,65	40,7	1,11	37,6	1,08	39,3	0,56	38,4	0,60
	vm	38,6	0,67	42,4	1,14	38,4	1,11	40,6	0,57	39,0	0,61
	hl	38,7	0,72	41,7	1,22	38,0	1,19	40,0	0,62	38,9	0,66
	hm	40,6	0,71	40,8	1,21	37,5	1,17	40,3	0,61	39,0	0,65
Trachtenwand- länge (mm)	vl	23,7	0,49	25,6	0,84	25,1	0,81	25,1	0,42	24,5	0,45
	vm	23,8	0,49	24,9	0,83	25,7	0,81	25,4	0,42	24,2	0,45
	hl	22,1	0,41	22,0	0,70	22,9	0,68	22,9	0,35	21,8	0,38
	hm	22,3	0,43	21,9	0,74	22,4	0,72	22,6	0,37	21,8	0,40
Diagonalenlänge (mm)	vl	63,2	0,71	63,5	1,21	61,2	1,18	63,3	0,61	62,0	0,65
	vm	63,5	0,74	64,5	1,27	61,8	1,23	64,3	0,64	62,3	0,68
	hl	62,4	0,75	60,3	1,27	56,7	1,24	60,4	0,64	59,2	0,69
	hm	60,8	0,70	62,0	1,19	58,1	1,16	60,8	0,60	59,8	0,64
Dorsalwand- winkel (Grad)	vl	52,8	0,76	47,2	1,29	53,0	1,26	51,5	0,65	50,5	0,70
	vm	53,0	0,74	47,6	1,26	52,7	1,22	51,3	0,63	50,8	0,68
	hl	46,1	0,62	42,4	1,05	47,3	1,02	45,2	0,53	45,3	0,57
	hm	46,3	0,62	42,7	1,05	47,5	1,02	45,5	0,53	45,6	0,57

Die Least-Square-Mittelwerte sind bei einem durchschnittlichen Gewicht von 37,5 kg dargestellt.

Tab. 5A: Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 1. Messung (8 Wochen) beim Merinolandschaf (Vatereffekt)

Parameter (Einheit)	Klaue	Vater									
		1		2		3		4		5	
		LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se
Härte (Shore D)	vl	44,9	0,66	44,6	0,73	43,1	0,99	44,3	0,85	44,0	1,06
	vm	44,9	0,71	44,9	0,79	42,7	1,07	45,4	0,92	45,3	1,14
	hl	44,0	0,70	45,1	0,78	43,5	1,05	44,3	0,90	45,4	1,12
	hm	45,3	0,76	46,6	0,84	45,0	1,14	45,3	0,98	46,8	1,21
Dorsalwand- länge (mm)	vl	32,3	0,44	32,3	0,49	34,4	0,66	32,2	0,57	32,1	0,71
	vm	32,8	0,47	32,9	0,53	34,7	0,71	32,4	0,61	33,2	0,76
	hl	32,9	0,48	34,4	0,53	34,6	0,71	33,4	0,61	33,3	0,76
	hm	33,1	0,52	34,5	0,58	34,6	0,79	34,1	0,68	33,2	0,84
Trachtenwand- länge (mm)	vl	22,3	0,50	22,7	0,56	21,7	0,75	22,9	0,65	23,1	0,80
	vm	23,0	0,51	23,0	0,57	22,5	0,77	22,3	0,66	23,7	0,82
	hl	20,6	0,34	21,2	0,38	20,3	0,52	20,5	0,44	20,6	0,55
	hm	20,6	0,36	21,1	0,40	19,8	0,54	20,6	0,46	21,8	0,57
Diagonalenlänge (mm)	vl	53,8	0,58	54,1	0,65	56,3	0,88	54,2	0,75	53,9	0,93
	vm	54,1	0,74	54,8	0,83	56,5	1,11	54,7	0,95	53,4	1,19
	hl	51,0	0,63	52,0	0,70	53,4	0,94	52,4	0,81	50,0	1,01
	hm	52,3	0,67	53,5	0,74	53,7	1,00	52,3	0,86	51,6	1,07
Dorsalwand- winkel (Grad)	vl	58,4	0,76	57,2	0,84	54,3	1,14	57,8	0,98	57,8	1,22
	vm	58,5	0,63	57,8	0,70	54,9	0,95	57,8	0,81	58,1	1,01
	hl	49,2	0,65	47,5	0,73	45,5	0,98	48,6	0,84	48,2	1,04
	hm	50,0	0,66	49,0	0,74	46,6	1,00	49,6	0,85	49,3	1,06

Die Least-Square-Mittelwerte sind bei einem durchschnittlichen Gewicht von 21,5 kg dargestellt.

Tab. 6A: Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 1. Messung (8 Wochen) beim Merinolandschaf (Monats- und Geschlechtseffekt)

Parameter (Einheit)	Klaue	Meßmonat								Geschlecht			
		Januar		Februar		März		April		m		w	
		LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se
Härte (Shore D)	vl	47,1	0,68	44,8	0,53	44,4	0,54	40,3	1,77	44,1	0,56	44,2	0,61
	vm	46,0	0,73	44,8	0,57	44,9	0,58	42,8	1,92	44,8	0,61	44,4	0,66
	hl	46,5	0,72	44,1	0,56	44,5	0,57	42,7	1,88	44,3	0,60	44,6	0,65
	hm	46,1	0,78	45,5	0,61	45,9	0,62	45,5	2,04	46,1	0,65	45,4	0,70
Dorsalwand- länge (mm)	vl	32,8	0,45	32,8	0,35	33,0	0,36	32,2	1,19	32,5	0,38	32,8	0,41
	vm	33,8	0,49	32,9	0,38	33,9	0,39	32,2	1,27	33,2	0,40	33,2	0,44
	hl	34,6	0,49	34,8	0,38	33,8	0,39	31,7	1,28	33,5	0,41	34,0	0,44
	hm	34,6	0,54	33,4	0,42	34,4	0,43	33,1	1,41	33,6	0,45	34,2	0,48
Trachtenwand- länge (mm)	vl	23,4	0,52	22,1	0,40	21,4	0,41	23,2	1,35	22,8	0,43	22,2	0,46
	vm	24,6	0,53	21,7	0,41	22,0	0,42	23,3	1,38	23,0	0,44	22,8	0,47
	hl	21,9	0,35	20,4	0,28	19,8	0,28	20,4	0,93	20,6	0,29	20,6	0,32
	hm	22,8	0,37	19,9	0,29	19,9	0,29	20,6	0,96	20,8	0,31	20,8	0,33
Diagonalenlänge (mm)	vl	54,1	0,60	53,6	0,47	53,9	0,48	56,3	1,57	54,4	0,50	54,5	0,54
	vm	53,7	0,76	54,6	0,60	54,9	0,61	55,7	1,99	54,7	0,63	54,8	0,68
	hl	52,6	0,65	51,7	0,51	52,0	0,51	50,7	1,69	51,7	0,54	51,8	0,58
	hm	53,3	0,69	52,9	0,54	51,7	0,55	52,8	1,80	52,5	0,57	52,8	0,62
Dorsalwand- winkel (Grad)	vl	58,0	0,78	57,3	0,61	58,0	0,62	55,0	2,04	57,5	0,65	56,7	0,70
	vm	59,1	0,65	57,6	0,51	57,7	0,51	55,2	1,69	57,6	0,54	57,2	0,58
	hl	52,3	0,67	48,1	0,52	48,5	0,53	42,3	1,75	48,1	0,56	47,5	0,60
	hm	53,4	0,68	50,0	0,53	49,9	0,54	42,4	1,78	49,1	0,57	48,8	0,61

Die Least-Square-Mittelwerte sind bei einem durchschnittlichen Gewicht von 21,5 kg dargestellt.

Tab. 7A: Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 2. Messung (16 Wochen) beim Merinolandschaf (Vatereffekt)

Parameter (Einheit)	Klaue	Vater									
		1		2		3		4		5	
		LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se
Härte (Shore D)	vl	51,2	0,71	51,2	0,83	49,5	1,17	51,9	0,99	51,1	1,25
	vm	51,7	0,73	51,1	0,85	50,3	1,20	52,5	1,02	50,1	1,29
	hl	51,9	0,65	52,9	0,76	50,3	1,07	53,8	0,90	50,8	1,14
	hm	52,5	0,69	54,1	0,80	53,3	1,13	53,9	0,96	54,1	1,21
Dorsalwand- länge (mm)	vl	39,5	0,68	38,9	0,79	39,9	1,11	37,9	0,94	39,1	1,19
	vm	39,6	0,67	39,6	0,78	42,2	1,10	38,7	0,94	40,8	1,18
	hl	40,0	0,72	40,0	0,84	41,3	1,18	38,6	1,00	41,2	1,27
	hm	41,4	0,75	41,4	0,88	43,5	1,24	40,9	1,05	42,6	1,32
Trachtenwand- länge (mm)	vl	24,8	0,49	25,4	0,58	24,8	0,81	23,6	0,69	25,6	0,87
	vm	25,2	0,47	24,6	0,55	26,4	0,77	23,7	0,65	25,0	0,82
	hl	22,7	0,44	23,2	0,51	23,2	0,71	22,1	0,61	23,4	0,77
	hm	23,4	0,46	22,7	0,54	22,8	0,76	22,5	0,65	23,9	0,82
Diagonalenlänge (mm)	vl	65,3	0,69	65,2	0,81	64,9	1,14	63,9	0,97	64,6	1,22
	vm	65,4	0,72	65,3	0,84	66,5	1,18	63,7	1,00	66,3	1,26
	hl	63,5	0,76	64,6	0,89	63,6	1,25	62,7	1,06	63,9	1,34
	hm	62,6	0,70	63,6	0,81	63,1	1,15	61,9	0,98	63,3	1,23
Dorsalwand- winkel (Grad)	vl	54,5	0,67	51,8	0,78	50,6	1,10	53,5	0,93	51,9	1,18
	vm	54,4	0,65	52,2	0,75	51,2	1,06	53,4	0,90	52,0	1,14
	hl	47,2	0,60	45,5	0,70	44,5	0,99	46,2	0,84	46,3	1,06
	hm	47,5	0,60	45,5	0,70	44,9	0,98	46,6	0,83	46,5	1,05

Die Least-Square-Mittelwerte sind bei einem durchschnittlichen Gewicht von 40,5 kg dargestellt.

Tab. 8A: Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 2. Messung (16 Wochen) beim Merinolandschaf (Monats- und Geschlechtseffekt)

Parameter (Einheit)	Klaue	Meßmonat								Geschlecht			
		Januar		Februar		März		April		m		w	
		LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se
Härte (Shore D)	vl	49,3	0,67	52,0	0,59	52,5	0,79	50,1	1,87	50,8	0,64	51,2	0,71
	vm	50,2	0,69	51,9	0,61	52,6	0,81	49,8	1,93	51,5	0,66	50,8	0,73
	hl	49,4	0,61	50,9	0,54	52,6	0,72	55,0	1,71	51,6	0,58	52,3	0,65
	hm	50,3	0,65	52,1	0,57	55,2	0,76	56,8	1,81	53,1	0,62	54,1	0,69
Dorsalwand- länge (mm)	vl	41,9	0,64	41,3	0,56	36,1	0,75	37,0	1,78	39,5	0,61	38,7	0,68
	vm	43,6	0,64	42,8	0,56	37,6	0,74	36,8	1,77	40,9	0,60	39,5	0,67
	hl	43,3	0,68	42,1	0,60	37,9	0,80	37,6	1,90	40,8	0,65	39,7	0,72
	hm	45,6	0,71	44,2	0,62	38,4	0,83	39,6	1,98	42,6	0,68	41,3	0,75
Trachtenwand- länge (mm)	vl	26,0	0,47	24,9	0,41	25,1	0,55	23,5	1,30	25,2	0,44	24,6	0,49
	vm	26,8	0,44	25,7	0,39	24,3	0,52	23,1	1,23	25,6	0,42	24,4	0,47
	hl	23,7	0,41	23,0	0,36	22,5	0,48	22,4	1,15	23,4	0,39	22,4	0,44
	hm	24,3	0,44	23,5	0,38	22,0	0,51	22,4	1,22	23,5	0,42	22,6	0,46
Diagonalenlänge (mm)	vl	66,7	0,66	66,8	0,57	63,0	0,77	62,7	1,83	65,3	0,62	64,2	0,69
	vm	68,9	0,68	67,0	0,59	62,8	0,79	63,2	1,89	66,4	0,64	64,5	0,72
	hl	65,3	0,72	64,9	0,63	60,5	0,84	63,9	2,01	64,3	0,68	63,0	0,76
	hm	66,4	0,66	64,8	0,58	60,6	0,77	59,8	1,84	63,4	0,63	62,4	0,70
Dorsalwand- winkel (Grad)	vl	50,8	0,63	50,4	0,55	53,3	0,74	55,3	1,77	53,3	0,60	51,6	0,67
	vm	50,6	0,61	50,4	0,54	54,3	0,72	55,4	1,71	53,1	0,58	52,2	0,65
	hl	44,9	0,57	42,3	0,50	47,8	0,67	48,7	1,59	46,0	0,54	45,8	0,60
	hm	45,2	0,56	42,6	0,49	48,5	0,66	48,6	1,57	46,3	0,54	46,1	0,60

Die Least-Square-Mittelwerte sind bei einem durchschnittlichen Gewicht von 40,5 kg dargestellt.

Tab. 9A: Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 3. Messung (51 – 63 Wochen) beim Merinolandschaf (Vatereffekt)

Parameter (Einheit)	Klaue	Vater									
		1		2		3		4		5	
		LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se
Härte (Shore D)	vl	59,3	0,81	59,1	0,98	57,4	1,16	57,8	1,05	57,9	1,65
	vm	56,9	0,75	57,3	0,91	56,3	1,08	57,0	0,98	55,6	1,53
	hl	56,8	0,67	57,1	0,81	55,8	0,96	56,9	0,87	53,1	1,36
	hm	57,5	0,68	58,1	0,82	59,5	0,98	57,7	0,89	55,8	1,38
Dorsalwand- länge (mm)	vl	46,7	0,59	46,7	0,72	49,3	0,85	46,4	0,77	47,6	1,20
	vm	48,0	0,68	47,9	0,83	51,7	0,98	48,3	0,89	50,1	1,39
	hl	46,5	0,62	48,7	0,75	49,6	0,89	48,4	0,81	51,1	1,26
	hm	46,8	0,61	48,3	0,75	51,5	0,89	48,1	0,80	48,9	1,25
Trachtenwand- länge (mm)	vl	27,6	0,74	27,8	0,90	29,5	1,07	29,5	0,97	27,3	1,51
	vm	27,9	0,63	29,2	0,77	30,3	0,91	29,4	0,83	27,7	1,29
	hl	24,3	0,56	23,2	0,68	24,4	0,80	24,3	0,73	25,9	1,14
	hm	23,7	0,46	23,3	0,56	24,3	0,67	23,6	0,60	24,2	0,94
Diagonalenlänge (mm)	vl	74,0	0,76	74,2	0,92	76,7	1,10	73,7	1,00	74,3	1,55
	vm	73,7	0,72	74,6	0,87	77,4	1,04	74,2	0,94	74,2	1,47
	hl	70,4	0,74	72,5	0,90	73,1	1,06	72,1	0,96	71,5	1,51
	hm	67,8	0,82	71,6	0,99	71,4	1,18	69,4	1,07	69,0	1,67
Dorsalwand- winkel (Grad)	vl	54,0	0,70	50,2	0,85	50,2	1,01	53,2	0,91	53,3	1,43
	vm	53,4	0,71	50,1	0,86	49,7	1,02	53,2	0,93	52,8	1,45
	hl	45,0	0,59	42,7	0,71	43,0	0,85	44,9	0,77	44,8	1,20
	hm	45,2	0,56	42,7	0,68	43,8	0,80	45,4	0,73	45,3	1,13

Die Least-Square-Mittelwerte sind bei einem durchschnittlichen Gewicht von 73,7 kg dargestellt.

Tab. 10A: Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 1. Messung (8 – 10 Wochen) beim Rhönschaf (Vatereffekt)

Parameter (Einheit)	Klaue	Vater									
		1		2		3		4		5	
		LSM	se	LSM	se	LSM	LSM	se	LSM	se	LSM
Härte (Shore D)	vl	43,4	0,73	46,7	0,69	44,6	1,01	45,9	0,67	44,2	0,80
	vm	43,7	0,72	46,1	0,68	43,2	1,00	44,4	0,66	43,2	0,79
	hl	45,6	0,78	45,9	0,74	44,0	1,08	45,0	0,71	44,0	0,86
	hm	45,7	0,81	46,6	0,77	44,3	1,13	46,2	0,74	44,4	0,89
Dorsalwand- länge (mm)	vl	29,5	0,43	30,7	0,41	30,1	0,59	30,6	0,39	28,3	0,47
	vm	30,6	0,48	31,3	0,46	30,7	0,67	31,6	0,44	29,3	0,53
	hl	29,6	0,48	31,2	0,45	29,5	0,66	30,7	0,44	29,2	0,53
	hm	30,8	0,47	31,5	0,45	31,0	0,65	30,8	0,43	29,9	0,52
Trachtenwand- länge (mm)	vl	18,9	0,40	19,6	0,38	19,7	0,55	19,7	0,36	18,9	0,44
	vm	19,7	0,49	20,4	0,47	20,6	0,69	20,5	0,45	20,2	0,54
	hl	18,8	0,35	19,1	0,33	19,5	0,48	19,3	0,32	18,3	0,38
	hm	19,1	0,38	18,7	0,36	18,2	0,53	18,9	0,35	19,1	0,42
Diagonalenlänge (mm)	vl	47,5	0,62	49,1	0,59	49,2	0,87	49,1	0,57	48,2	0,69
	vm	49,1	0,69	49,1	0,66	47,9	0,96	49,8	0,63	47,5	0,76
	hl	47,0	0,61	47,5	0,58	47,4	0,84	48,7	0,56	46,1	0,67
	hm	46,0	0,56	46,6	0,53	46,3	0,78	47,7	0,51	45,8	0,62
Dorsalwand- winkel (Grad)	vl	56,4	0,85	52,9	0,80	54,8	1,18	53,8	0,77	56,8	0,93
	vm	56,4	0,84	53,2	0,80	55,2	1,17	53,9	0,77	56,8	0,93
	hl	48,8	0,62	46,0	0,59	47,9	0,87	47,3	0,57	48,6	0,69
	hm	49,2	0,65	46,4	0,61	48,1	0,90	47,7	0,59	49,0	0,71

Die Least-Square-Mittelwerte sind bei einem durchschnittlichen Gewicht von 16,9 kg dargestellt.

Tab. 11A: Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 1. Messung (8 – 10 Wochen) beim Rhönschaf (Monats-, Geschlechts- und Pigmenteffect)

Parameter (Einheit)	Klaue	Meßmonat				Geschlecht				Pigmentierung			
		März		April		m		w		nein		ja	
		LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se
Härte (Shore D)	vl	44,5	0,47	45,3	0,67	45,1	0,62	44,7	0,50	44,7	0,35	45,1	0,82
	vm	44,3	0,46	44,0	0,66	44,0	0,61	44,2	0,50	44,1	0,35	44,2	0,81
	hl	44,8	0,50	45,0	0,71	44,7	0,67	45,1	0,54	44,7	0,37	45,1	0,88
	hm	45,4	0,53	45,5	0,74	44,9	0,70	45,9	0,56	45,2	0,39	45,7	0,92
Dorsalwand- länge (mm)	vl	29,9	0,28	29,8	0,39	29,8	0,37	29,9	0,30	29,6	0,21	30,1	0,48
	vm	31,0	0,31	30,4	0,44	30,7	0,41	30,7	0,33	30,5	0,23	30,9	0,54
	hl	30,9	0,31	29,1	0,44	29,5	0,41	30,6	0,33	29,9	0,23	30,2	0,54
	hm	31,6	0,30	30,0	0,43	30,5	0,40	31,1	0,33	30,6	0,23	31,0	0,53
Trachtenwand- länge (mm)	vl	19,0	0,26	19,7	0,36	19,4	0,34	19,3	0,27	19,6	0,19	19,1	0,45
	vm	20,2	0,32	20,4	0,45	20,3	0,42	20,2	0,34	20,4	0,24	20,2	0,56
	hl	18,7	0,22	19,3	0,32	18,9	0,30	19,1	0,24	18,9	0,17	19,1	0,39
	hm	18,4	0,25	19,2	0,35	18,6	0,33	19,0	0,26	18,8	0,18	18,8	0,43
Diagonalenlänge (mm)	vl	48,9	0,40	48,4	0,57	48,7	0,54	48,5	0,43	48,9	0,30	48,3	0,71
	vm	49,3	0,45	48,0	0,63	48,3	0,59	49,1	0,48	49,6	0,33	47,7	0,78
	hl	47,2	0,39	47,4	0,56	47,1	0,52	47,5	0,42	47,2	0,29	47,4	0,69
	hm	47,2	0,36	45,8	0,51	46,0	0,48	47,0	0,39	46,5	0,27	46,5	0,63
Dorsalwand- winkel (Grad)	vl	55,7	0,55	54,1	0,78	54,9	0,73	55,0	0,59	54,8	0,41	55,0	0,96
	vm	56,0	0,54	54,3	0,77	55,1	0,72	55,1	0,58	54,9	0,40	55,3	0,95
	hl	48,0	0,40	47,4	0,57	47,8	0,53	47,7	0,43	47,5	0,30	47,9	0,70
	hm	48,5	0,42	47,6	0,59	48,2	0,55	48,0	0,45	47,8	0,31	48,3	0,73

Die Least-Square-Mittelwerte sind bei einem durchschnittlichen Gewicht von 16,9 kg dargestellt.

Tab. 12A: Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 2. Messung (18 – 20 Wochen) beim Rhönschaf (Vatereffekt)

Parameter (Einheit)	Klaue	Vater									
		1		2		3		4		5	
		LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se
Härte (Shore D)	vl	53,9	0,79	54,3	0,75	54,0	1,11	54,6	0,72	53,1	0,88
	vm	54,0	0,89	53,5	0,84	52,8	1,24	53,2	0,81	53,6	0,98
	hl	53,6	0,84	54,2	0,79	53,2	1,17	54,0	0,76	53,5	0,92
	hm	54,1	0,85	54,7	0,81	55,4	1,19	54,0	0,77	54,6	0,94
Dorsalwand- länge (mm)	vl	36,1	0,69	37,0	0,65	36,4	0,96	37,7	0,62	35,6	0,76
	vm	36,1	0,70	38,2	0,66	37,2	0,98	37,5	0,64	35,4	0,77
	hl	34,9	0,75	38,4	0,71	35,4	1,05	36,8	0,68	34,7	0,83
	hm	35,5	0,69	37,5	0,65	36,0	0,97	36,7	0,63	35,2	0,76
Trachtenwand- länge (mm)	vl	23,0	0,54	23,8	0,51	23,4	0,75	22,8	0,49	22,6	0,59
	vm	22,5	0,57	23,6	0,54	23,4	0,79	22,5	0,52	22,2	0,63
	hl	20,9	0,41	21,5	0,39	21,9	0,57	20,4	0,37	21,1	0,45
	hm	20,4	0,43	20,8	0,40	20,9	0,60	20,8	0,39	20,0	0,47
Diagonalenlänge (mm)	vl	56,9	0,82	60,7	0,77	58,6	1,14	59,5	0,74	58,9	0,90
	vm	57,2	0,84	61,1	0,79	58,8	1,17	60,7	0,76	58,6	0,92
	hl	54,9	0,79	58,3	0,75	56,2	1,11	57,0	0,72	56,1	0,88
	hm	53,9	0,75	57,2	0,71	53,7	1,04	55,3	0,68	53,8	0,83
Dorsalwand- winkel (Grad)	vl	52,2	0,92	49,4	0,87	53,8	1,28	51,7	0,83	51,7	1,01
	vm	52,2	0,92	49,4	0,87	53,5	1,28	51,7	0,83	51,7	1,02
	hl	46,3	0,68	44,3	0,64	47,2	0,95	45,9	0,62	46,2	0,75
	hm	46,3	0,68	44,3	0,64	47,2	0,95	45,9	0,62	46,2	0,75

Die Least-Square-Mittelwerte sind bei einem durchschnittlichen Gewicht von 33,8 kg dargestellt.

Tab. 13A: Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 2. Messung (18 – 20 Wochen) beim Rhönschaf (Monats-, Geschlechts- und Pigmenteffect)

Parameter (Einheit)	Klaue	Meßmonat				Geschlecht				Pigmentierung			
		Juni		Juli		m		w		nein		ja	
		LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se
Härte (Shore D)	vl	54,5	0,55	53,4	0,65	53,5	0,88	54,5	0,85	52,8	0,37	55,1	0,90
	vm	54,5	0,62	52,3	0,73	53,1	0,99	53,7	0,95	52,7	0,41	54,2	1,01
	hl	54,9	0,58	52,5	0,69	53,5	0,93	53,9	0,89	52,9	0,39	54,5	0,95
	hm	55,7	0,60	53,5	0,70	55,1	0,95	54,1	0,91	53,9	0,39	55,3	0,97
Dorsalwand- länge (mm)	vl	35,4	0,48	37,7	0,56	36,5	0,76	36,6	0,73	37,0	0,32	36,2	0,78
	vm	36,0	0,49	37,8	0,58	37,1	0,78	36,7	0,75	37,0	0,32	36,7	0,80
	hl	35,3	0,52	36,8	0,62	35,8	0,83	36,3	0,80	36,7	0,35	35,3	0,85
	hm	35,4	0,48	36,9	0,57	36,4	0,77	36,0	0,74	36,6	0,32	35,8	0,79
Trachtenwand- länge (mm)	vl	23,2	0,38	23,0	0,44	23,0	0,60	23,2	0,57	23,0	0,25	23,3	0,61
	vm	23,2	0,40	22,5	0,47	23,1	0,63	22,6	0,61	22,7	0,26	23,0	0,65
	hl	21,4	0,29	21,0	0,34	21,8	0,45	20,6	0,44	21,3	0,19	21,1	0,46
	hm	21,1	0,30	20,1	0,35	20,6	0,47	20,6	0,46	20,7	0,20	20,4	0,48
Diagonalenlänge (mm)	vl	58,7	0,57	59,1	0,67	59,8	0,90	58,0	0,87	58,9	0,38	58,9	0,93
	vm	59,2	0,58	59,3	0,69	59,8	0,93	58,8	0,89	59,2	0,38	59,3	0,95
	hl	56,7	0,55	56,3	0,65	56,8	0,88	56,2	0,85	56,7	0,37	56,3	0,90
	hm	55,2	0,52	54,3	0,61	55,1	0,83	54,4	0,80	55,6	0,34	53,9	0,85
Dorsalwand- winkel (Grad)	vl	54,5	0,64	49,0	0,75	51,2	1,02	52,4	0,98	51,2	0,42	52,3	1,04
	vm	54,4	0,64	49,0	0,76	51,1	1,02	52,3	0,98	51,1	0,42	52,3	1,04
	hl	48,4	0,48	43,5	0,56	45,5	0,76	46,5	0,73	46,0	0,31	45,9	0,78
	hm	48,4	0,48	43,5	0,56	45,5	0,76	46,5	0,73	46,0	0,31	45,9	0,78

Die Least-Square-Mittelwerte sind bei einem durchschnittlichen Gewicht von 33,8 kg dargestellt.

Tab. 14A: Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 3. Messung (51 – 55 Wochen) beim Rhönschaf (Vatereffekt)

Parameter (Einheit)	Klaue	Vater									
		1		2		3		4		5	
		LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se
Härte (Shore D)	vl	53,9	1,55	57,3	1,45	55,8	1,42	56,1	1,27	55,9	1,78
	vm	58,5	1,07	57,6	1,00	55,0	0,97	56,6	0,87	55,8	1,22
	hl	56,2	1,08	56,2	1,01	55,7	0,99	55,3	0,89	54,5	1,24
	hm	57,8	1,20	56,0	1,12	56,1	1,10	57,0	0,98	55,0	1,37
Dorsalwand- länge (mm)	vl	40,2	0,93	44,5	0,87	42,6	0,86	46,3	0,77	42,3	1,07
	vm	40,8	1,08	46,1	1,01	44,9	0,99	46,4	0,88	44,3	1,23
	hl	39,9	1,21	44,9	1,13	44,6	1,11	45,3	0,99	43,4	1,39
	hm	39,6	1,07	43,7	1,00	44,5	0,98	46,1	0,88	42,3	1,22
Trachtenwand- länge (mm)	vl	23,7	1,18	26,7	1,11	26,5	1,08	24,8	0,97	24,1	1,36
	vm	26,1	0,96	27,5	0,90	27,3	0,88	26,0	0,79	26,7	1,10
	hl	22,6	0,74	23,2	0,69	23,4	0,67	23,5	0,60	21,4	0,84
	hm	21,5	0,83	23,2	0,78	22,9	0,76	22,2	0,68	21,4	0,95
Diagonalenlänge (mm)	vl	64,1	1,28	67,0	1,20	64,9	1,17	68,8	1,05	67,1	1,47
	vm	62,5	1,44	66,4	1,35	64,7	1,32	67,5	1,19	66,2	1,65
	hl	57,6	1,34	60,8	1,25	64,8	1,23	64,8	1,10	63,4	1,53
	hm	56,6	1,16	58,9	1,08	60,3	1,06	62,9	0,95	61,4	1,32
Dorsalwand- winkel (Grad)	vl	52,5	1,57	47,8	1,47	49,4	1,44	50,5	1,29	49,4	1,80
	vm	52,5	1,51	47,4	1,41	49,5	1,38	50,3	1,24	49,6	1,73
	hl	45,4	1,28	42,2	1,19	42,5	1,17	41,5	1,05	41,7	1,46
	hm	46,0	1,12	43,1	1,05	43,5	1,03	42,0	0,92	43,2	1,28

Die Least-Square-Mittelwerte sind bei einem durchschnittlichen Gewicht von 52,8 kg dargestellt.

Tab. 15A: Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenmaße bei der 3. Messung (51 – 55 Wochen) beim Rhönschaf (Pigmenteffekt)

Parameter (Einheit)	Klaue	Pigmentierung			
		nein		ja	
		LSM	se	LSM	se
Härte (Shore D)	vl	55,4	1,09	56,2	0,83
	vm	56,9	0,75	56,5	0,57
	hl	56,2	0,76	55,0	0,58
	hm	56,9	0,84	55,9	0,64
Dorsalwand- länge (mm)	vl	43,2	0,65	43,1	0,50
	vm	44,7	0,75	44,3	0,58
	hl	43,8	0,85	43,5	0,65
	hm	43,2	0,75	43,3	0,57
Trachtenwand- länge (mm)	vl	25,1	0,83	25,3	0,63
	vm	27,6	0,67	25,9	0,51
	hl	22,8	0,52	22,8	0,39
	hm	22,4	0,58	22,1	0,44
Diagonalenlänge (mm)	vl	66,5	0,90	66,3	0,69
	vm	65,2	1,01	65,7	0,77
	hl	62,0	0,94	62,6	0,72
	hm	60,1	0,81	60,0	0,62
Dorsalwand- winkel (Grad)	vl	49,8	1,10	50,0	0,84
	vm	49,9	1,06	49,8	0,81
	hl	42,4	0,89	43,0	0,68
	hm	43,3	0,79	43,8	0,60

Die Least-Square-Mittelwerte sind bei einem durchschnittlichen Gewicht von 52,8 kg dargestellt.

Tab. 16A: Bestimmtheitsmaße (R^2) der Klauenhornparameter bei beiden Rassen

Parameter (Einheit)	Klaue	R^2		
		beide Rassen	Merinolandschaf	Rhönschaf
Anzahl Hornröhrchen (N/mm ²)	vorne lateral	0,132	0,273	0,242
	hinten medial	0,151	0,249	0,262
Einzelröhrchenfläche (10 ⁻³ mm ²)	vorne lateral	0,027	0,150	0,256
	hinten medial	0,050	0,250	0,397
Gesamtröhrchenfläche (10 ⁻³ mm ²)	vorne lateral	0,052	0,324	0,263
	hinten medial	0,097	0,318	0,408
Wassergehalt (%)	vorne lateral	0,058	0,132	0,111
	vorne medial	0,112	0,121	0,108
	hinten lateral	0,070	0,279	0,208
	hinten medial	0,074	0,191	0,137
Wasser- aufnahme- vermögen (%)	vorne lateral	0,041	0,102	0,152
	vorne medial	0,057	0,213	0,121
	hinten lateral	0,047	0,288	0,243
	hinten medial	0,052	0,161	0,120

Tab. 17A: Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenhornparameter über beide Rassen (Geschlechtseffekt)

Parameter (Einheit)	Klaue	Geschlecht			
		m		w	
		LSM	se	LSM	se
Anzahl Hornröhrchen (N/mm ²)	vorne lateral	58,9	0,71	58,6	1,90
	hinten medial	59,3	0,80	54,9	2,14
Einzelröhrchenfläche (10 ⁻³ mm ²)	vorne lateral	3,0	0,05	3,1	0,14
	hinten medial	2,8	0,05	3,2	0,13
Gesamtröhrchenfläche (10 ⁻³ mm ²)	vorne lateral	173,4	2,80	179,4	7,51
	hinten medial	165,5	2,58	169,8	6,92
Wassergehalt (%)	vorne lateral	40,9	0,42	41,0	1,13
	vorne medial	40,9	0,33	41,0	0,89
	hinten lateral	40,4	0,41	40,0	1,09
	hinten medial	39,4	0,40	39,0	1,07
Wasser- aufnahme- vermögen (%)	vorne lateral	45,3	0,37	44,5	1,00
	vorne medial	45,5	0,30	44,6	0,81
	hinten lateral	45,1	0,34	44,0	0,91
	hinten medial	44,6	0,34	43,3	0,91

Die Least-Square-Mittelwerte sind bei einem durchschnittlichen Gewicht von 44,4 kg dargestellt.

Tab. 18A: Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenhornparameter beim Merinolandschaf (Vatereffekt)

Parameter (Einheit)	Klaue	Vater									
		1		2		3		4		5	
		LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se
Anzahl Hornröhrchen (N/mm ²)	vl	57,2	2,34	54,8	2,72	59,5	3,07	62,5	2,38	56,2	2,70
	hm	57,6	2,70	57,8	3,13	59,1	3,53	59,1	2,74	53,9	3,10
Einzelröhrchenfläche (10 ⁻³ mm ²)	vl	2,9	0,18	2,9	0,21	2,8	0,23	3,2	0,18	3,5	0,20
	hm	2,7	0,13	2,6	0,15	2,6	0,17	3,1	0,13	3,0	0,15
Gesamtröhrchenfläche (10 ⁻³ mm ²)	vl	160,7	7,94	155,6	9,21	164,4	10,40	195,9	8,07	193,5	9,14
	hm	153,0	7,48	145,2	8,67	154,4	9,79	181,8	7,60	158,9	8,61
Wassergehalt (%)	vl	42,3	1,44	41,6	1,67	46,1	1,89	41,1	1,46	41,7	1,66
	vm	43,6	1,10	41,8	1,27	44,2	1,44	42,7	1,11	41,5	1,26
	hl	42,8	1,01	41,6	1,17	46,0	1,32	40,8	1,03	41,5	1,16
	hm	40,9	1,18	38,8	1,37	43,7	1,55	39,9	1,20	39,6	1,36
Wasser-aufnahme-vermögen (%)	vl	46,1	1,26	45,2	1,46	49,1	1,65	45,7	1,28	46,1	1,45
	vm	47,3	0,96	45,6	1,11	48,0	1,26	46,5	0,98	46,0	1,11
	hl	46,8	0,83	45,8	0,97	49,0	1,09	45,1	0,85	46,3	0,96
	hm	45,3	1,02	43,1	1,18	47,0	1,34	44,8	1,04	43,9	1,17

Die Least-Square-Mittelwerte sind bei einem durchschnittlichen Gewicht von 47,6 kg dargestellt.

Tab. 19A: Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenhornparameter beim Merinolandschaf (Monatseffekt)

Parameter (Einheit)	Klaue	Schlachtmonat							
		März		April		Mai		Juni	
		LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se
Anzahl Hornröhrchen (N/mm ²)	vl	58,3	3,51	55,6	3,07	61,1	1,89	57,2	3,02
	hm	62,5	4,03	54,7	3,53	59,0	2,17	53,9	3,47
Einzelröhrchenfläche (10 ⁻³ mm ²)	vl	2,9	0,26	2,9	0,23	3,1	0,14	3,3	0,23
	hm	2,4	0,19	2,7	0,17	2,9	0,10	3,1	0,17
Gesamtröhrchenfläche (10 ⁻³ mm ²)	vl	167,7	11,87	161,2	10,41	186,2	6,40	181,0	10,23
	hm	151,9	11,19	147,1	9,81	171,0	6,03	164,6	9,64
Wassergehalt (%)	vl	44,8	2,15	42,4	1,89	42,7	1,16	40,1	1,86
	vm	42,8	1,64	42,2	1,44	41,8	0,88	44,1	1,41
	hl	46,8	1,51	40,8	1,32	42,5	0,81	40,1	1,30
	hm	42,3	1,77	41,7	1,55	40,1	0,95	38,3	1,53
Wasser-aufnahme-vermögen (%)	vl	47,9	1,88	46,3	1,65	46,3	1,01	45,2	1,62
	vm	46,4	1,44	45,6	1,26	45,5	0,77	49,3	1,24
	hl	50,4	1,25	44,6	1,09	45,9	0,67	45,5	1,07
	hm	45,4	1,52	45,3	1,34	44,8	0,82	43,7	1,31

Die Least-Square-Mittelwerte sind bei einem durchschnittlichen Gewicht von 47,6 kg dargestellt.

Tab. 20A: Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenhornparameter beim Merinolandschaf (Geschlechtseffekt)

Parameter (Einheit)	Klaue	Geschlecht			
		m		w	
		LSM	se	LSM	se
Anzahl Hornröhrchen (N/mm ²)	vl	56,9	1,44	59,2	2,79
	hm	58,3	1,65	56,8	3,21
Einzelröhrchenfläche (10 ⁻³ mm ²)	vl	3,0	0,11	3,1	0,21
	hm	2,7	0,08	2,9	0,15
Gesamtröhrchenfläche (10 ⁻³ mm ²)	vl	169,3	4,86	178,7	9,46
	hm	156,2	4,58	161,1	8,92
Wassergehalt (%)	vl	41,8	0,88	43,3	1,72
	vm	42,8	0,67	42,7	1,31
	hl	41,9	0,62	43,2	1,20
	hm	41,1	0,73	40,1	1,41
Wasser- aufnahme- vermögen (%)	vl	46,0	0,77	46,9	1,50
	vm	46,9	0,59	46,5	1,15
	hl	46,4	0,51	46,8	0,99
	hm	45,2	0,62	44,5	1,22

Die Least-Square-Mittelwerte sind bei einem durchschnittlichen Gewicht von 47,6 kg dargestellt.

Tab. 21A: Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenhornparameter beim Rhönschaf (Vatereffekt)

Parameter (Einheit)	Klaue	Vater									
		1		2		3		4		5	
		LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se
Anzahl Hornröhrchen (N/mm ²)	vl	54,9	2,31	59,9	2,16	58,9	2,71	57,6	2,58	57,6	2,73
	hm	53,3	2,63	57,2	2,45	55,9	3,08	57,6	2,93	59,0	3,11
Einzelröhrchenfläche (10 ⁻³ mm ²)	vl	2,9	0,16	3,1	0,15	3,2	0,19	2,9	0,18	2,7	0,19
	hm	3,0	0,17	3,4	0,16	3,0	0,20	3,0	0,19	2,7	0,20
Gesamtröhrchenfläche (10 ⁻³ mm ²)	vl	158,4	9,68	186,2	9,03	187,3	11,34	163,6	10,78	155,6	11,43
	hm	157,5	8,17	190,3	7,63	164,8	9,57	167,9	9,10	154,7	9,65
Wassergehalt (%)	vl	39,1	1,43	40,1	1,34	38,2	1,68	42,1	1,59	40,0	1,69
	vm	38,7	1,15	40,3	1,07	40,9	1,35	38,2	1,28	39,6	1,36
	hl	36,7	1,64	40,0	1,53	38,9	1,92	39,6	1,82	38,2	1,93
	hm	36,8	1,52	39,8	1,42	38,5	1,78	38,6	1,70	35,4	1,80
Wasser- aufnahme- vermögen (%)	vl	43,7	1,30	44,0	1,21	42,6	1,52	46,2	1,44	44,3	1,53
	vm	43,4	1,02	44,3	0,95	46,0	1,19	43,1	1,14	43,8	1,20
	hl	41,7	1,35	44,1	1,26	43,9	1,58	44,8	1,50	42,8	1,60
	hm	42,7	1,34	44,0	1,25	43,7	1,57	43,8	1,50	40,6	1,59

Die Least-Square-Mittelwerte sind bei einem durchschnittlichen Gewicht von 40,3 kg dargestellt.

Tab. 22A: Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenhornparameter beim Rhönschaf (Monatseffekt)

Parameter (Einheit)	Klaue	Schlachtmonat							
		Juni		Juli		August		September	
		LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se
Anzahl Hornröhrchen (N/mm ²)	vl	53,6	2,95	56,5	2,54	58,8	2,20	62,2	3,31
	hm	52,1	3,36	57,6	2,89	56,3	2,50	60,4	3,77
Einzelröhrchenfläche (10 ⁻³ mm ²)	vl	3,4	0,20	2,9	0,17	2,9	0,15	2,7	0,23
	hm	3,3	0,21	2,7	0,18	2,9	0,16	3,2	0,24
Gesamtröhrchenfläche (10 ⁻³ mm ²)	vl	186,3	12,36	163,1	10,62	167,4	9,21	163,9	13,86
	hm	172,1	10,43	150,2	8,97	163,9	7,78	182,0	11,71
Wassergehalt (%)	vl	39,0	1,83	39,7	1,57	39,9	1,36	40,9	2,05
	vm	39,3	1,47	40,3	1,26	39,0	1,10	39,6	1,65
	hl	36,3	2,09	41,9	1,79	38,2	1,56	38,4	2,34
	hm	35,7	1,94	38,9	1,67	37,1	1,45	39,5	2,18
Wasser- aufnahme- vermögen (%)	vl	43,6	1,65	44,8	1,42	43,9	1,23	44,4	1,86
	vm	44,2	1,30	45,0	1,12	43,9	0,97	43,3	1,46
	hl	41,6	1,73	46,3	1,48	42,6	1,29	43,2	1,94
	hm	41,8	1,71	44,4	1,47	42,2	1,28	43,5	1,92

Die Least-Square-Mittelwerte sind bei einem durchschnittlichen Gewicht von 40,3 kg dargestellt.

Tab. 23A: Least-Square-Mittelwerte (LSM) und Standardfehler (se) der Klauenhornparameter beim Rhönschaf (Geschlecht- und Pigmenteffekt)

Parameter (Einheit)	Klaue	Geschlecht				Pigmentierung			
		m		w		nein		ja	
		LSM	se	LSM	se	LSM	se	LSM	se
Anzahl Hornröhrchen (N/mm ²)	vl	60,2	1,19	55,4	2,81	57,3	1,58	58,3	1,88
	hm	60,0	1,35	53,2	3,20	57,0	1,80	56,2	2,14
Einzelröhrchenfläche (10 ⁻³ mm ²)	vl	2,9	0,08	3,0	0,19	2,9	0,11	3,0	0,13
	hm	2,9	0,09	3,1	0,20	3,0	0,11	3,0	0,14
Gesamtröhrchenfläche (10 ⁻³ mm ²)	vl	174,5	4,97	166,0	11,77	165,8	6,61	174,6	7,86
	hm	169,4	4,19	164,6	9,94	167,9	5,58	166,2	6,63
Wassergehalt (%)	vl	40,0	0,74	39,7	1,74	40,3	0,98	39,5	1,16
	vm	39,8	0,59	39,3	1,40	38,9	0,79	40,2	0,93
	hl	39,0	0,84	38,4	1,99	38,1	1,12	39,3	1,33
	hm	38,1	0,78	37,5	1,85	37,9	1,04	37,7	1,24
Wasser- aufnahme- vermögen (%)	vl	44,8	0,67	43,6	1,58	44,7	0,88	43,7	1,05
	vm	45,1	0,52	43,2	1,24	43,5	0,70	44,7	0,83
	hl	44,3	0,69	42,6	1,64	43,2	0,92	43,7	1,10
	hm	43,9	0,69	42,1	1,63	43,3	0,92	42,7	1,09

Die Least-Square-Mittelwerte sind bei einem durchschnittlichen Gewicht von 40,3 kg dargestellt.

Tab. 24A: Unterschiede der Mittelwerte der Klauenhornparameter im t-Test

Klaue	Rasse	Anzahl Hornröhr- chen	Einzelröhr- chenfläche	Gesamt- röhrchen- fläche	Wasser- gehalt	Wasserauf- nahme- vermögen
vorne lateral-	Merino	-	-	-	n.s.	n.s.
vorne medial	Rhön	-	-	-	n.s.	n.s.
hinten lateral-	Merino	-	-	-	*	n.s.
hinten medial	Rhön	-	-	-	n.s.	n.s.
vorne lateral-	Merino	-	-	-	n.s.	n.s.
hinten lateral	Rhön	-	-	-	n.s.	n.s.
vorne medial -	Merino	-	-	-	**	*
hinten medial	Rhön	-	-	-	*	n.s.
vorne lateral-	Merino	n.s.	**	**	*	n.s.
hinten medial	Rhön	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.
vorne medial-	Merino	-	-	-	n.s.	n.s.
hinten lateral	Rhön	-	-	-	n.s.	n.s.

Einfluß des Gewichts auf die Klauenparameter beim Rhönschaf

Shore D

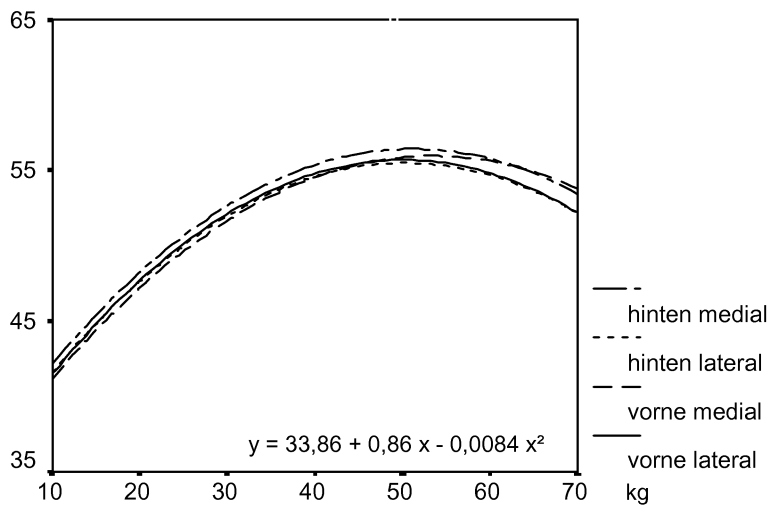


Abb. 1A: Größe der Härte in Abhängigkeit vom Körpergewicht an den 4 gemessenen Klauen beim Rhönschaf

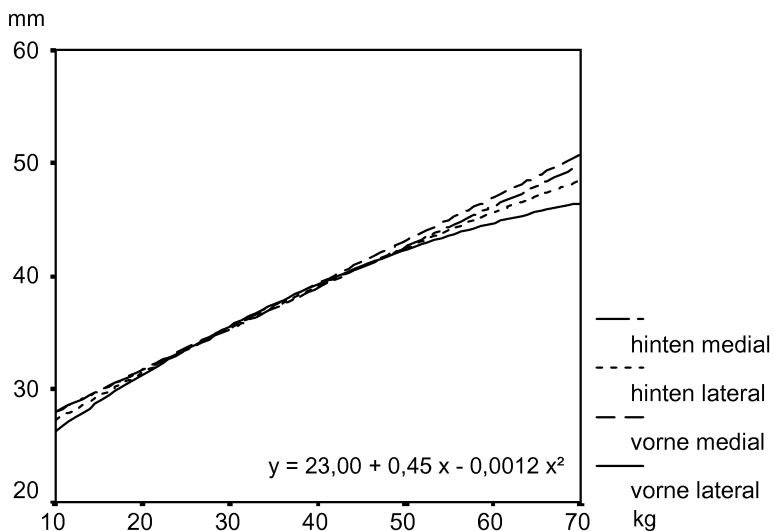


Abb. 2A: Dorsalwandlänge in Abhängigkeit vom Körpergewicht an den 4 gemessenen Klauen beim Rhönschaf

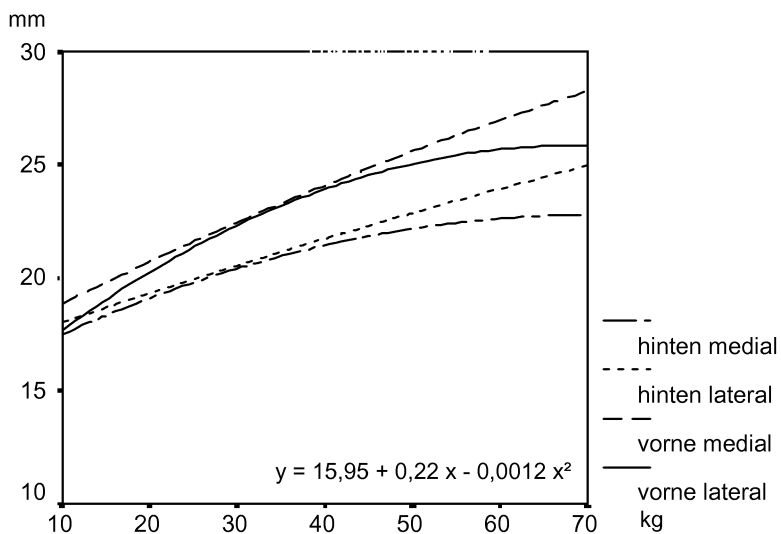


Abb. 3A: Trachtenlänge in Abhängigkeit vom Körpergewicht an den 4 gemessenen Klauen beim Rhönschaf

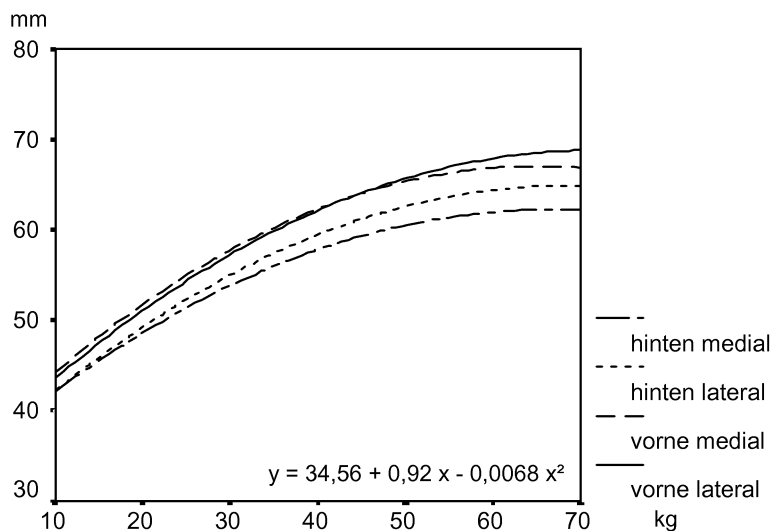


Abb. 4A: Diagonalenlänge in Abhängigkeit vom Körpergewicht an den 4 gemessenen Klauen beim Rhönschaf

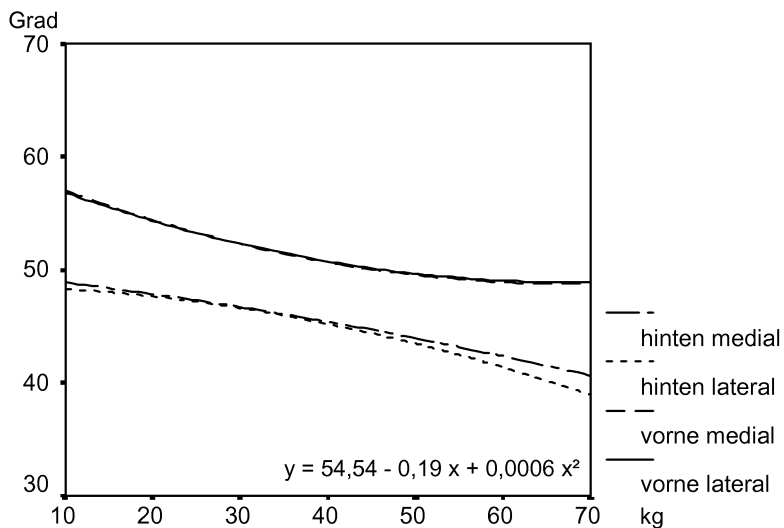


Abb. 5A: Winkelweite in Abhängigkeit vom Körpergewicht an den 4 gemessenen Klauen beim Rhönschaf

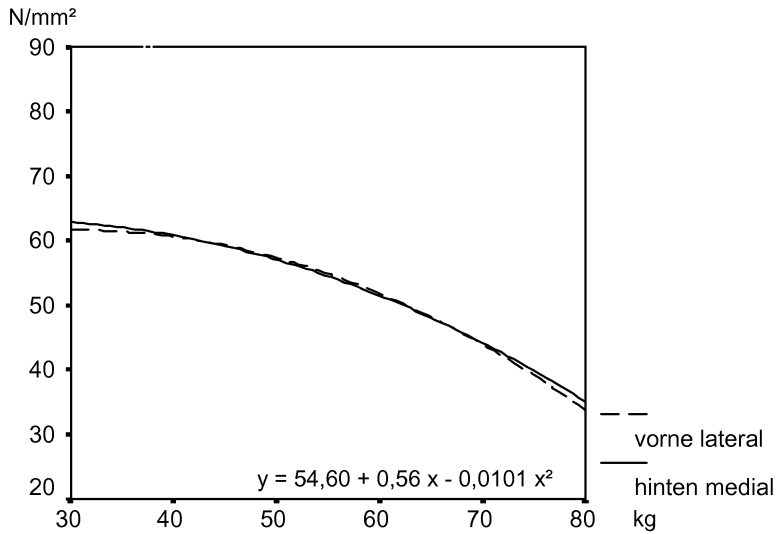


Abb. 6A: Anzahl der Hornröhrchen pro mm² in Abhängigkeit vom Gewicht

Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. G. Erhardt für die Überlassung des Themas, die gewährte Unterstützung und die Durchsicht des Manuskripts.

Herrn PD Dr. Dr. M. Gauly danke ich für die Betreuung der Arbeit und die zahlreichen praktischen und theoretischen Anregungen während ihrer Durchführung.

Für die Hilfe bei der statistischen Auswertung danke ich Herrn Dr. H. Brandt und Frau M. Janszen ganz herzlich.

Allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts für Tierzucht und Haustiergenetik möchte ich für ihre Unterstützung danken, insbesondere danke ich Frau S. Jäger für die tatkräftige Hilfe bei den Untersuchungen im Labor. Für die Mithilfe bei der Arbeit „am Schaf“ danke ich den Doktoranden, Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Lehr- und Forschungsanstalt Oberer Hardthof, besonders Frau S. Hogreve, Herrn S. Mantler und den Schäfermeistern.

Den Mitarbeitern der Schlachthöfe in Gießen und Grevenbroich danke ich für die Mithilfe bei der Probengewinnung.

Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Zentralen Biotechnischen Betriebseinheit, insbesondere Herrn O. Heller, Herrn G. Weigand und Frau Stöpper danke ich für die zur Verfügungstellung des Gefriermikrotoms, der technischen Geräte und des Know-hows.

Ganz besonders danke ich meinen Eltern für die langjährige finanzielle und moralische Unterstützung, ohne die mein Studium und diese Arbeit nicht möglich gewesen wären. Sie haben immer Verständnis gezeigt und meine Arbeit mit viel Interesse verfolgt.

