

Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen
Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

Arbeit angefertigt unter der Leitung von

Univ.-Prof. Dr. Ellen Kienzle

Angefertigt im Haupt- und Landgestüt Marbach

(Dr. Thomas Raue)

**Studie zum Protein- und Aminosäurenbedarf
bei Warmblutfohlen**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doktor rer. biol. vet.

der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

von

Carina Nadja Krumbiegel

aus

Dresden

München 2011

Gedruckt mit der Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Braun

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Kienzle

Korreferent: Priv.-Doz. Dr. Wollanke

Tag der Promotion: 30. Juli 2011

Meiner Familie

und

einem besonderen Freund

INHALTSVERZEICHNIS

I.	EINLEITUNG	1
II.	LITERATURÜBERSICHT	3
	2.1 Wachstum und Entwicklung von Fohlen.....	3
	2.1.1 Wachstumsverlauf bei Fohlen	3
	2.1.1.1 Entwicklung der Körpergröße	4
	2.1.1.2 Entwicklung weiterer Körpermaße	6
	2.1.1.2.1 Gliedmaßen	6
	2.1.1.2.2 Körperlänge und Körperumfang	7
	2.1.1.2.3 Brustumfang	8
	2.1.2 Gewichtsentwicklung.....	8
	2.1.3 Body-Condition Score	10
	2.1.4 Entwicklung des Hufhorns.....	12
	2.2. Einflussfaktoren auf das Wachstum	14
	2.2.1 Einfluss der Genetik.....	15
	2.2.2 Einfluss des Geschlechts.....	16
	2.2.3 Einfluss der Fütterung auf das Wachstum	17
	2.2.3.1 Energie- und Proteinbedarf	18
	2.2.3.2 Aminosäurezusammensetzung.....	19
	2.2.3.3 Empfehlungen zur Energie- und Proteinversorgung von Fohlen	21
	2.2.3.4 Untersuchungen zur Energieversorgung von Fohlen.....	23
	2.2.3.5 Untersuchungen zur Proteinversorgung von Fohlen	24
	2.2.3.6 Auswirkungen einer Unterversorgung mit Energie und Protein	30
	2.2.3.7 Auswirkungen einer Energie- und Proteinübersversorgung	31
	2.2.3.8 Protein-Energie-Verhältnis	32
	2.2.4 Einflüsse der Fütterung auf die Blutparameter	33
	2.2.5 Knochenmarker bei Fohlen.....	35
III.	MATERIAL UND METHODEN	39
	3.1 Versuchsplan	39
	3.2 Versuchsaufbau.....	39
	3.3 Methoden	49
	3.3.1 Gewichtsmessungen.....	49

3.3.2 Körpermessungen	50
3.3.2.1 Stockmaß	50
3.3.2.2 Bandmaß	51
3.3.2.3 Körperumfang	51
3.3.2.4 Körperlänge	51
3.3.2.5 Halsumfang	52
3.3.2.6 Brustumfang.....	52
3.3.2.7 Fessel-Ellenbogen-Maß	52
3.3.2.8 Muskelbauch am Oberarm.....	52
3.3.2.9 Röhrebeinumfang	52
3.3.3 Hinterhandmessung	52
3.3.4 Hufhornwachstum.....	53
3.3.5 Haarkleid.....	54
3.3.6 Body-Condition Scoring (BCS).....	54
3.3.7 Blutanalyse.....	55
3.3.7.1 Harnstoffanalyse	56
3.3.7.2 Aminosäurenanalyse	56
3.3.7.3 Klinische Chemie.....	57
3.3.7.4 Knochenmarkeranalyse.....	58
3.3.8 Kotuntersuchung	58
3.4 Mathematische Aufbereitung und statistische Auswertung	59
3.4.1 Deskriptive Statistik.....	59
3.4.2 Statistische Auswertung.....	59
IV. ERGEBNISSE.....	61
4.1 Entwicklung des Körpergewichtes	61
4.2 Körperwachstum	66
4.2.1 Stockmaß	66
4.2.2 Bandmaß	69
4.2.3 Körperlänge	71
4.2.4 Körperumfang.....	72
4.2.5 Halsumfang	74
4.2.6 Brustumfang.....	75
4.2.7 Röhrebeinumfang	76

4.2.8 Fessel-Ellenbogen-Maß	76
4.2.9 Oberarmmuskelumfang	77
4.2.10 Hinterhand	78
4.3 Body-Condition Scoring	78
4.4 Hufhornwachstum	82
4.5 Haarkleid	83
4.6 Klinische Chemie	84
4.6.1 Plasmaharnstoff	84
4.6.2 Aspartat-Amino-Transferase (AST)	85
4.6.3 Albumin (ALB).....	86
4.6.4 Kreatinkinase (CK)	88
4.6.5 Gamma-Glutamyl-Transferase (GGT)	88
4.6.6 Glutamat-Dehydrogenase (GLDH).....	89
4.6.7 Glukose (GLU)	89
4.6.8 Gesamtprotein (TP).....	90
4.6.9 freie Fettsäuren (FFS)	90
4.7 Serumgehalte der Aminosäuren	91
4.8 Serumwerte der Knochenmarker.....	97
4.8.1 Osteocalcin.....	97
4.8.2 Crosslaps	98
4.8.3 Knochenumbau	99
4.9. Kotanalyse	100
V. DISKUSSION	102
5.1 Kritik an den Methoden	102
5.1.1 Auswahl des Tiermaterials und Haltungsbedingungen	102
5.1.2 Genauigkeit der Messungen.....	104
5.2. Bestimmung der Futteraufnahme	105
5.2.1 Futteraufnahme im Vergleich zum Bedarf	107
5.2.2 Energieversorgung	108
5.2.3 Aufnahme Rohprotein.....	109
5.3 Einfluss des Geschlechtes	110

5.4 Einflüsse auf die Bewegungsaktivität.....	111
5.5 Besprechung der Ergebnisse.....	111
5.5.1 Gewichtsentwicklung.....	111
5.5.2 Entwicklung der Körpermaße.....	114
5.5.3 Body-Condition Score.....	118
5.5.4 Hufhornwachstum.....	119
5.5.5 Haarmenge.....	120
5.5.6 Klinische Chemie.....	121
5.5.6.1 Plasmaharnstoff.....	121
5.5.6.2 Serumchemie.....	122
5.5.6.3 Aminosäuren.....	123
5.5.7 Beeinflussung der biochemischen Knochenmarker.....	128
5.5.7.1 Einfluss des Geschlechts.....	128
5.5.7.2 Einfluss der Fütterung.....	128
VI. SCHLUSSFOLGERUNG.....	130
VII. ZUSAMMENFASSUNG.....	132
VIII. SUMMARY.....	134
IX. LITERATURVERZEICHNIS.....	136
X. ANHANG.....	158
XI. DANKSAGUNG.....	163

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	Abbildung
ad lib.	ad libitum
ALB	Albumin
AS	Aminosäure
AST	Aspartat-Amino-Transferase
BAP	Alkalische Phosphatase
BCS	Body Condition Score
BM	Bandmaß
BU	Brustumfang
bzw.	beziehungsweise
Ca	Calcium
CK	Kreatinkinase
CL	Crosslaps
cm	Zentimeter
Cu	Kupfer
CVB	Centraal Voederbureau
CYS	Cystein
d	Tag
DE	verdauliche Energie
d.h.	das heißt
dl	Deziliter
DLG	Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft
et al.	und andere
Fe	Eisen
FEM	Fessel-Ellenbogen-Maß
FM	Frischmasse
g	Gramm
GFE	Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
GGT	Gamma-Glutamyl-Transferase
GLDH	Glutamat-Dehydrogenase
Glu	Glukose
Gr.	Gruppe
HAF	Hafer

HU	Halsumfang
ICTP	Carboxyterminales Telozeptid des Kollagen-Typ I
IE	Internationale Einheit
INRA	Institut national de la recherche agronomique
kg	Kilogramm
KG	Körpergewicht
KöL	Körperlänge
KU	Körperumfang
l	Liter
LM	Lebendmasse
LYS	Lysin
m	männlich
Mcal	Megakalorien
ME	Metabolische Energie
MEB	Muskelbauch Oberarm
MET	Methionin
mg	Milligramm
Mg	Magnesium
min	Minute
MJ	Megajoule
ml	Milliliter
mm	Millimeter
mmol	Millimol
MW	Mittelwert
n	Anzahl
ng	Nanogram
Nr.	Nummer
NRC	National research council
n. sig	nicht signifikant
OC	Osteocalcin
OCD	Osteochondrosis dissecans
P	Phosphor
PICP	Propeptide des Typ-I-Kollagens
r	Korrelationskoeffizient
R ²	Bestimmtheitsmaß

RA	Rohasche
RB	Röhrbeinumfang
RFa	Rohfaser
RF _e	Rohfett
RP	Rohprotein
SCAN	Scientific Committee for Animal Nutrition
Se	Selen
sog.	so genannt
SOJ	Sojaextraktionsschrot
STM	Stockmaß
Tab.	Tabelle
THR	Threonin
TP	Gesamteiweiß
TRAP	tartratresistente saure Phosphatase
TS	Trockensubstanz
U	Units
U	Umdrehungen
usw.	und so weiter
V	Volt
Vit.	Vitamin
vRP	verdauliches Rohprotein
w	weiblich
Zn	Zink
z.B.	zum Beispiel
µg	Mikrogramm
µmol	Miromol

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Verlauf des Wachstums bei Fohlen (aus MEYER et al., 2002)	5
Abbildung 2: Rassebedingte Unterschiede der Aminosäuregehalte im Haar (aus DUNNET, 2005)	20
Abbildung 3: Gewichtsmessungen mit einer Bodenwaage	50
Abbildung 4: Körpermessungen (Bild verändert: ELLENBERGER, BAUM und DITTRICH, 1901).....	51
Abbildung 5: Messpunkte der Hinterhandmessungen	53
Abbildung 6: Messung des Hufwachstumes.....	53
Abbildung 7: geschorenes Quadrat zur Haarmengenmessung	54
Abbildung 8: Entwicklung des Körpergewichtes der Hengstfohlen in kg	64
Abbildung 9: Entwicklung des Körpergewichtes der Stutfohlen in kg	64
Abbildung 10: Entwicklung des Stockmaßes in cm	66
Abbildung 11: Entwicklung des Bandmaßes in cm.....	69
Abbildung 12: Entwicklung der Körperlänge in cm.....	71
Abbildung 13: Entwicklung des Körperumfanges in cm.....	73
Abbildung 14: tägliches Wachstum des Hufhornes in mm	83
Abbildung 15: Haarmenge in g.....	84
Abbildung 16: Boxplots der Albuminwerte von März und Dezember.....	87
Abbildung 17: Aminosäuregehalte im Serum im November	93
Abbildung 18: Aminosäuregehalte im Serum im Dezember.....	95
Abbildung 19: Aminosäuregehalte im Serum im Januar.....	96
Abbildung 20: Osteocalcin als Marker für die Osteoblastenfunktion	97
Abbildung 21: Verlauf der Crosslaps	98
Abbildung 22: Verlauf des Knochenbaus (OC/CL Ratio).....	99
Abbildung 23: Korrelation zwischen geschätztem und tatsächlichem Gewicht.....	112
Abbildung 24: Vergleich der Hinterhandmuskulatur zwischen Fohlen der Gruppen HAF und SOJ.....	118
Abbildung 25: Gesamt-BCS im Literaturvergleich	119
Abbildung 26: Abhängigkeit der Plasmaharnstoffwerte von der Proteinzufuhr in g/ kg Lebendmasse.....	122
Abbildung 27: Abweichungen in % zwischen den prä- und postprandialen Werten von Threonin im Serum	124

Abbildung 28: Abweichungen in % zwischen den prä- und postprandialen Werten von Lysin im Serum.....	124
Abbildung 29: Abweichungen in % zwischen den prä- und postprandialen Werten von Methionin im Serum	125
Abbildung 30: Abweichungen in % zwischen den prä- und postprandialen Werten von Cystein im Serum.....	126
Abbildung 31: Abweichungen in % zwischen den prä- und postprandialen Werten von Phosphoserin im Serum	127
Abbildung 32: Abweichungen in % zwischen den prä- und postprandialen Werten von Citrullin im Serum	127

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Ergebnisse aus Untersuchungen zur Entwicklung der Körpergröße in cm bei Warmblutfohlen	6
Tabelle 2: Entwicklung der Körpermaße (modifiziert nach HOIS, 2004)	8
Tabelle 3: Untersuchungen zur Gewichtsentwicklung bei Fohlen	9
Tabelle 4: BCS bei Jungtieren in Abhängigkeit von der Fütterung (modifiziert nach MACK 2004)	11
Tabelle 5: Untersuchungen über die Wachstumsraten des Hufhornes bei Warmblutpferden	12
Tabelle 6: Wachstum von Fohlen in % der Endgröße bei Warmblütern (modifiziert nach WALKER 2007)	17
Tabelle 7: Anteile der Haarbestandteile.....	19
Tabelle 8: Gewicht in den unterschiedlichen Altersabschnitten (500 kg Pferd)	21
Tabelle 9: Täglich Zunahmen in g in unterschiedlichen Altersabschnitten (500 kg Pferd)	21
Tabelle 10: Täglicher Energiebedarf in unterschiedlichen Altersabschnitten (500 kg Pferd)	22
Tabelle 11: Täglicher Proteinbedarf in unterschiedlichen Altersabschnitten (500 kg Pferd)	22
Tabelle 12: Protein-Energie-Verhältnis in unterschiedlichen Altersabschnitten (500 kg Pferd)	22
Tabelle 13: Untersuchungen zu energiereicher Fütterung	24
Tabelle 14: Untersuchungen unterschiedlicher Energie -/Nährstoffverhältnisse	25
Tabelle 15: Untersuchungen zu Protein- bzw. Aminosäuregehalte in der Ration.....	29
Tabelle 16: Referenzwerte der Blutparameter von Fohlen (nach DIETZ und HUSKAMP, 1999)	34
Tabelle 17: Überblick über verschiedene Konzentrationen von Knochenmarkern bei Jungtieren (modifiziert nach VON SCHEIDT, 2004 und WINKELSETT, 2003).....	38
Tabelle 18: Futterzuteilung im Versuchsverlauf	41
Tabelle 19: Futtermittelanalyse und Futtermittelzusammensetzung (Angaben im Bezug zur Frischmasse FM)	42

Tabelle 20: Nährstoffversorgung der Fohlen in Versuchsphase 1 (tatsächliche Kraftfutteraufnahme 3 kg + geschätzte Heuaufnahme 3,5 kg).....	44
Tabelle 21: Nährstoffversorgung der Fohlen in Versuchsphase 2 (tatsächliche Kraftfutteraufnahme 3,5 kg + geschätzte Heuaufnahme 3,5 kg).....	45
Tabelle 22: Nährstoffversorgung der Fohlen in der Weideperiode (tatsächliche Kraftfutteraufnahme 2 kg + geschätzte Heuaufnahme 3,5 kg + geschätzte Grasaufnahme 15 kg)	46
Tabelle 23: Termine der Datenerfassung.....	47
Tabelle 24: Zeitpunkte der Entnahme der Blutproben.....	55
Tabelle 25: Entwicklung des Körpergewichtes in kg, Mittelwerte aller Fohlen	61
Tabelle 26: Entwicklung des Körpergewichtes in kg, Mittelwerte der Stutfohlen.....	62
Tabelle 27: Entwicklung des Körpergewichtes in kg, Mittelwerte Hengstfohlen.....	63
Tabelle 28: Überblick über die täglichen Zunahmen in g/ Tag zu verschiedenen Zeitpunkten	65
Tabelle 29: Entwicklung der Mittelwerte des Stockmaßes in cm	67
Tabelle 30: Entwicklung des Stockmaßes in cm, Mittelwerte Hengstfohlen.....	68
Tabelle 31: Entwicklung des Stockmaßes in cm, Mittelwerte Stutfohlen.....	68
Tabelle 32: Mittelwerte des Wachstums des Stockmaßes über den gesamten Versuchszeitraum und tägliches Wachstum in cm	69
Tabelle 33: Mittelwerte des Bandmaßes in den Altersabschnitten in cm.....	70
Tabelle 34: Mittelwerte der Differenz zwischen Bandmaß und Stockmaß	71
Tabelle 35: Mittelwerte der Körperlänge in cm.....	72
Tabelle 36: Mittelwerte des Körperumfanges in cm	74
Tabelle 37: Mittelwerte des Halsumfanges in cm	75
Tabelle 38: Mittelwerte des Brustumfanges in cm	75
Tabelle 39: Mittelwerte des Röhrebeinumfanges in cm.....	76
Tabelle 40: Mittelwerte des Fessel-Ellenbogen-Maßes in cm.....	77
Tabelle 41: Mittelwerte des Oberarmmuskelumfanges in cm	77
Tabelle 42: Mittelwerte der einzelnen Messpunkte der Hinterhand in cm.....	78
Tabelle 43: Entwicklung des Gesamt-BCS	79
Tabelle 44: Entwicklung des BCS Hals.....	79
Tabelle 45: Entwicklung des BCS Schulter.....	80
Tabelle 46: Entwicklung des BCS Rücken.....	80
Tabelle 47: Entwicklung des BCS Brustwand.....	81
Tabelle 48: Entwicklung des BCS Hüfte.....	81

Tabelle 49: Entwicklung des BCS Schweifansatz	82
Tabelle 50: Mittelwert des täglichen Wachstums des Hufhorns	82
Tabelle 51: Mittelwerte der gewonnenen Haarmenge	83
Tabelle 52: Mittelwerte der Plasmaharnstoffgehalte in mg/ dl.....	84
Tabelle 53: Mittelwerte der Aspartat-Amino-Transferase in U/ l	86
Tabelle 54: Mittelwerte des Albumins in g/ l	86
Tabelle 55: Mittelwerte der Kreatinkinase in U/ l	88
Tabelle 56: Mittelwerte der Gamma-Glutamyl-Transferase in U/ l	89
Tabelle 57: Mittelwerte der Glutamat-Dehydrogenase U/ l	89
Tabelle 58: Mittelwerte des Glukosegehaltes in mmol/ l	90
Tabelle 59: Mittelwerte des Gesamtproteins in g/ l.....	90
Tabelle 60: Mittelwerte der freien Fettsäuren in μ mol/ l.....	91
Tabelle 61: Unterschiede zwischen den prä- und postprandialen Serumwerten der Aminosäuren	92
Tabelle 62: Mittelwerte der Aminosäuren im November in mg/ l	93
Tabelle 63: Mittelwerte der Aminosäuren im Dezember in mg/ l.....	94
Tabelle 64: Mittelwerte der Aminosäuren im Januar in mg/ l.....	96
Tabelle 65: Mittelwerte des Osteocalcins in ng/ ml	98
Tabelle 66: Mittelwerte der Crosslaps in ng/ ml.....	99
Tabelle 67: Mittelwerte des Knochenbaus (OC/ CL Ratio)	100
Tabelle 68: Ergebnisse der Kotuntersuchungen	101
Tabelle 69: befallene Tiere nach Gruppen.....	101
Tabelle 70: Vergleich der Rohprotein- und der verdaulichen Rohproteinaufnahmen	110
Tabelle 71: Vergleichen der Protein-Energie-Verhältnisse der Rationen	113
Tabelle 72: Vergleich der Gewichtsentwicklung in kg mit den Daten von MACK (2007) und HOIS (2004).....	114
Tabelle 73: Vergleich der Entwicklung des Stockmaßes in cm mit den Daten von MACK (2007) und HOIS (2004).....	115
Tabelle 74: Vergleich der Entwicklung des Bandmaßes in cm mit den Daten von MACK (2007) und HOIS (2004).....	116

I. EINLEITUNG

In Deutschland wachsen Fohlen zum größten Teil entsprechend der Empfehlungen für eine restriktive Aufzucht auf (HOIS et al., 2005; WINKELSETT et al., 2005). Eine Überfütterung von Pferden im Wachstum ist daher wohl eher kein generelles Problem. Unter Praxisbedingungen wurde in verschiedenen Untersuchungen eine eher knappe Versorgung mit Energie und Nährstoffen festgestellt, ohne dass Ausfallerscheinungen auftraten (FINKLER-SCHADE et al., 1997; HACKLANDER et al., 1997; HOIS et al. 2005, VERVUERT et al. 2005, WINKELSETT et al. 2005). Eine mögliche Ursache dafür könnten Überschätzungen des tatsächlichen Bedarfs sein. Bei den deutschen Pferdezüchtern ist die Meinung, dass Protein für Fohlen eher schädlich sei, sehr weit verbreitet. Der nach den deutschen Versorgungsempfehlungen (DLG 1994) oder des NRC (2007) empfohlene Energiebedarf bei Fohlen entspricht, bei der entsprechenden Wachstumsgeschwindigkeit, nicht der tatsächlichen Energieaufnahme eines Fohlens in der Praxis. Das Gleiche gilt auch für Proteinaufnahme und für den Proteinbedarf (MACK, 2007).

Eine Studie über die Auswirkung von unterschiedlich hoher Kraftfutteraufnahme auf die Wachstumsrate von Warmblutfohlen (MACK, 2007) zeigte, dass die Fohlen unter den Versuchsbedingungen nicht genug Energie über das Futter aufnehmen können um ihren theoretischen Bedarf nach DLG (1994) zu erfüllen, sowohl im ersten als auch zu Beginn des zweiten Lebenshalbjahres. Bei diesem Versuch wurden die Fohlen in Gruppen mit Koppelgang gehalten und mit zwei Kraftfuttermengen pro Tag und einer Grassilage vom späten ersten Schnitt gefüttert. Trotzdem entsprach ihr Wachstum den vorgegebenen Empfehlungen. Die Fohlen fraßen nicht das gesamte Kraftfutter, das ihnen angeboten wurde, und so war auch ihre Proteinaufnahme teilweise unterhalb ihres theoretischen Bedarfes. Es konnten dabei jedoch keine offensichtlichen Anzeichen eines Proteinmangels beobachtet werden.

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass Warmblutfohlen, deren Wachstum gemäß den Empfehlungen für eine restriktive Fütterung verläuft, weniger Energie benötigen als bisher empfohlen wurde (DLG, 1994; NRC, 2007).

Bezüglich des Proteins bleiben jedoch viele Fragen offen: Es bleibt unklar, ob in diesem Fall das Protein bzw. die Aminosäuren wachstumslimitierend waren. Es wurde bereits beschrieben, dass Pferde im Wachstum eine größere Menge Futter aufnehmen, wenn das Futter entweder mehr Protein oder mehr Aminosäuren enthielt. Dies wurde von verschiedenen Autoren postuliert (OTT et al., 1981; OTT und ASQUITH, 1986; GRAHAM et al., 1994; u.a.).

In dieser Studie soll zunächst geprüft werden, inwieweit Protein oder Aminosäuren bei einer praxisüblichen Fütterung wachstumslimitierend sein können.

II. LITERATURÜBERSICHT

2.1 Wachstum und Entwicklung von Fohlen

2.1.1 Wachstumsverlauf bei Fohlen

Der Wachstumsverlauf ist abhängig von der genetisch vorbestimmten Endgröße und von der Geschwindigkeit, in der die Endgröße erreicht wird, d.h. von der Intensität des Wachstums. Die Wachstumsintensität beschreibt also die Entwicklung pro Zeiteinheit.

HOIS (2004) fand erhebliche Unterschiede beim Wachstum von schweren und leichten Pferderassen. Kaltblutrassen wachsen langsamer als leichtere Pferdeschläge. Aus diesem Grund soll im weiteren Verlauf dieser Arbeit nur auf die leichteren Pferderassen eingegangen werden.

Die verschiedenen Körperpartien, Organe und Gewebe zeigen unterschiedliche Wachstumsgeschwindigkeiten. Im ersten Lebensjahr geschieht ein intensives Größenwachstum. Dies steht im zweiten Lebensjahr deutlich hinter dem Breiten- und Längenwachstum zurück. Im dritten Lebensjahr erfolgen insbesondere die Breiten- und Tiefenentwicklung des Rumpfes. Als abschließender Wachstumsabschnitt wird der Körper durch die Bildung von Fettgewebe geformt (WENINGER, 1980). Um diesen Zusammenhang darzustellen, werden häufig die Entwicklungen der Widerristhöhe und der Körperlänge sowie des Lebendgewichts beschrieben.

PALSSON (1955) beschreibt, dass der erste Teil des Körpers, der sich entwickelt, das Zentralnervensystem ist. Gefolgt wird dieses von den Knochen, den Muskeln und als letztes wird das Fett gebildet. Bei intensiv gefütterten Tieren läuft die Entwicklung schneller ab als bei extensiv gefütterten Tieren, doch die Reihenfolge bleibt immer die gleiche.

Bei einer Verknappung der Nährstoffversorgung wird das Wachstum in umgekehrter Reihenfolge reduziert, d.h. die Fettbildung wird zuerst eingeschränkt, das Wachstum des Nervengewebes als letztes (KÜNZI und STRANZINGER, 1993).

Das Körperwachstum besteht nach HERTSCH et al. (1999) aus dem Längenwachstum der Knochen, aber auch aus der Massezunahme aller anderen Gewebe. Dadurch entstehen starke Wechselbeziehungen zwischen der stützenden Bedeutung des Skelettes einerseits und den Belastung der Gliedmaßen durch das zunehmende Gewicht und die steigende Bewegungsaktivität der Fohlen andererseits.

2.1.1.1 Entwicklung der Körpergröße

Die Größe wird beim Pferd in der Regel als Widerristhöhe angegeben. Dieses Maß reflektiert in erster Linie das Längenwachstum der Röhrenknochen der Schultergliedmaßen (FRAPE, 1998). Das Skelett, insbesondere die Knochen der Gliedmaßen eines Fohlens, ist zum Zeitpunkt der Geburt schon sehr weit entwickelt. Dies resultiert daraus, dass das Skelett bereits in einer sehr frühen Phase der Entwicklung im Mutterleib angelegt wird (HERTSCH et al. 1999).

Abbildung 1 zeigt den typischen Wachstumsverlauf der Körpergröße bei Fohlen in Bezug zum Endmaß. Die Kurve eins zeigt den gewünschten, moderaten Wachstumsverlauf. Die Kurve zwei offenbart das Wachstum bei intensiv gefütterten Fohlen mit einem schnelleren und intensiveren Wachstum in den ersten sechs bis acht Monaten. Kurve drei zeigt die unerwünschten Wachstumsschwankungen, die bei wechselnder Stall- und Weidehaltung und nicht angepasster Fütterung entstehen können.

Zum Zeitpunkt der Geburt erreichen die meisten Pferderassen etwa 61-64 % ihrer späteren genetisch vorbestimmten Endgröße (JACKSON und PAGAN, 1993b). Mit sechs Monaten erreichen die meisten Rassen ca. 83 %, mit zwölf Monaten ca. 90 % und mit 18 Monaten ca. 95 % der genetisch determinierten Endgröße (JACKSON und PAGAN, 1993b; JELAN et al., 1996). Diese Studien zeigen, dass ab einem Alter von über einem Jahr keine größeren Effekte mehr im Hinblick auf das Wachstum und die Entwicklung der Fohlen zu erwarten sind. Da von der Geburt bis zum sechsten Lebensmonat nach JACKSON und PAGAN (1993b) ca. 20 % des Größenwachstums stattfindet, ist hier besonders auf eine ausreichende Nährstoffversorgung zu achten. Fütterungsfehler in diesem Wachstumsabschnitt können zu erheblichen Wachstumsstörungen führen.

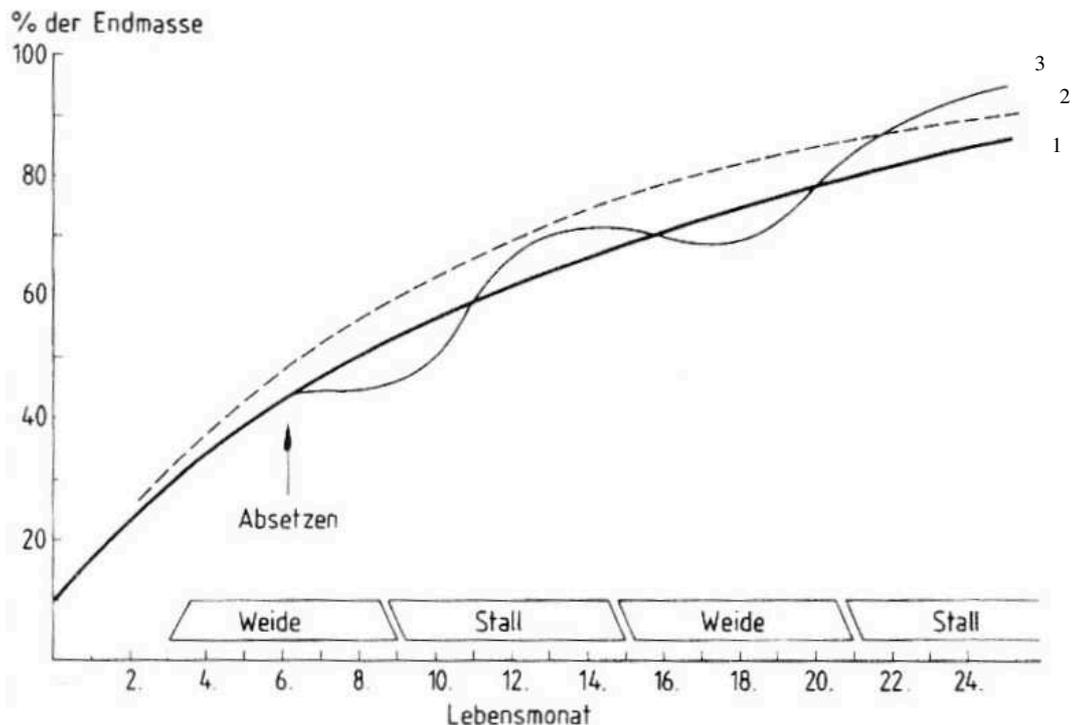


Abb.1: Verlauf des Wachstums bei Fohlen (aus MEYER et al., 2002)

(1 normale Aufzucht, 2 intensive Aufzucht, 3 ungleichmäßige Aufzucht)

Zahlreiche Studien dokumentieren die Entwicklung der absoluten Körpergröße bei Warmblutpferden. DUŠEK (1976) analysierte das Wachstum bei 63 Hannoveranerfohlen. SPIESS (1983) dokumentierte den Wachstumsverlauf von 52 Hengstfohlen von der Geburt bis zum dritten Lebensjahr bei edlen Warmblütern in der ehemaligen DDR. SAASTAMOINEN (1990a) untersuchte die Faktoren des Wachstums bei 488 Finnischen Warmblutfohlen. HOIS (2004) führte eine Feldstudie zur Gewichtsentwicklung bei 174 Warmblutfohlen durch.

WALKER (2007) analysierte das Wachstum von 296 Hengstfohlen in Schleswig-Holstein unter Berücksichtigung von Gliedmaßenveränderungen. In dieser Studie wird ein deutlich erkennbares, kontinuierlich abfallendes Größenwachstum beschrieben. Im siebten Lebensmonat wuchsen die Fohlen 2,7 cm, im zwölften Monat 1,47 cm und im 18. Lebensmonat betrug das Größenwachstum nur noch 0,61 cm.

MACK (2007) untersuchte das Wachstum von Warmblutfohlen bei unterschiedlichen Kraftfutterangeboten.

VERVUERT et al. (2005) untersuchte die Wachstumsraten von 629 Hannoveranerfohlen. In dieser Studie wurden die Einflüsse von Geschlecht, Geburtsmonat, Körpergewicht und Widerristhöhe im Zusammenhang mit dem Auftreten von Osteochondrose untersucht.

Die Ergebnisse der Studien bezüglich des Größenwachstums sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1: Ergebnisse aus Untersuchungen zur Entwicklung der Körpergröße in cm bei Warmblutfohlen

Alter in Monaten	DUŠEK (1976) Hannoveraner n= 63	SPIESS (1983) edles Warmblut n= 52	SAASTAMOINEN (1990a) Finnisches Warmblut n= 488	HOIS (2004) Warmblut n= 174	WALKER (2007) Holsteiner n= 296	MACK (2007) Warmblut n= 124
6	133	134	125	140	139,9	137
12	143	147	142	150	151,5	147
18	151	---	145	154	159,7	---
24	155	157	152	159	163,8	---

2.1.1.2 Entwicklung weiterer Körpermaße

2.1.1.2.1 Gliedmaßen

Das Wachstum der Gliedmaßen kann am besten an den Vordergliedmaßen anhand des Röhrbeinumfanges, des Fessel-Ellenbogenmaßes und der Röhrbeinlänge gemessen werden.

Der Röhrbeinumfang spielt in der Pferdezucht eine wichtige Rolle. In einigen Zuchtverbänden ist ein Mindestmaß beim Röhrbeinumfang vorgeschrieben und in der Literatur ist bei Wachstumsprozessen von Fohlen immer wieder der Röhrbeinumfang angegeben.

Auf Hengstköruren ist der Röhrbeinumfang neben dem Stockmaß ein beliebtes und wichtiges Maß. Bei Stutenschauen und Zuchtstuteneintragungen spielt es dagegen nur noch eine untergeordnete Rolle.

BORNEMANN (1977) beschreibt den Umfang des Röhrbeins zum Zeitpunkt der Geburt mit ca. 55- 60 % des zu erwartenden Endumfanges. Fohlen weisen bis zum sechsten Lebensmonat einen Zuwachs des Röhrbeines von ca. 20 % auf. Nach einem Jahr haben sie bereits ca. 90 % des Endmaßes erreicht. Nach HOIS (2004) erlangen einige Tiere bereits im Alter von 18 Monaten den Röhrbeinumfang der Muttertiere.

Das Fessel-Ellenbogen-Maß spielt in der Pferdezucht ebenfalls eine wichtige Rolle. Auch als Zigeunermaß bekannt, kann es einen Hinweis auf die spätere Endgröße eines Pferdes geben. Es handelt sich hierbei aber nur um ein Schätzmaß. Die zu erwartende Endgröße kann damit nicht vorhergesagt werden (HOIS, 2004).

Nach WALKER (2007) wächst die Beinlänge der Vordergliedmaßen vom sechsten Monat bis zum Ende des zweiten Lebensjahres um insgesamt 8,4 cm. Die Röhrbeinlänge nimmt in diesem Zeitraum um 2,1 cm zu. Das Wachstum der Vordergliedmaßen und des Röhrbeins folgen einer linearen Funktion, bei geringem durchschnittlichem Längenwachstum.

2.1.1.2.2 Körperlänge und Körperumfang

Die Körperlänge wird als Abstand von der Bugspitze (Tuberculum majus ossis humeri) zum Tuber ischiadicum (SCHRAMME, 2003) gemessen und hängt von der Größe der Schulter, der Länge der Wirbelsäule sowie der Größe des Beckens ab.

SCHRAMME (2003) führte aufgrund der schlechten Wiederholbarkeit der Messungen der Körperlänge das Maß des Körperumfanges ein, bei dem das Maßband bei gleichmäßiger Belastung aller vier Gliedmaßen einmal um das Pferd auf Höhe der Knochenpunkte des Pars cranialis des Tuberculum majus ossis humeri zum Tuberischiadicum derselben Seite, außen um die Schweifrübe herum zum Tuber ischiadicum der anderen Seite und wieder nach vorne über das Tuberculum majus ossis humeri zum Ausgangspunkt der Messung zurückgeführt wird. Diese Messung zeigte eine sehr gute Wiederholbarkeit (MACK, 2007).

2.1.1.2.3 Brustumfang

Der Brustumfang wird mit einem Maßband entlang der Gurtlage, eine Handbreite hinter dem Ellenbogen, dorsal hinter dem Widerrist um den Brustkorb gemessen. Zum Ablesen wird das Maßband leicht angespannt. SCHRAMME (2003) begründet den Vorteil der Messung des Brustumfangs mit der besseren Reproduzierbarkeit der Messergebnisse im Vergleich zur Messung der Brusttiefe. Die Brusttiefe zum Zeitpunkt der Geburt gibt BORNEMANN (1977) anhand von älteren Untersuchungen mit 42- 45 % des ausgewachsenen Endwertes an.

Tabelle 2 zeigt die durchschnittlichen Werte der Körpermaße, die bei Warmblutfohlen festgestellt werden konnte.

Tab. 2: Entwicklung der Körpermaße (modifiziert nach HOIS, 2004)

Alter in Monaten	Röhrbeinumfang in cm	Körperumfang in cm	Brustumfang in cm
Geburt	13,0	193	93
6	17,3	317	148
12	19,3	351	163
18	20	373	174
24	20	390	186

2.1.2 Gewichtsentwicklung

Die Entwicklung des Körpergewichtes verläuft in den ersten sechs Monaten sehr intensiv (HINTZ et al., 1979; THOMPSON, 1995; JELAN et al., 1996; PAGAN et al., 1996; SAASTAMOINEN, 1990a; BORSCHERS, 2002; WILKE, 2003; VERVUERT et al., 2005).

Untersuchungen zur Gewichtsentwicklung beim Warmblutpferd wurden in den letzten Jahren bei SAATAMOINEN (1990a), VAN WEERDEN (1999), BORCHERS (2002), HOIS (2004), VERVUERT et al. (2005), WALKER (2007) und MACK (2007) durchgeführt. Die Ergebnisse der Studien zur Gewichtsentwicklungen sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tab. 3: Untersuchungen zur Gewichtsentwicklung bei Fohlen

Alter in Monaten	SAASTAMOINEN (1990a) Finnisches Warmblut n= 488	VAN WEERDEN (1999) Holländisches Warmblut n= 43	BORCHERS (2002) Hannoveraner n= 687	VERVUERT (2004) Hannoveraner n= 639	HOIS (2004) Warmblut n= 174	WALKER (2008) Holsteiner n= 296	MACK (2007) Warmblut n= 124
6	215	263	242 ¹	239 ²	266	269	262 ³
12	350	372	283 ¹	---	363	352	354 ³
18	420	--	---	---	445	468	---
24	500	---	---	---	490	500	---

¹ Mittelwert der Hengst- und Stutfohlen ² Mittelwert OCD positive und OCD negative Fohlen ³ Mittelwert

WALKER (2007) untersuchte das Wachstum von 296 Hengstfohlen in Schleswig-Holstein in einem Alter von sechs bis 24 Monaten. Es konnte ein nahezu linearer Wachstumsverlauf bis zum Ende des ersten Lebensjahres festgestellt werden. Im weiteren Verlauf fällt das Wachstum kontinuierlich ab. Die Gewichtsentwicklung verläuft bis zum 13./14. Lebensmonat intensiv. Es konnten tägliche durchschnittliche Zunahmen zwischen 200 g und 525 g festgestellt werden. Im vierten Lebenshalbjahr pendelten sich die durchschnittlichen täglichen Zunahmen zwischen 50 g und 200 g ein. Innerhalb der zweiten Lebenshälfte zeigten sich auffällige Wachstumsschübe im neunten und im elften bis zwölften Monat.

Die schwankenden Wachstumsraten beim Körpergewicht deuten nach WALKER et al. (2008) auf eine große Sensibilität gegenüber umweltbedingten Faktoren hin.

Auch MACK (2007) konnte ein nahezu lineares Wachstum bis zu einem Alter von 220 Tagen feststellen. Danach ging die Steigung leicht zurück.

Nach WALKER et al. (2008) waren die Hannoveranerfohlen von BORCHERS (2002) und WILKE (2003) im sechsten Lebensmonat etwa 25 kg leichter als die Hengstfohlen in Schleswig-Holstein. Die Fohlen von HOIS (2004) waren um 10 kg leichter bzw. schwerer.

VERVUERT et al. (2005) fanden keine Unterschiede zwischen gesunden und durch Osteochondrose erkrankten Fohlen bezüglich der Entwicklung des Körpergewichts und der Widerristhöhe.

2.1.3 Body-Condition Score

Das Body-Condition Scoring dient zur Einschätzung der Körperreserven in Form einer Fettauflage an bestimmten Körperregionen.

PAGAN et al. (1996) führten Körperkonditionsbewertungen bei Vollblutfohlen bis zu einem Alter von 18 Monaten nach dem System von HENNEKE et al. (1983) mit einer Skala von 1 (extrem abgemagert) bis 9 (extrem fett) durch. In dieser Studie wurden die Fohlen sehr intensiv gefüttert. Der BCS der Stutfohlen war über den gesamten Untersuchungszeitraum höher als der BCS der Hengstfohlen. Im Alter von etwa drei Monaten waren die Unterschiede am größten. In diesem Alter hatten die Stutenfohlen einen BCS von 6,5 und die Hengstfohlen einen BCS von 6,0. In Kombination mit den hohen festgestellten Gewichten kann hier von einer deutlichen Überfütterung der Fohlen ausgegangen werden. Im Alter von zwölf Monaten war der BCS der Hengst- und Stutfohlen annähernd gleich und lag bei etwa 5,4. Danach stiegen die BCS-Werte wieder an.

SAASTAMOINEN (1990b) beurteilt die Kondition von Warmblutfohlen ohne vorgegebenes System. Er konnte aber dennoch feststellen, dass die Hengste meist weniger fett waren als die gleichaltrigen Stuten. Er führt dies darauf zurück, dass Stuten eher dazu neigen, Fett anzusetzen. Auch die geringere Bewegungsaktivität der Stuten wurde als mögliche Ursache für einen höheren BCS genannt.

HOFFMANN et al. (1996) beurteilten in einem Fütterungsversuch den BCS von Vollblütern von der Geburt bis zu einem Alter von ca. 18 Monaten vermutlich nach dem System von HENNEKE et al. (1983). Im Alter von zwei Monaten wurden die Fohlen durchschnittlich mit 4,5 bewertet. Beim Absetzen erreichten die Fohlen BCS-Werte um 5,5.

STANIAR et al. (2001) fanden keine Unterschiede beim BCS bei Vollblutfohlen und Jährlingen zu verschiedenen Jahreszeiten. Der BCS der Fohlen lag bei diesem Versuch durchschnittlich bei 4,9 bei Vollblütern bis zu einem Alter von einem Jahr.

Nach HOIS (2004) beträgt der BCS bei Fohlen nach dem System von SCHRAMME (2003) nach der Geburt ca. 3,7. Zu diesem Zeitpunkt haben Fohlen nur sehr geringe Fettreserven. Im Verlauf der ersten sechs Monate steigt der BCS auf etwa 4,7 an. Nach dem Absetzen erreichen Fohlen den idealen BCS von 5. Die BCS-Werte der Stuten waren um 0,2 und 0,5 Punkte höher als die der männlichen Tiere.

Damit konnte HOIS (2004) die Aussage von SAASTAMOINEN (1990b) bestätigen, dass Stutfohlen einen höheren BCS haben als Hengstfohlen.

**Tab. 4: BCS bei Jungtieren in Abhängigkeit von der Fütterung
(modifiziert nach MACK 2004)**

Alter in Tagen	Zukauf nach dem Absetzen	moderat gefüttert	intensiv gefüttert
181-210	4,3	5,4	5,4
211-240	4,0	5,3	5,4
241-270	4,2	5,3	5,3
271-300	4,3	5,1	5,3
301-353	4,3	4,8	5,2

Nach MACK (2007) hatten die Fohlen bei der Geburt einen BCS von etwa 3,1. Nach fünf Monaten erreichten die Fohlen bei einem Energieangebot nach GFE (1994) einen BCS von 5,2. Hier zeigte sich, dass die Bedarfswerte der GFE (1994) zu hoch sein müssen, da die Fohlen erst in diesem Alter die empfohlene Energiemenge aufnahmen und dennoch der BCS über dem, für Fohlen während der Säugeperiode Idealwert von 5,0 lagen. Hätten die Fohlen die vorgegebene Menge schon in einem früheren Alter aufgenommen, wäre der BCS vermutlich noch höher gewesen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Tabelle 4 dargestellt. Hier zeigt sich, dass intensiv gefütterte Fohlen einen höheren BCS durch einen höheren Fettansatz haben. Bei den nach dem Absetzen aus der Landespferdezucht zugekauften Fohlen lag der BCS deutlich unter dem BCS der Fohlen, die seit der Geburt im Versuch gefüttert wurden.

Dies spricht für eine noch moderatere Fütterung in der Landespferdezucht und für einen Wachstumseinbruch nach dem Absetzen, hervorgerufen beispielsweise durch Stress und die Futterumstellung.

ROSE-MEIERHÖFER et al. (2010) bestimmten den BCS bei Warmblutjährlingen, die in unterschiedlichen Gruppengrößen aufgezogen wurden. Bei den Jährlingen wurden sechs Körperregionen nach dem System von CARROLL und HUNTIGTON (1988) bewertet. Die Skala reichte von 0 (sehr dünn) bis 5 (adipös). Die BCS-Werte lagen im Alter von einem Jahr zwischen 2,3 und 3,3.

2.1.4 Entwicklung des Hufhorns

Das Wachstum des Hufhorns wird von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Die Wachstumsraten sind nach WISSDORF (1997) individuell und rasseabhängig. So zeigten Vollblüter ein höheres Hufhornwachstum als Warmblüter (SUSTMANN, 1913a). In Tabelle 5 ist ein Überblick über die Wachstumsraten bei Warmblütern verschiedener Untersuchungen dargestellt.

Tab. 5: Untersuchungen über die Wachstumsraten des Hufhorns bei Warmblutpferden

Autor	Rasse	Wachstumsrate
WINTER (1986)	Warmblut	13-17 mm/ 28 d
LEU (1987)	Warmblut- und Kaltblutpferde	8-9 mm/ 28 d
KAINER (1989)	Warmblut	8-10 mm/ Monat
GEYER et al. (1994)	Warmblut	6-11 mm/ 28 d
BECKER (1998)	Warmblut	4-15,5 mm/ 28d
SCHREYER (1997)	Deutsches Reitpferd	0,6-0,65 cm/ 28 d
MACK (2007)	Warmblut	8,2-10,3 mm/ 28 d*

* hochgerechnet aus dem täglichen Wachstum von 0,292-0,368 mm

Das Hufhornwachstum kann durch die Fütterung erheblich beeinflusst werden (PRIETZ, 1985). BUTLER et al. (1977) fanden bei Ponys, die ad libitum gefütterten wurden, ein um 50 % gesteigertes Hufhornwachstum gegenüber sehr restriktiv gefütterten Ponys.

Nach MEYER et al. (2002) kann es bei einem Proteinmangel und bei einem Mangel an schwefelhaltigen Aminosäuren (Cystein und Methionin) zu einem verzögerten Wachstum des Hufhornes kommen.

MACK (2007) untersuchte den Einfluss des Energieangebotes auf das Wachstum. Es konnte kein Einfluss unterschiedlicher Energiegehalte in der Ration auf das Hufhornwachstum festgestellt werden.

Das Wachstum des Hufhornes unterliegt jahreszeitlichen Schwankungen. Es ist im Sommer deutlich höher als im Winter (LEU, 1987; RICHTER, 1990; JOSSECK, 1991; SCHREYER, 1997). BUDRAS et al. (1999) konnten diese jahreszeitlichen Unterschiede bestätigen. Bei Przewalskipferden war das Hufhornwachstum im Sommer fast doppelt so hoch wie im Winter.

WINTER (1986) und SCHREYER (1997) nannten als Gründe für die Verringerung der Hornbildungsrate im Winter die Änderung des Nahrungsangebotes, die verringerte Umgebungstemperatur und die reduzierte Bewegungsaktivität der Tiere und die daraus resultierende geringere Durchblutung der Hufe.

Das Geschlecht scheint keinen Einfluss auf das Wachstum des Hufhornes zu haben (BUTLER und HINTZ, 1977; RICHTER, 1990).

Nachgewiesen wurde, dass das Alter einen Einfluss auf die Wachstumsraten des Horns hat. Bei Fohlen und Jungpferden wächst das Hufhorn schneller als bei älteren Pferden. Mit zunehmendem Alter der Pferde nimmt die Wachstumsgeschwindigkeit des Hufhornes ab (BUTLER und HINTZ, 1977; RICHTER, 1990; MEYER et al., 2002).

2.2. Einflussfaktoren auf das Wachstum

Das Wachstum allgemein und speziell beim Fohlen unterliegt zahlreichen inneren und äußeren Einflüssen. In den einzelnen Entwicklungsphasen ergeben sich unterschiedliche Wachstumsintensitäten.

Als die wichtigsten inneren Einflussfaktoren beschreiben HERTSCH et al. (1999):

1. Genügend Zufuhr eines qualitativ vollwertigen Aufbaumaterials
2. Geregelter Ablauf aller Stoffwechselfvorgänge
3. Altersentsprechende Regulation des Wachstums durch die Hormone
4. Altersentsprechende Wachstumsfähigkeit und Ansprechbarkeit der Gewebe durch Hormone
5. Integration durch genetische Faktoren

Zu den inneren Einflussfaktoren kommen Faktoren, die das Wachstum eines Fohlens von außen beeinflussen können.

Für ein optimales Wachstum von Fohlen und Jungpferden ist eine entwicklungsgerechte Vernetzung von Haltung und Fütterung notwendig. Jungpferde jeder Rasse sollten robust, zu jeder Zeit ohne starke Bewegungseinschränkung und unter natürlichen Bedingungen des Außenklimas, möglichst in Gruppen aufwachsen. Im zweiten Lebenshalbjahr, d.h. nach dem Absetzen wachsen Fohlen sehr intensiv. Sie haben dadurch einen hohen Energie-, Protein-, Vitamin- und Mineralstoffbedarf. Stallhaltung kann durch Bewegungsmangel Entwicklungsstörungen hervorrufen. Nur mit einer durchdachten Haltung und entsprechender Fütterung kann ein relativ gleichmäßiges Wachstum erreicht werden (BENDER, 2008).

Einen kritischen Zeitpunkt in der Wachstumsentwicklung stellt nach WALKER et al. (2008) das Absetzen der Fohlen dar. HOLLAND et al. (1996) beschreiben, dass sich der psychische Stress beim Absetzen negativ auf die Futteraufnahme auswirken kann und so Wachstumsdepressionen entstehen können.

MEYER et al. (2002) beschreibt in seinen Untersuchungen den Einfluss der Fütterung auf die Entwicklung des Skelettsystems beim Fohlen.

2.2.1 Einfluss der Genetik

Die Entwicklung und das Wachstum von Pferden sind zum einen durch Umweltfaktoren bestimmt, zum anderen aber auch genetisch determiniert (OTT, 2005).

Die Obergrenze des postnatalen Wachstums ist genetisch bestimmt. Rasseunterschiede und Unterschiede innerhalb einer Population werden durch Faktoren bestimmt, die einer genetisch bedingten Varianz unterliegen. Daraus resultieren die erheblichen Variationen innerhalb der Spezies Pferd (OTT, 2005).

Nach HINTZ et al. (1978) ist es wichtig zu wissen, wie hoch die Varianz der zufälligen Umwelteffekte und der genetischen Effekte ist, um den Effekt einer Vielzahl von Faktoren auf das Wachstum bzw. auf Wachstumskurven möglichst optimal einschätzen zu können.

Die Wachstumsraten der einzelnen Parameter sind genetisch determiniert. Jedoch haben nicht-genetische Faktoren wie Umwelt und Fütterung einen modifizierenden Einfluss, die das Ausschöpfen des genetisch festgelegten Wachstumspotenzials beeinträchtigen können (MACK, 2007).

Auch epigenetische Einflüsse können beim Wachstum der Fohlen nicht ausgeschlossen werden. In der menschlichen Entwicklung spielen epigenetische Regulationen bei verschiedenen Prozessen eine Rolle. So beeinflussen sie z.B. das An- und Abschalten von Genen.

Die Epigenetik ist beim Pferd noch nicht ausreichend untersucht. Dennoch gibt es Studien, die belegen, dass bei Pferden, die außerhalb ihres ursprünglichen Zuchtgebietes gezüchtet wurden, schon nach zwei Generationen phänotypische Unterschiede zum ursprünglichen Zuchtgebiet auftreten. Hier kann von epigenetischen Effekten ausgegangen werden. Diese Zusammenhänge sind jedoch noch nicht hinreichend geklärt. MARTI et al. (2007) beschreibt epigenetische Effekte bei der Ausprägung von Allergien bei Isländern, deren Elterntiere von Island nach Europa oder Nordamerika exportiert wurden.

2.2.2 Einfluss des Geschlechts

Bei Pferden gibt es einen Geschlechtsdimorphismus bezüglich der Körpergröße und des Körpergewichtes. Die Unterschiede zwischen Hengst- und Stutenfohlen sind allerdings anfangs sehr gering und steigen mit zunehmendem Alter (FRAPE, 1998).

Vorangegangene Studien zeigen, dass Hengstfohlen ein höheres Körpergewicht und eine höhere Körpergröße als Stutfohlen aufweisen. Es konnte vielfach festgestellt werden, dass Hengstfohlen ein größeres Geburtsgewicht und eine höhere Körpergröße zum Zeitpunkt der Geburt aufweisen (HINZ, 1979; THOMPSON, 1995; PAGAN et al., 1996). Auch BORCHERS (2002) und WILKE (2003) konnten diesen Zusammenhang in neueren Untersuchungen bestätigen.

Die Ausprägung des Geschlechtsdimorphismus ist aber auch durch die Rasse bestimmt. Bei Kaltblütern ist er anders ausgeprägt als bei leichteren Rassen.

HOIS (2004) konnte in einer Feldstudie über das Wachstum verschiedener Pferderassen keinen Geschlechtsdimorphismus feststellen. Auch STANIAR (2002) fand in seiner Studie keinen Geschlechtsdimorphismus.

Bei MACK (2007) waren wiederum die Stutfohlen mit energiereicher Fütterung über die gesamte Aufzuchtperiode schwerer als die Hengstfohlen derselben Gruppe. Bei den mit durchschnittlichen Energiegehalten gefütterten Fohlen waren die Hengstfohlen schwerer als die Stutfohlen.

SAASTAMOINEN (1990b) konnte ein stärkeres Röhrein der männlichen Tiere beim Finnischen Warmblut feststellen. Bei den anderen Körpermaßen war der festgestellte geschlechtsspezifische Unterschied gering. Hengste sind tendenziell aber etwas größer, länger und breiter als Stuten. Dafür neigen die Stuten eher zu Übergewicht durch einen höheren Fettansatz.

Auch MARTIN-ROSSET (1983) fand in Schlachtkörpern Unterschiede zwischen Hengst- und Stutenfohlen. So haben Stutfohlen einen höheren Anteil an Depotfett (12,3 %) als Hengstfohlen (9,4 %) bei gleichem Schlachtgewicht. Im Gegensatz dazu haben Hengstfohlen einen höheren Gewichtsanteil beim Skelett (15,7 %) als Stutenfohlen (14,9 %). Der Muskelanteil ist zwischen den Geschlechtern sehr ähnlich und liegt bei ca. 70 %.

2.2.3 Einfluss der Fütterung auf das Wachstum

Die Wachstumsrate von Fohlen und Jungpferden ist definiert als Größen- bzw. Gewichtszunahme pro Zeiteinheit. Diese Zunahmen werden erheblich durch die Energie- und Proteinversorgung beeinflusst (SAASTAMOINEN, 1996).

In Tabelle 6 sind die zu erwartenden Endgrößen und die zu erwartenden Endgewichte bei moderater und intensiver Fütterung im Bezug zur Endgröße bzw. zum Endgewicht dargestellt.

**Tab. 6: Wachstum von Fohlen in % der Endgröße bei Warmblütern
(modifiziert nach WALKER 2007)**

Lebensmonat	Größe in % der Endgröße	Gewicht in % des Endgewichtes	
		moderate Fütterung	intensive Fütterung
6	81-84	45	47
12	87-91	62	69
18	92-94	75	83
24	95-97	84	90

Die Versorgung mit Energie ist vor allem für die Lebendmassezunahme verantwortlich, d.h. für den Fettansatz und den Ansatz von Weichgewebe. Parallel dazu ist die Energieversorgung auch für das Knochenwachstum wichtig (THOMPSON et al., 1988a; OTT, 2005).

Erhöhte Lebendmassezunahmen, bedingt durch erhöhte Energiezufuhr, können dabei zu Störungen der Skelettentwicklung führen (THOMPSON et al., 1988a; JEFFCOTT, 1991; HINTZ, 1996). Fohlen haben die Fähigkeit, Wachstumsrückstände in einer folgenden Fütterungsphase mit einer erhöhten Versorgung auszugleichen (ELLIS und LAWRENCE, 1978). Man kann hier von einem kompensatorischen Wachstum sprechen.

ELLIS und LAWRENCE (1978) fütterten eine Gruppe sechs Monate alte New Forrest Fohlen 180 Tage nur entsprechend ihres Erhaltungsbedarfes und konnten im Folgenden den Effekt des kompensatorischen Wachstums im Bezug zur normal gefütterten Vergleichsgruppe nachweisen.

2.2.3.1 Energie- und Proteinbedarf

Neben der Energie ist das Protein einer der wichtigsten Faktoren für das Wachstum von Fohlen. Energie wird als erstlimitierender Faktor des Wachstums beschrieben. Ist Energie ausreichend vorhanden, kann Protein als limitierender Faktor für das Wachstum wirken (OTT und ASQUITH, 1985; STANIAR et al., 2001).

Eine Proteinunterversorgung kann zu abnehmenden Wachstumsraten führen. Eine Überversorgung mit Protein kann hingegen zu einem steigenden Wachstum führen, vorausgesetzt, es ist ausreichend Energie vorhanden. Für ein optimales Wachstum ist immer der Zusammenhang zwischen Protein- und Energieversorgung zu betrachten.

Der Proteinbedarf wachsender Fohlen setzt sich aus dem Bedarf für die Erhaltung und zusätzlich aus dem Bedarf für das Wachstum zusammen. Der Erhaltungsbedarf variiert zwischen den unterschiedlichen Rassen. So haben beispielsweise Vollblüter einen höheren Bedarf für die Erhaltung als Warmblüter. Der Bedarf für das Wachstum geht mit zunehmendem Alter zurück, weil bei Fohlen und Jungpferden der Proteinbedarf höher ist als bei adulten Pferden (NRC, 1989).

Da bei jungen Pferden der Verdauungstrakt noch nicht die volle Absorptionsleistung erreicht hat, muss besonders auf eine hohe Proteinqualität bei den eingesetzten Futtermitteln geachtet werden (MEYER et al., 2002).

Bei der Proteinversorgung ist nicht nur der Quantität sondern auch die Qualität von großer Bedeutung. Wachsende Pferde stellen einen erhöhten Anspruch an die Qualität des Proteins hinsichtlich des Aminosäurenmusters. Die wichtigsten Aminosäuren sind Lysin, Methionin und Cystein. Diese essentiellen Aminosäuren müssen bis zum neunten Lebensmonat auf jeden Fall zugefüttert werden, wobei Lysin die erstlimitierende Aminosäure ist. Fohlen sollten nach dem Absetzen etwa 0,5g Lysin/ MJ verdaulicher Energie erhalten (NRC, 1989; GFE, 1994; OTT, 1981). Weiterhin kann Threonin limitierend wirken (GRAHAM et al., 1994).

2.2.3.2 Aminosäurezusammensetzung

Das ideale Protein für die Fohlenfütterung, ist ein Protein, das bei allen enthaltenen Aminosäuren qualitativ und quantitativ dem Bedarf des Tieres und der Zusammensetzung des Zuwachses entspricht (JAHN, 2000).

Das Hufhorn wird überwiegend durch die Keratinproteine aufgebaut. So kann der Gesamteiweißgehalt des Futters Einfluss auf die Hornbildungsrate und Hornqualität nehmen (BUTLER und HINTZ, 1977).

Bei einer mangelhaften Versorgung mit schwefelhaltigen Aminosäuren kommt es zu einer Abnahme der Disulfidbrücken in den Keratinen der Hufhornzellen und folglich zu einer geringeren Widerstandsfähigkeit dieser gegenüber Umwelteinflüssen (CLARK und RAKES, 1982). Durch einen Mangel an den schwefelhaltigen Aminosäuren Cystein und Methionin kann es zu verringerten Hornbildungsraten kommen (MEYER et al., 2002).

Laut COENEN und SPITZLEI (1996) ist der Anteil von Cystein und Methionin bei schlechter Hornqualität allerdings nicht verringert.

Auch das Haar besteht nahezu vollständig aus keratinisierten Zellen. Der Keratingehalt macht ca. 80 bis 85% der gesamten Haarmasse aus. Der Begriff Keratin ist ein Sammelbegriff für einen Proteinkomplex. Dieser Komplex besteht aus fast unlöslichen schwefelhaltigen Proteinen. Überwiegend setzen sich solche Proteine aus den Aminosäuren Cystein, Serin, Glycin, Glutaminsäure, Arginin, Prolin, Threonin und Leucin zusammen (SCHLUPP, 2003).

Tab. 7: Anteile der Haarbestandteile

Inhaltstoffe	Anteil im Haar in %
Protein (Keratin)	80-85
Wasser	< 15
Lipide	1-9
Melanin	0,3-1,5
Mineralstoffe	0,25-0,95

Die ungefähren Anteile der Haarbestandteile sind in Tabelle 7 angegeben. Der Eiweißgehalt eines Haares ergibt sich im Wesentlichen aus der Kombination von drei verschiedenen strukturellen Keratinen. Der Schwefelgehalt des Haares wird hauptsächlich aus dem Anteil an schwefelhaltigen Aminosäuren, vor allem Cystein und in geringerem Maße Methionin abgeleitet. Die Konzentration der Inhaltstoffe im Haar ist abhängig von der Genetik, der Ernährung, Krankheiten, Umwelt, Witterung und kosmetischer Behandlung (DUNNET, 2005). Abbildung 2 zeigt die Aminosäuregehalte im Haar unterschiedlicher Pferderassen.

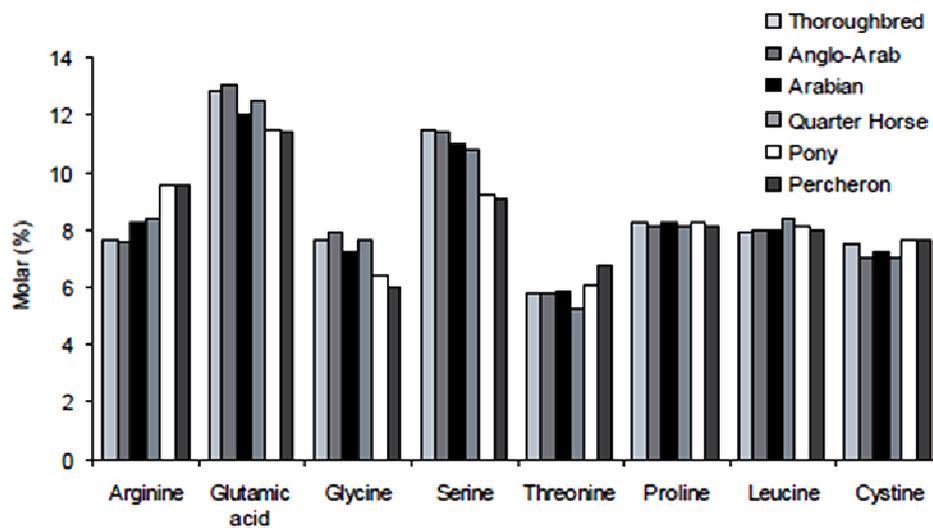


Abb.2: Rassebedingte Unterschiede der Aminosäuregehalte im Haar (aus DUNNET, 2005)

2.2.3.3 Empfehlungen zur Energie- und Proteinversorgung von Fohlen

Weltweit werden seit Jahren Untersuchungen zum Energie- und Proteinbedarf von wachsenden Fohlen durchgeführt. Durch Institute werden Empfehlungen herausgegeben, die sich auf die jeweilige Rasse und auf verschiedene Altersstufen der Fohlen beziehen. Weltweit führend sind hier das amerikanische National Research Council (NRC, 1989), das französische Institut national de la recherche agronomique (INRA, 1990) und der Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GFE, 1994) aber auch in den Niederlanden (Productschap Diervoeder, CVD, 1996 und 2008) sowie im Scientific Committee for Animal Nutrition (SCAN, 2002) werden Forschungen und Veröffentlichungen auf diesem Gebiet durchgeführt.

Die folgenden Tabellen (Tab. 8-12) zeigen die von den verschiedenen Instituten und Gesellschaften herausgegebenen Bedarfsnormen für die Versorgung von wachsenden Pferden im Vergleich.

Tab. 8: Gewicht in den unterschiedlichen Altersabschnitten (500 kg Pferd)

Alter in Monaten	Gewicht in kg GFE (1994)	Gewicht in kg NRC (1989)	Gewicht in kg INRA (1990)	Gewicht in kg CVB (1996)	Gewicht in kg SCAN (2002)
3 - 6	125 - 225	175 - 215	220	175	235
7 - 12	225 - 315	215 - 325	280 (320)*	150 - 335	335
13 - 18	315 - 380	325 - 400	---	335 - 410	---
19 - 24	380 - 425	400 - 450	440 (470)*	410 - 445	460

* bei intensiver Aufzucht

Tab. 9: Täglich Zunahmen in g in unterschiedlichen Altersabschnitten (500 kg Pferd)

Alter in Monaten	g/ Tag GFE (1994)	g/ Tag NRC (1989)	g/ Tag INRA (1990)	g/ Tag CVB (1996)	g/ Tag SCAN (2002)
3 - 6	820	850	800	751 - 1093	765
7 - 12	495	650 - 850	400 - 500 (700 - 800)*	751 - 478	464 - 765
13 - 18	357	500 - 650	---	287 - 478	---
19 - 24	246	350	150 - 200 (400 - 500)*	164 - 287	164 - 464

* bei intensiver Aufzucht

Tab. 10: Täglicher Energiebedarf in unterschiedlichen Altersabschnitten (500 kg Pferd)

Alter in Monaten	DE in MJ GFE (1994)	DE in MJ NRC (1989)	DE in MJ INRA (1990)	DE in MJ CVB (1996)	DE in MJ SCAN (2002)
3 - 6	63,2	60,3 - 62,8 (72,0)*	38,7	33,5 - 38,2	37,7
7 - 12	66,1	62,8 - 79,1 (89,1)*	41,4 (50,6)*	38,2 - 40,7	37,7 - 40,5
13 - 18	67,8	79,1 - 82,9 (111,0)*	---	40,7 - 41,0	---
19 - 24	69,9	78,7 - 82,9 (110,1)*	55,2 (62,6)*	41,0 - 41,5	40,5 - 42,4

* bei intensiver Aufzucht

Tab. 11: Täglicher Proteinbedarf in unterschiedlichen Altersabschnitten (500 kg Pferd)

Alter in Monaten	g/ Tag GFE (1994) ¹	g/ Tag NRC (1989) ²	g/ Tag INRA (1990) ¹	g/ Tag CVB (1996) ¹	g/ Tag SCAN (2002) ¹
3 - 6	580	720 - 750 (860)*	560	530 - 650	530
7 - 12	540	750 - 851 (956)*	440 (590)*	425 - 530	425 - 530
13 - 18	485	851 - 893 (1195)*	---	380 - 425	---
19 - 24	445	800 - 893 (1117)*	320 (420)*	350 - 380	350

* bei intensiver Aufzucht ¹ verdauliches Rohprotein ² Rohprotein**Tab. 12: Protein-Energie-Verhältnis in unterschiedlichen Altersabschnitten (500 kg Pferd)**

Alter in Monaten	g/ MJ GFE (1994)	g/ MJ NRC (1989)	g/ MJ INRA (1990)	g/ MJ CVB (1996)	g/ MJ SCAN (2002)
3-6	9	12	15	16	14
7-12	8	11 - 12	11 (12)*	12	12
13-18	7	11	---	10	---
19-24	6	10 - 11	6 (7)*	9	8

* bei intensiver Aufzucht

2.2.3.4 Untersuchungen zur Energieversorgung von Fohlen

Nach MILLIGAN (1985) haben Pferde, die mit energetisch höherwertigem Futter gefüttert wurden, größere Gewichtszunahmen. Zum gleichen Ergebnis kamen auch CYMBALUK et al. (1989). Sie untersuchten die Wirkung von einer beschränkten Futterzuteilung und einer ad libitum Fütterung bei 18 Absetzern über einen Zeitraum von 78 Wochen. Die ad libitum gefütterten Fohlen waren nach diesem Zeitraum 24 % schwerer als die restriktiv gefütterten Tiere und auch um 10,6 % größer. Die ad libitum gefütterten Fohlen verbrauchten im Alter von sechs bis zwölf Monaten, von zwölf bis 18 Monaten und von 18 bis 24 Monaten jeweils 19 % (121 MJ), 44 % (164 MJ) und 34% (212 MJ) mehr verdauliche Energie (DE) als von der NRC (1978) vorgegeben.

Nach MACK (2007) hat eine zusätzliche Energieaufnahme keinen Einfluss auf das Größenwachstum. Zusätzliche Energiegaben wirken sich eher auf die Gewichtsentwicklung aus.

TOPLIFF (1988) untersuchte das Wachstum von 15 Quarter Horse Fohlen. Die Fohlen wurden in drei Gruppen ab einem Alter von 120 Tagen, für die Dauer von 180 Tagen gefüttert, um die Wirkung des Protein-Energie-Verhältnis auf das Wachstum zu untersuchen. Die Ration A enthielt 125 % Protein und 125 % Energie der NRC-Empfehlungen (1978). Ration B enthielt 100% Eiweiß und 125% Energie der NRC-Empfehlungen (1978). Die dritte Ration (C) enthielt jeweils 100 % der Empfehlungen für Protein und Energie. Die Futterraufnahme betrug 2,25 % des Körpergewichts. Die Fohlen der Gruppe A nahmen wesentlich schneller zu als die Fohlen der anderen beiden Gruppen. Die Fohlen der Gruppe B wuchsen tendenziell langsamer als die Fohlen der Gruppe C und hatten die schlechtere Körperkondition.

THOMPSON et al. (1988) fütterten in ihrer Studie Quarter Horses und Vollblüter mit unterschiedlichen Mengen an Energie und Protein. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass sich höhere Energiegaben hauptsächlich auf das Gewicht und weniger auf das Größenwachstum auswirken.

Dennoch ist Energie der erste limitierende Faktor für die Körpergewichts- und Körpergrößenentwicklung, denn wenn die Energiezufuhr herabgesetzt wird, können auch erhöhte Proteingaben keinen fördernden Einfluss auf das Körpergewicht und die Körpergröße haben (OTT und ASQUITH, 1986; STANIAR et al., 2001). Nur bei einer ausreichenden Energieversorgung hat Protein über das ausgeglichene Protein-Energie-Verhältnis eine wachstumslimitierende Funktion (OTT und ASQUITH, 1986).

In den folgenden Tabellen (Tab. 13-15) sind Zusammenstellungen früherer Untersuchungsergebnisse dargestellt.

Tab. 13: Untersuchungen zu energiereicher Fütterung

Autor	Rasse, Alter, Anzahl Tiere	Versuchsaufbau	Zunahmen
MILLIGAN et al. (1985)	Jährlinge Ø 278 kg (Dauer 112 d) n= 72	A: 76 % DE (NRC 1978) B: 100 % DE (NRC 1978) C: 125 % DE (NRC 1978)	A: 230 g/ d B: 470 g/ d C: 660 g/ d
CYMBALUK et al. (1989)	Quarter Horses 6. - 24. Monat n= 18	A: Futter ad libitum Ø 172 MJ + 33% NRC (1978) B: 100% (NRC 1978) Ø 128 MJ	Größe + 24 % Gewicht + 10,6 %
MACK (2007)	Warmblüter 1 - 346 Tage n= 31	A: 21-39 MJ DE (im Kraftfutter) B: 35-53 MJ DE (im Kraftfutter) (Ration A+14 MJ DE)	A: 340- 1520 g/ d B: 370- 1370 g/ d

2.2.3.5 Untersuchungen zur Proteinversorgung von Fohlen

GRAHAM et al. (1994) untersuchten die Wirkung einer Lysin- und Threonin-Supplementierung auf das Wachstum und die Entwicklung bei Quarter Horses und Vollblütern. Sie fütterten drei verschiedene Kraftfutter auf der Basis von Hafer, Mais und Sojaschrot und ein Heu mittlerer Qualität. Gruppe B erhielt zusätzlich 2% Lysin und Gruppe C ergänzend zum Lysin noch 1 % Threonin. Die Futteraufnahme war in Gruppe C höher als in Gruppe A, d.h. die Fohlen die zusätzlich Lysin und Threonin erhalten haben, nahmen mehr Futter auf. Die Hengstfohlen nahmen mehr Trockensubstanz auf als die Stutfohlen. Die Gewichtszunahmen waren in Gruppe B und C höher. Der Umfang nahm bei den Fohlen der Gruppe C mehr zu als bei den anderen beiden Gruppen. Die Körperfettmessungen ergaben keine Gruppenunterschiede, jedoch hatten die Stuten mehr Fettauflage als die Hengste.

Tab. 14: Untersuchungen unterschiedlicher Energie- / Nährstoffverhältnisse

Autor	Rasse, Alter, Anzahl Tiere	Versuchsaufbau	Ergebnisse
TOPLIFF (1988)	Quarter Horses 120. Lebenstag (Dauer 180 Tage) n= 15	A: 125 % RP und 125 % DE (NRC 1978) 53 g/ Mcal B: 100 % RP und 125 % DE (NRC 1978) 44 g/ Mcal C: 100 % RP und 100 %DE (NRC 1978) 53g/ Mcal	A: 850 g/ d höheres Endgewicht B: 590 g/ d C: 750 g/ d kein Unterschied im Endgewicht zwischen B und C

Eine Proteinversorgung zwischen 98-103 % der Empfehlungen des NRC (1989) wird für ein optimales Wachstum benötigt, immer unter der Voraussetzung, dass Energie in ausreichender Menge zur Verfügung steht (STANIAR, 2001). Nach einer Proteinzufuhr von 95-106 % der Empfehlungen des NRC (1989) konnten keine signifikanten Unterschiede bei der Entwicklung des Körpergewichtes und der Körpergrößen festgestellt werden (YOAKHAM et al., 1978; OTT und ASQUITH, 1986; SCHRYVER et al., 1987).

OTT et al. (1981) untersuchten die Wirkung einer Lysin-Supplementierung bei Jährlingen. Im ersten Experiment wurden 24 Jährlinge mit einer Ration bestehend aus einem Kraftfutter mit einem Proteingehalt von ca. 15 % in der Trockenmasse und unterschiedlichen Gaben von zusätzlichem Lysin gefüttert. Die Jährlinge wurden außerdem mit einem Heu mit 8,9 % Rohprotein und 0,3 % Lysin gefüttert.

Die Jährlinge fraßen vom Kraftfutter durchschnittlich 1,67 % ihres Körpergewichtes und 0,94 % ihres Körpergewichtes an Heu. Es gab keine Unterschiede bei der gefressenen Futtermenge zwischen den Gruppen. Die aufgenommene Energiemenge von 24 Mcal DE (100 MJ) pro Tag und die Rohproteinaufnahme von 1102 g lagen deutlich über den empfohlenen Werten für Pferde im Alter von zwölf bis 18 Monate mit einem zu erwartenden Endgewicht von 500-600 kg. Das Protein-Energie-Verhältnis betrug 45,9 g pro Mcal (11g/ MJ). Dies entspricht im Wesentlichen den Empfehlungen des NRC (1989). Die Jährlinge nahmen je nach Gruppe täglich 48 g, 52 g und 40 g Lysin auf. Die Fohlen der dritten Gruppe waren tendenziell leichter als die Fohlen der anderen beiden Gruppen. Das Größenwachstum wurde durch die Gabe von zusätzlichem Lysin nicht beeinflusst.

Im zweiten Experiment wurden drei unterschiedliche Rationen mit 14 % Rohprotein und 0,67 % Lysin, 12 % Rohprotein und 0,51 % Lysin bzw. 12 % Rohprotein mit 0,64 % Lysin gefüttert. Zusätzlich bekamen die Fohlen ein Heu mit 9,26 % Rohprotein und 0,36 % Lysin.

Die Kraftfuttergabe betrug durchschnittlich 1,99 % des Körpergewichtes und zusätzlich wurden täglich 0,92 % des Körpergewichtes an Heu aufgenommen. Auch hier gab es zwischen den Gruppen keine Unterschiede in der aufgenommenen Futtermenge. Pro Tag wurden 59 g, 46 g und 53 g Lysin je Tier aufgenommen. Das Protein-Energie-Verhältnis betrug 46,8 g pro Mcal DE (11,2 g/ MJ), 41,3 g pro Mcal DE (9,8 g/ MJ) und 42,7 g pro Mcal DE (10,2 g/ MJ). Die Pferde, die eine geringere Proteingabe ohne Lysin erhalten haben, hatten geringere Gewichtszunahmen als die Tiere, die mehr Protein oder zusätzliches Lysin erhalten haben.

Im Experiment eins waren Energie und Proteingaben vergleichbar mit denen des NRC (1978) oder sogar etwas höher. Sie führten zu einem maximalen Wachstum, wenn die limitierenden Faktoren ausreichend vorhanden waren. Geringere Lysingaben und weniger Energie führten zu einem verlangsamten Wachstum. Im zweiten Experiment zeigte sich, dass der Rohproteingehalt in der Ration reduziert werden kann, wenn ausreichend Lysin in der Ration zur Verfügung steht.

OTT und ASQUITH (1986) führten eine weitere Studie zum Einfluss der Fütterung auf das Wachstum von Jährlingen durch. Diese Studie enthielt ebenfalls drei Experimente.

Im ersten Experiment wurden 16 Fohlen mit einem durchschnittlichen Alter von 339 Tagen 140 Tage lang mit zwei unterschiedlichen Rationen gefüttert. Ration eins enthielt 14,6 % Rohprotein und 3,32 Mcal Energie. Die zweite Ration enthielt 15 % Rohprotein und 3,56 Mcal Energie. Beide Rationen wurden ad libitum angeboten. Hinzu kamen 0,89 kg Heu pro 100 kg Lebendmasse mit einem Energiegehalt von 1,98 Mcal und einem Rohproteingehalt von 9 %.

Die Fohlen mit den höheren Nährstoffgehalten im Kraftfutter fraßen 5% weniger Heu. Es konnten aber keine signifikanten Unterschiede im Wachstum und im Gewicht festgestellt werden.

Im zweiten Experiment wurden 23 Fohlen mit drei unterschiedlichen Rationen gefüttert. Die erste Ration enthielt 15 % Rohprotein und 3,56 Mcal Energie. Die Fohlen erhielten von diesem Futter 1,1 kg pro 100 kg Lebendmasse. Gruppe zwei erhielt dasselbe Futter ad libitum. Die dritte Gruppe erhielt ein Futter mit 14,6 % Rohprotein und einem Energiegehalt von 3,32 Mcal ad libitum. Alle drei Gruppen bekamen ein Heu mit 9,6 % Rohprotein und 1,98 Mcal Energie in einer Menge von 0,87 kg pro 100 kg Lebendmasse. Die Tiere der Gruppe eins fraßen im Vergleich insgesamt weniger als die Tiere der Gruppen zwei und drei. Die ad libitum gefütterten Fohlen fraßen mehr Kraftfutter. Die ad libitum Gruppen nahmen etwa 32 % mehr Energie auf als von der NRC (1978) vorgegeben. Die Gruppe eins lag immer noch 10 % über den Empfehlungen. Die restriktiv gefütterten Tiere der Gruppe eins hatten ein geringeres Gewicht und einen geringeren Umfang als die ad libitum gefütterten Tiere. Auf die Größe hatte die Fütterung keinen Einfluss.

Im Experiment drei wurden 24 Fohlen mit drei unterschiedlichen Rationen gefüttert. Eine Gruppe erhielt ein Kraftfutter mit 13,5 % Rohprotein und einem Energiegehalt von 3,47 Mcal. Die gefütterte Menge betrug 1,1 kg pro 100 kg Lebendmasse. Gruppe zwei erhielt dieses Futter ad libitum. Gruppe drei erhielt ein Kraftfutter mit 16,8 % Rohprotein und 3,42 Mcal Energie (1,1 kg/ 100 kg LM). Das Heu wurde zwei Mal am Tag für eineinhalb Stunden ad libitum gefüttert und enthielt 1,98 Mcal Energie und 7,7 % Rohprotein.

Die ad libitum gefütterten Tiere fraßen insgesamt mehr als die restriktiv gefütterten Tiere. Die restriktiv gefütterten Tiere fraßen 55 % Kraftfutter und 45 % Heu. Die Tiere, die ad libitum gefüttert, wurden fraßen 63 % Kraftfutter und 37 % Heu.

Die aufgenommene Energiemenge war ähnlich und lag bei den Empfehlungen des NRC (1978). Der Proteingehalt lag unter bzw. über den NRC (1978) Empfehlungen. Das Gewicht und der Umfang waren bei den ad libitum gefütterten Tieren höher. Die Tiere mit der geringeren Proteinaufnahme waren kleiner als die ad libitum oder die mit höherem Proteingehalt gefütterten Tiere. Durch die unter den NRC-Empfehlungen (1978) gelegene Proteinzufuhr der ersten Gruppe war das Wachstum eingeschränkt. Bei höheren Proteingaben und gleichem Energiegehalt wuchsen die Tiere besser. Protein war hier der limitierende Faktor.

SCHRYVER et al. (1987) unterstreichen den Einfluss unterschiedlicher Proteingehalte in der Ration. In dieser Studie wurden 24 Fohlen ab einem Alter von vier Monaten zwei mal 140 Tage mit drei unterschiedlichen Rationen gefüttert. Die Rationen enthielten 9 %, 14 % und 20 % Rohprotein. Nach 140 Tagen waren die Fohlen der 9 % - Gruppe stark im Wachstum benachteiligt. Zwischen den Gruppen mit 14 % und 20 % Rohprotein gab es keine Unterschiede. Nach 140 Tagen wurden die Gruppen mit wenig und hohem Proteingehalt getauscht und weitere 140 Tage gefüttert. Nach dieser Zeit waren keine Unterschiede bezüglich des Wachstums zwischen den Gruppen feststellbar. Hier konnte das kompensatorische Wachstum nachgewiesen werden.

Tab. 15: Untersuchungen zu Protein- bzw. Aminosäuregehalte in der Ration

Autor	Rasse, Alter, Anzahl Tiere	Versuchsaufbau	Zunahmen Gewicht bzw. Größe
OTT et al. (1981) Exp. 1	Quarter Horses, Vollblut 297. Lebensstag (Dauer 196 Tage) n= 24	A: 15,4 % RP + 0,70 % LYS B: 15,7 % RP + 0,81 % LYS C: 15,9 % RP + 0,59 % LYS	A: 640 g/ d B: 630 g/ d C: 580 g/ d
OTT et al. (1981) Exp. 2	Quarter Horses, Vollblut 327. Lebensstag (Dauer 140 Tage) n= 22	A: 14 % RP B: 12 % RP C: 12% RP + 0,15 % Lysin	A: 720 g/ d B: 620 g/ d C: 720 g/ d
OTT und ASQUITH (1986) Exp.1	Quarter Horses, Vollblut 339. Lebensstag (Dauer 140 Tage) n= 16	A: 14,6 % RP, 3,32 Mcal DE ad libitum B: 15 % RP, 3,56 Mcal DE ad libitum	A: 666 g/ d B: 707 g/ d
OTT und ASQUITH (1986) Exp. 2	Quarter Horses, Vollblut 316. Lebensstag (Dauer 140 Tage) n= 23	A: 15 % RP, 3,56 Mcal DE, 1,1 kg/ 100 kg LM B: 15 % RP, 3,56 Mcal DE ad libitum C: 14,6 % RP, 3,32 Mcal DE ad libitum	A: 487 g/ d B: 585 g/ d C: 617 g/ d
OTT und ASQUITH (1986) Exp. 3	Quarter Horses, Vollblut 315. Lebensstag (Dauer 140 Tage) n= 24	A: 13,5 % RP, 3,47 Mcal DE, 1,1 kg/ 100 kg LM B: 13,5 % RP, 3,47 Mcal DE ad libitum C: 16,8 % RP, 3,42 Mcal DE, 1,1 kg/ 100 kg LM	A: 478 g/ d B: 628 g/ d C: 464 g/ d
SCHRYVER et al. (1987)	Warmblut, Araber, Vollblut 4. Lebensmonat (Dauer 2 x 140 Tage) n= 24	A: 9 % RP (Futteraufnahme 2,7 kg/ d) B: 14 % RP (Futteraufnahme 4,4 kg/ d) C: 20 % RP (Futteraufnahme 4,7 kg/ d)	A: 64 g/ d, 0,57 mm B: 631 g/ d, 0,83 mm C: 687 g/ d, 0,87 mm
CYMBALUK (1990a)	Draft Horses 6. -12. Lebensmonat n= 12	A: 98,2 % RP (NRC), 0,45% Lys B: 102 % RP (NRC), 0,75 % Lys, C: 102,8 % RP (NRC), 0,75% Lys	A: 1050 g/ d B: 1140 g/ d C: 1180 g/ d
GRAHAM et al. (1994)	Quarter Horses, Vollblut Jährlinge (Dauer 2 x 112 Tage) n= 39	A: 11,73 % RP, 0,52 % LYS, 0,43 % THR B: 12,04 % RP, 0,61 % LYS, 0,40 % THR C: 11,92 % RP, 0,64 % LYS, 0,51 % THR, ad lib. Heu (11,02 % RP, 0,36 % LYS, 0,38 % THR)	A: 570g/ d B: 640g/ d C: 670g/ d
STANIAR et al. (2001)	Vollblut 1. -14. Lebensmonat n= 22	A: 14 % RP, 3 Mcal DE B: 9 % RP, 0,6 % LYS, 0,4 % THR	A: 710 g/ d B: 740 g/ d
YOAKAM et al. (1978)	41 Ponys 6. -10. Lebensmonat (Dauer 280 Tage) n= 41	A: 11,4 % RP, 0,48 % LYS (41,7 g RP/ Mcal) B: 14,3 % RP, 0,69 % LYS (52,30 g RP/ Mcal) C: 17,5 % RP, 0,91 % LYS (64,0 g RP/ Mcal)	0,32 kg/ d 0,34 kg/ d 0,29 kg/ d
GODBEE und SLADE (1981)	Warmblut Absetzer, Jährlinge, 2-Jährige (Dauer 3 x 56 Tage) n= 16	A: Basisration (0,29 % LYS, 0,33 % THR) B: Basisration mit Harnstoff (0,37 % LYS, 0,29 % THR) C: Basisration mit Sojaschrot (0,63 % LYS, 0,58 % THR)	A: 250 ¹ g/ d 800 ² g/ d 800 ³ g/ d B: 290 ¹ g/ d 240 ² g/ d 280 ³ g/ d C: 640 ¹ g/ d 400 ² g/ d 400 ³ g/ d

¹ Absetzer² Jährlinge³ 2- Jährige

2.2.3.6 Auswirkungen einer Unterversorgung mit Energie und Protein

Bei Kindern werden zur Beurteilung der Ernährung die Effekte einer Protein-Energie-Mangelernährung untersucht. In der Regel erfolgt die Bewertung der Mangelernährung als Defizit beim Gewicht in einem bestimmten Alter. Dabei werden zwei unterschiedliche Ursachen beschrieben. Zum einen tritt ein Defizit in der Größe auf. Die Kinder sind dann zu klein im Vergleich zu gleichaltrigen Kindern. Die zweite Mangelercheinung bezieht sich auf das Gewicht. Die Kinder haben hier zu geringe Gewichtszunahmen. Sie sind also zu leicht für ihre Körpergröße.

Der Grad der Mangelernährung wird im Verhältnis zur Körpergröße gesehen. Es wird errechnet, wie viel Prozent der später zu erwarteten Größe erreicht sind und wie groß die „Verkümmerung“ ist.

Beim Gewicht wird das zu erwartende Gewicht in Abhängigkeit von der Rasse und der Größe zur Bewertung der Mangelernährung herangezogen. Für die Vereinfachung der Ernährungsbeurteilung kann auch das Verhältnis zwischen Gewicht und Größe unabhängig von der Rasse und dem Alter betrachtet werden (WATERLOW, 1973).

Weitere Untersuchungen beschreiben die Muskelmasse als einen verlässlichen Indikator für die Schwere und die Auswirkungen von Protein-Energie-Mangelernährung. Versuche an Ratten haben gezeigt, dass bei Energiemangel und fehlendem Protein die Körpermasse abnimmt bzw. nicht aufgebaut werden kann, da Muskeln zu 90 % aus Protein und Wasser bestehen (HEYMSFIELD et al., 1982).

Nach MEYER et al. (2002) werden die Entwicklungen der inneren Organe und das Skelettwachstum bei Fohlen durch eine knappe Fütterung nicht negativ beeinflusst. Die Tiere wachsen zwar langsamer, erreichen aber die gleiche Endgröße wie intensiv gefütterte Fohlen.

MARTIN-ROSSET (2004) untersuchte die Entwicklung des Knochengewebes von Fohlen zwischen dem sechsten und 24. Monat, die nach zwei verschiedenen Modellen gefüttert wurden. Die intensiver gefütterten Tiere erreichten mit 24 Monaten ein um 10 % höheres Gewicht als die restriktiver gefütterten Fohlen.

Verschiedene Untersuchungen zeigten, dass ein reduziertes Wachstum durch eine stark herabgesetzte Energieaufnahme zu einem späteren Zeitpunkt wieder ausgeglichen werden kann (ELLIS und LAWRENCE, 1978; MARTIN-ROSSET, 1983; STAUN et al., 1987).

BIGOT et al. (1988) beschreiben das kompensatorische Wachstum. Absetzer, die im ersten Winter 20 % weniger Energie erhielten, konnten das Wachstum im folgenden Sommer kompensieren.

Nach MARTIN-ROSSET et al. (1994) kann die Entwicklung des Gewichtes während des Wachstums stark beeinflusst werden. Diese Fähigkeit nimmt allerdings mit zunehmendem Alter der Fohlen ab. Die Körpergröße lässt sich durch die Fütterung weniger beeinflussen. Fohlen, die über den Winter restriktiv gefüttert wurden, erreichten bei guter Qualität der Weide im Sommer mit 42 Monaten dasselbe Gewicht und dieselbe Größe wie intensiv gefütterte Fohlen. Es konnten wesentlich höhere tägliche Zunahmen der im Winter restriktiv gefütterten Fohlen im folgenden Sommer beobachtet werden.

2.2.3.7 Auswirkungen einer Energie- und Proteinübersorgung

Eine Proteinübersorgung beeinflusst die Entwicklung von Körpergröße und -gewicht nicht. Aber Bewegung scheint einen positiven Einfluss auf die Proteinverwertung zu haben (ORTON et al., 1985).

Eine Energieübersorgung wurde in der Vergangenheit in einer Vielzahl von Untersuchungen thematisiert, da die Vermutung nahe lag, dass eine Energieunterversorgung zu orthopädischen Entwicklungsstörungen führen kann. STROMBERG (1979) wies als einer der ersten auf den Zusammenhang zwischen Osteochondrose, schnell wachsenden Fohlen und einer zu intensiven Energieversorgung hin. Weitere Arbeiten ergaben ähnliche Ergebnisse. Die Gefahr einer zu hohen Energieaufnahme sahen GLADE et al. (1984) größtenteils in den hormonellen Veränderungen. Zwar wurde das Wachstum intensiviert, aber die Knochenreifung war verzögert. Auch das schnelle Wachstum des Knorpels mit unzureichender Knorpelreifung resultiert aus einer zu hohen Energieversorgung. Als Ursache wurde immer eine zu hohe Kohlenhydrataufnahme beschrieben. Diesen Zusammenhang stellten auch KRONFELD et al. (1990) fest. Hohe Kohlenhydrataufnahmen führen zu hohen IGF- Gehalten im Blut.

Dieser insulinähnliche Wachstumsfaktor stimuliert das Wachstum der Knorpelzellen und deren Differenzierung. Die temporär starke Zellvermehrung, insbesondere in Kombination mit einer verstärkten mechanischen Belastung durch ein hohes Körpergewicht, kann zu krankhaften Veränderungen führen (MEYER et al., 2002).

Nach dem Absetzen müssen sich die Tiere erst an eine neue Energiequelle gewöhnen, da die Energielieferung aus der Milch fehlt. Folglich geht die Energieaufnahme zunächst zurück. Mit der anschließenden wachsenden Energieaufnahme beginnt dann ein schnelles kompensatorisches Wachstum, das eventuell das Skelett für Schäden anfällig machen kann (SAASTAMOINEN, 1996). Nach TOPLIFF et al. (1988) zeigten Absetzer, die nicht genetisch prädisponiert für entwicklungsbedingte Skelettkrankheiten waren, diese auch nicht unter einer erhöhten Energiezufuhr. Die Gewichtszunahme konnte durch eine erhöhte Energiezufuhr stärker beeinflusst werden als das Wachstum des Skeletts (THOMPSON et al., 1988b).

Unter den Bedingungen einer hohen Energieversorgung nimmt das Weichgewebe im Verhältnis stärker zu als das Längen- und Breitenwachstum der Skelettknochen (MEYER et al., 2002).

Nach ELLIS und LAWRENCE (1978b) entsteht unter intensiver Fütterung ein im Verhältnis zum Längenwachstum verzögertes Breitenwachstum der Skelettknochen, wodurch die statische Belastung der Röhreinknochen ansteigt.

SCHWEDE (1986) stellte bei übermäßig hoher Energieaufnahme ebenfalls Knochenreifungsstörungen fest, die im Zusammenhang mit der Fütterung gesehen wurden.

2.2.3.8 Protein-Energie-Verhältnis

Nach STANIAR et al. (2001) gilt die Energieaufnahme als erstlimitierender Faktor für die Gewichts- und Körpergrößenentwicklung, denn bei einer herabgesetzten Energiezufuhr haben auch erhöhte Proteingehalte keinen positiven Einfluss auf das Körpergewicht und die Körpergröße. Nur bei ausreichender Energieversorgung kann das Protein zum wachstumslimitierenden Faktor werden (OTT und ASQUITH, 1985).

TOPLIFF et al. (1988) beobachteten bei einem Protein-Energie-Verhältnis von 53 g Protein pro Mcal DE (12,7 g/ MJ) höhere Zunahmen im Gewicht und bei der Körpergröße.

GIBBS et al. (1989) untersuchten Fütterungsgruppen mit einem Protein-Energie-Verhältnis von 45 g Protein pro Mcal DE (10,7 g/ MJ) und 56 g Protein pro Mcal DE (13,4 g/ MJ). Bei der Gruppe mit einer höheren Proteinversorgung im Bezug zur Energie wurden höhere Zunahmen bei der Körpergröße beobachtet. Bei der Gruppe, die weniger Protein im Verhältnis zur Energie erhalten hat, konnte eine starke Neigung zum Fettansatz im Rumpfbereich und eine geringere Größenzunahme festgestellt werden.

2.2.4 Einflüsse der Fütterung auf die Blutparameter

Mängel und Überschüsse bei der Zufuhr an Nährstoffen lassen sich u.a. an einigen Blutparametern feststellen.

Eine langfristig ausgewogene Energieversorgung wird am sichersten unmittelbar aus der Körperverfassung abgeleitet und lässt sich am einfachsten durch das Body-Condition Scoring feststellen. Kurzfristige Energiedefizite lassen sich aber auch durch einen erheblichen Anstieg der Triglyzeride im Plasma nachweisen. Ebenso lässt sich die Proteinversorgung im Blutplasma feststellen. Einen guten Hinweis gibt hier der Plasmaharnstoffgehalt. Dieser ist in der Regel relativ stabil. Bei einem Mangel geht der Harnstoffgehalt im Blut zurück, bei einer Überversorgung steigt er an. Ein Harnstoffwert unter 200 mg/ l weist auf eine Proteinunterversorgung hin, wohingegen Harnstoffwerte über 350 mg/ l eine Überversorgung mit Protein anzeigen.

Ein langfristiger Proteinmangel führt zu einem Rückgang des Albumingehaltes im Plasma. Eine unausgeglichene Aminosäurenversorgung bei wachsenden Fohlen wirkt sich auf die Gehalte der freien essentiellen Aminosäuren im Plasma aus. Die Werte für Lysin können auf unter 80 $\mu\text{mol/ l}$ fallen. Bei Methionin sind Werte unter 30 $\mu\text{mol/ l}$ ein Anzeichen für eine unzureichende Versorgung (MEYER et al., 2002). Anzeichen einer Proteinunterversorgung sind Albumin-Werte unter 30 g/ l sowie Gesamteiweißwerte unter 50 g/ l.

In der Tabelle 16 sind die Referenzwerte einiger Blutparameter bei Fohlen dargestellt.

Tab. 16: Referenzwerte der Blutparameter von Fohlen (nach DIETZ und HUSKAMP, 1999)

Blutparamert	Referenzbereich	Bedeutung der Abweichungen vom Referenzbereich
ALB (Albumin)	26-56 g/ l	↓ Proteinmangel
AST (Aspartat-Amino- Transferase)	bis zu 250 U/ l (bis 300 U/ l bei Fohlen bis 1 Jahr) Steigerung auf das 3-fache bei Aktivität	↑ Hinweis auf Skelettmuskelerkrankung und Myokardiopathien
GGT (Gamma-Glutamyl- Transferase)	bis zu 25 U/ l	keine Angaben
GLDH (Glutamat- Dehydrogenase)	bei 8 U/ l	über 24 U/ l schwere Leberschädigung mit Zellnekrose
Glu (Glukose)	3-5 mmol/ l postprandial bis 9 mmol/ l	keine Angaben
Harnstoff	200-350 mg/ l	↑ hoher Proteingehalt im Futter
CK (Kreatinkinase)	< 130 U/ l, vereinzelt bis 190 U/ l	↑ Hinweis auf Tetanus, Muskeltraumata oder Belastungsmyopathien
TP (Gesamtprotein)	55-75 g/ l	↓ Hinweis auf Hypoproteinämie, Proteinmangelernährung, Parasiten

SHETTY et al. (1979) untersuchten die Wirkungen von Protein- und Energiebeschränkungen auf die Plasmaproteine Albumin, Transferrin, Retinolbinde-Protein und Thyroxinbinde-Protein bei Kindern und Erwachsenen. Das Retinolbinde-Protein und das Thyroxinbinde-Protein reagierten beispielsweise sehr rasch auf die veränderte Energie- und Proteinversorgung, im Gegensatz zu Albumin und Transferrin, bei denen keine signifikanten Änderungen im Plasma festgestellt werden konnten. Dies zeigt, dass einige Plasmaproteine einen Hinweis auf Protein-Energie-Mangelernährung geben können, andere dagegen nicht.

TAKAGI et al. (2004) untersuchten bei Vollblütern die Reaktion der Plasmakonzentration freier Aminosäuren bei unterschiedlicher Protein- und Aminosäuregehalten in der Ration.

Im ersten Experiment wurden die Blutproben direkt, sowie eineinhalb, drei, fünf und sieben Stunden nach der Fütterung einer Ration mit 14,9 % Rohprotein entnommen. Die Plasmakonzentrationen aller freien Aminosäuren mit Ausnahme von Arginin, Glutamin und Glycin, erhöhten sich bis eineinhalb Stunden nach der Fütterung, um dann allmählich auf das Niveau vor Beginn der Fütterung zurückzugehen.

Im zweiten Experiment wurde die Reaktion der Plasmakonzentrationen von freien Aminosäuren bei zusätzlicher Fütterung mit Lysin und Valin untersucht. Die Plasmakonzentrationen von Lysin und Valin reagierten nach drei Tagen auf die Veränderungen der Gehalte in der Ration und hielten diese Veränderung über zehn Tage nach der Fütterung aufrecht. Alle anderen Aminosäuren reagierten nicht auf die veränderte Fütterung.

Im dritten Experiment sollte untersucht werden, ob sich die Plasmakonzentration von der jeweiligen Aminosäure ändert, wenn sich der Rohproteingehalt und/oder der Aminosäuregehalt in der Ration ändern. Die Plasmakonzentrationen von Cystein, Histidin, Isoleucin, Leucin, Phenylalanin, Tyrosin und Valin reagierten auf die Veränderungen in der Ration, die anderen Aminosäuren reagierten nicht.

2.2.5 Knochenmarker bei Fohlen

Knochen unterliegen ständigen Umbauprozessen. Diese finden im und am Knochen statt und dabei kommt es zur Ausschüttung von Substanzen, die als Knochenmarker bezeichnet werden. Die Messung von biochemischen Knochenmarkern im Serum oder im Urin bietet die Möglichkeit, dynamische Veränderungen des Knochenstoffwechsels zu überprüfen und auch über einen längeren Zeitraum zu überwachen (PRICE et al., 2001).

Die Umsatzrate des Knochengewebes wird charakterisiert durch zwei gegenläufige, aber sich ergänzende metabolische Aktivitäten (LEPAGE et al., 2001). Erstens die Resorption des alten Knochens durch Osteoklasten und zweitens die Formation bzw. Apposition von neuem Knochen durch Osteoblasten.

Daraus lassen sich zwei Gruppen von Knochenmarkern ableiten. Zum einen gibt es charakteristische Marker des Knochenaufbaus, sogenannte Formationsmarker. Zum anderen gibt es Resorptionsmarker, die Marker des Knochenabbaus.

Formationsmarkern sind:

- Osteocalcin (OC)
- Alkalische Phosphatase (BAP)
- Propeptide des Typ-I-Kollagens (PICP)

Resorptionsmarkern sind:

- Carboxyterminales Telopeptid des Kollagen - Typ I (ICTP)
- Kollagen-Crosslinks (Pyridinolin und Desoxypyridinolin)
- Hydroxyprolin
- Tartratresistente Saure Phosphatase (TRAP)
- Hydroxylysinglycoside

Es gibt inzwischen zahlreiche Arbeiten über Knochenmarker und ihrer Aussagekraft bei Pferden. In dieser Arbeit soll deshalb nur auf die untersuchten Knochenmarker Osteocalcin und ICTP sowie die Kollagen-Crosslinks eingegangen werden.

Als ein Parameter des Knochenaufbaus kann das Osteocalcin angesehen werden. Osteocalcin ist ein für Knochengewebe spezifisches, nicht-kollagenes Protein, dessen Synthese in der Phase der Knochenmineralisation erfolgt (CAMARDA et al., 1987). Osteocalcin ist gewebsspezifisch, da es von Osteoblasten synthetisiert wird und kann als Marker des Knochenaufbaus im Serum oder im Plasma bestimmt werden (WINKELSETT, 2003).

WINKELSETT (2003) untersuchte 284 Warmblutfohlen im Alter von ein bis 200 Tagen. Hier konnte ein deutlicher Abfall der Osteocalcin-Werte mit zunehmendem Alter festgestellt werden

Die Konzentrationen der verschiedenen Knochenmarker im Blut werden durch viele Faktoren beeinflusst. Faktoren wie Alter, Rasse, Geschlecht, jahreszeitliche Schwankungen, Haltung und Belastung können ebenso eine Rolle spielen wie die Fütterung (WATTS, 1999).

FLETCHER et al. (2000) fanden zwischen untrainierten und trainierten Quarter Horse Jährlingen Unterschiede bei den Osteocalcinkonzentrationen im Serum. Das Training führte bei allen Tieren zu einer Erhöhung der Osteocalcinkonzentration. Bei den untrainierten Tieren gab es keinen Geschlechtsdimorphismus. Bei den trainierten Tieren hatten die weiblichen Jährlinge eine höhere Osteocalcinkonzentration.

Im Gegensatz dazu fanden CHIAPPE et al. (1999) bei Hengsten im Alter von vier Monaten höhere Osteocalcinkonzentrationen im Serum als bei Stuten desselben Alters.

Einen Zusammenhang zwischen der Konzentration der biochemischen Knochenmarker und dem Geschlecht der Pferde wurde in den Arbeiten von LEPAGE et al. (1998), PRICE et al. (2001) sowie WINKELSETT (2003) nicht gefunden.

Einen weiteren Zusammenhang gibt es zwischen Knochenmarkern und der Rasse. LEPAGE et al. (1998) ermittelten unterschiedliche Konzentrationen von ICTP und Osteocalcin bei Kalt- und Warmblutpferden. Kaltblüter weisen höhere ICTP-Werte auf. Jedoch sind die Osteocalcinwerte geringer als die der Warmblüter. Als mögliche Ursachen dafür werden Unterschiede im Hinblick auf die gesamte Knochenmasse diskutiert, denen genetisch bedingte Rasseunterschiede zugrunde liegen (LEPAGE et al., 1998).

Im Gegensatz dazu stellten DE BEER et al. (2003) eine höhere Remodelling-Aktivität bei Kaltblütern fest. Der Vergleich zwischen Voll- und Warmblutpferden ist bisher noch nicht untersucht. Rassebedingte Unterschiede in der Aktivität des Knochenstoffwechsels sind ebenfalls zu erwarten (WINKELSETT, 2003).

LEPAGE et al. (1998) stellten im Rahmen mehrerer Studien fest, dass das Verhältnis von Osteocalcin zu ICTP ein guter Indikator für Knochenumbauvorgänge zu sein scheint, da das Verhältnis unabhängig von Alter und Geschlecht ist.

BELL et al. (2001) stellten geringere Knochendichten bei gleichaltrigen Fohlen in Boxenhaltung im Vergleich zu reiner Weidehaltung, Boxenhaltung mit Auslauf bzw. trainierten Fohlen fest. Als Ursache hierfür können erhöhte resorptive Prozesse in Folge eines Bewegungsmangels sein. Die Beeinflussung des Skelettsystems durch Bewegung bzw. Training ist abhängig von der Dauer und Intensität der Bewegungsphase sowie dem Alter der Tiere (APPELT, 2005).

VERFUERT et al. (2005) untersuchten die Knochenmarker bei 629 Hannoveranerfohlen. Die Plasmakonzentrationen von Osteocalcin, Carboxyterminalem Propeptid vom Typ I Kollagen und Carboxyterminalem Telopeptid des Kollagens Typ I gehen mit dem Alter zurück. Diese Veränderungen waren bei den Fohlen deutlicher, die nach dem 31. März, also später im Jahr geboren waren. Das Geschlecht hatte auch in dieser Studie keinen Einfluss auf die Knochenmarkerkonzentration im Blutplasma.

Tab. 17: Überblick über verschiedene Konzentrationen von Knochenmarkern bei Jungtieren (modifiziert nach VON SCHEIDT, 2004 und WINKELSETT, 2003)

Autor	Untersuchung	Alter	Konzentration
WINKELSETT (2003)	284 Warmblüter Osteocalcin	1 - 50 Tage 51 - 100 Tage 101 - 150 Tage 151 - 200 Tage	172 ± 61,2 µg/ l 135 ± 41,2 µg/ l 104 ± 34,6 µg/ l 91,6 ± 28,6 µg/ l
LEPAGE et al. (1990)	50 Warmblüter Osteocalcin	< 1 Jahr 1,5 - 2,5 Jahre 2,5 - 20 Jahre	47,3 ± 10,1 ng/ ml 35,7 ± 14,2 ng/ ml 6,7 ± 3,9 ng/ ml
LEPAGE et al. (1992)	99 Warmblüter Osteocalcin	< 0,5 Jahre 0,5 - 1 Jahr 1,5 - 2 Jahre 2 - 3 Jahre 3 - 5 Jahre	52,9 ± 7,6 ng/ ml 36,9 ± 6,8 ng/ ml 33,6 ± 7,3 ng/ ml 25,5 ± 6,4 ng/ ml 15,5 ± 4,2 ng/ ml
PRICE et al. (1995 a)	Vollblüter ICTP	< 1 Jahre 1 - 2 Jahre 3 - 4 Jahre 5 - 20 Jahre	13,7 - 26,7 µg/ l 7,9 - 22,8 µg/ l 5,6 - 15,3 µg/ l 0,0 - 9,1 µg/ l
PRICE et al. (2001)	Vollblüter ICTP	7 Tage 1 Monat 6 Monate 18 Monate	7609 ± 316 ug/ l 5987 ± 332 ug/ l 2358 ± 68 ug/ l 1211 ± 60 ug/ l
VERVUERT et al. (2005)	629 Hannoveraner Osteocalcin	1 - 50 Tage 51 - 100 Tage 101 - 150 Tage 151 - 200 Tage	172 ± 61,2 µg/ l 135 ± 41,2 µg/ l 104 ± 34,6 µg/ l 91,6 ± 28,6 µg/ l
VERVUERT et al. (2005)	629 Hannoveraner ICTP	1 - 50 Tage 51 - 100 Tage 101 - 150 Tage 151 - 200 Tage	38,8 ± 6,92 µg/ l 34,0 ± 5,85 µg/ l 30,1 ± 5,00 µg/ l 29,0 ± 5,00 µg/ l

III. MATERIAL UND METHODEN

3.1 Versuchsplan

Für den vorliegenden Versuch wurden die dreißig Fohlen in drei Gruppen eingeteilt und mit drei verschiedenen Kraftfuttermischungen gefüttert, die unterschiedliche Proteingehalte aufwiesen. Die erste Gruppe, im Folgenden als HAF Gruppe bezeichnet, wurde nach den praxisüblichen Bedingungen gefüttert. In der Praxis werden die Fohlen in der Regel mit Heu und Hafer aufgezogen.

Die zweite Gruppe, AS Gruppe genannt, wurde zusätzlich zur Heu und Haferration mit den essentiellen Aminosäuren bedarfsdeckend nach NRC (2007) versorgt.

Die dritte Gruppe erhielt eine Ration, die den Vorgaben für eine bedarfsdeckende Versorgung (NRC 2007) mit Protein entsprach. Hierzu wurde als zusätzliche Proteinquelle Sojaextraktionsschrot eingesetzt.

3.2 Versuchsaufbau

Diese Studie wurde im baden-württembergischen Haupt- und Landgestüt Marbach auf der Schwäbischen Alb durchgeführt. Im Rahmen dieser Studie wurden die im Gestüt geborenen Fohlen, sowie die zugekauften Fohlen desselben Jahrganges untersucht. Zu Versuchsbeginn standen 30 Warmblutfohlen (21 Hengstfohlen und neun Stutfohlen) des Jahrganges 2008 zur Verfügung. Aufgrund eines krankheitsbedingten Ausfalls durch eine angeborene Darmmissbildung und eines Fohlens mit Umstellungsproblemen nach dem Absetzen konnten die Untersuchungen letztendlich an 19 Hengstfohlen und neun Stutfohlen durchgeführt werden.

Die Hengstfohlen wurden getrennt vom restlichen Jahrgang in einem eigenen Laufstall gehalten. Die Stutfohlen liefen gemeinsam mit den zur Aufzucht im Gestüt gehaltenen Stutfohlen in einer Gruppe von 35 Fohlen.

Die Hengst- und Stutfohlen wurden nach dem Zufallsprinzip in drei Gruppen eingeteilt. Dabei wurden die Fohlen nach dem Geburtsdatum sortiert und dann den Gruppen zugewiesen. Das älteste Fohlen gehörte der Gruppe eins an, das zweitälteste der Gruppe zwei und das drittälteste der Gruppe drei. Das nächstälteste Fohlen gehörte dann wieder zur Gruppe eins usw. Dabei musste zusätzlich darauf geachtet werden, dass nicht nur Fohlen eines Hengstes in einer Gruppe waren.

Die Verteilung der Fohlen auf die Gruppen ist in Anhang I dargestellt.

Die Gruppe eins bestand aus drei Stutfohlen und sechs Hengstfohlen und wurde per Los einem Kraftfutter zugewiesen. Gruppe eins hat einen Fohlenstarter (HAF) erhalten, der sich aus Hafer und einer Vitamin- und Mineralstoffergänzung zusammensetzte (Tab. 19). Diese Art der Rationsgestaltung entspricht am ehesten der Praxis, wo oft lediglich Hafer als Ergänzung zum Raufutter gefüttert wird.

Gruppe zwei, bestehend aus drei Stutfohlen und sieben Hengstfohlen, hat einen Fohlenstarter (AS) erhalten (Tab. 19), der ebenfalls aus Hafer und einer Vitamin- und Mineralstoffergänzung bestand und zusätzlich die Aminosäuren Lysin, Threonin und Methionin enthielt (nach den Empfehlungen des NRC 2007).

Gruppe drei, bestehend aus drei Stutfohlen und sechs Hengstfohlen, hat einen Fohlenstarter (SOJ) erhalten, der aus Hafer und einer Vitamin- und Mineralstoffergänzung bestand und eine zusätzliche Proteinquelle (Sojaextraktionsschrot) enthielt (nach den Empfehlungen des NRC 2007). Das Futter enthielt gegenüber den anderen beiden Futtermitteln die doppelte Menge an Protein (Tab. 19).

Die Fohlen waren zum Versuchsbeginn zwischen fünf und knapp neun Monaten alt und waren zum Teil schon von der Mutter abgesetzt bzw. wurden mit Versuchsbeginn von den Stuten getrennt. Um die Fohlen an das Versuchsfutter zu gewöhnen und die Akzeptanz des Futters sicher zu stellen wurde mit einer siebentägigen Gewöhnungs- bzw. Anfütterungsphase begonnen, in der das bisherige pelletierte Kraftfutter nach und nach durch das Versuchsfutter ausgetauscht wurde. Der Ablauf der Anfütterung und die Futterrationen der einzelnen Versuchsphasen sind in Tabelle 18 dargestellt.

Die in den drei Gruppen eingesetzten Kraftfutter wurden aufgrund einer vorangegangenen Nährstoffbestimmung des eingesetzten Grundfutters bzw. des Weideaufwuchses hergestellt und an die Versuchsbedingungen angepasst.

Die Fütterung setzte sich aus den im Gestüt eingesetzten Grundfuttermitteln (Heu, Gras) und aus dem jeweiligen, speziell angefertigten Aufzuchtfutter zusammen.

Die Kraftfuttermittel wurden alle in pelletierter Form vorgelegt, da so eine Selektion seitens der Fohlen ausgeschlossen werden konnte. Die Futtermittel wurden zum besseren auseinanderhalten angefärbt und in unterschiedliche Säcke verpackt und gekennzeichnet.

Die Fohlen wurden nach einer Angewöhnungsphase von sieben Tagen, in denen sie langsam an das Futter gewöhnt wurden, mit einer Ration gefüttert, die aus 3-4 kg Heu und 3 kg des jeweiligen Versuchsfutters bestand. Die Tabellen 20-22 zeigen die Nährstoffaufnahmen der drei Gruppen im Vergleich des in der Literatur beschriebenen Bedarfs bei einem Körpergewicht von 330 kg. Bei der Berechnung wurde von einer durchschnittlichen Heuaufnahme von 3,5 kg ausgegangen. Ab 1. Februar wurde die Kraftfutterration auf 3,5 kg pro Tag erhöht. Diese Ration wurde dann bis zum 11. Mai gefüttert. Ab diesem Zeitpunkt waren die Fohlen stundenweise auf der Weide und der Aufwuchs war so hoch, dass die Grasaufnahme mit 15 kg berücksichtigt werden musste. Die Fohlen bekamen in der Weideperiode nur noch einmal täglich 2 kg Kraftfutter. Die Kraftfuttergabe erfolgte morgens vor dem Austreiben auf die Weide.

Tab. 18: Futterzuteilung im Versuchsverlauf

	Gewöhnungsphase		Versuchsphase		Weideperiode
			Phase 1	Phase 2	
Tage des Versuches	1.-4. Tag	5.-7. Tag	8.-73. Tag	74.-172. Tag	173.-212. Tag
Dauer	4 Tage	3 Tage	66 Tage	99 Tage	40 Tage
herkömmlicher Fohlenstarter	2 kg	1 kg	---	---	---
Versuchsfutter	1 kg	2 kg	3 kg	3,5 kg	2 kg
Heu	3-4 kg	3-4 kg	3-4 kg	3-4 kg	3-4 kg
Weidegras	---	---	---	---	15 kg

Die Kraftfutterration wurde auf zwei Gaben täglich verteilt. Das Futter wurde mit einer handelsüblichen Küchenwaage mit einer Genauigkeit von einem Gramm eingewogen. Die Rationen wurden immer am Vortag eingewogen und die jeweilige Portion in Eimern mit Deckeln im Stall gelagert.

Die Fohlen wurden zum Fressen des Kraftfutters entlang eines Troges angebunden. So konnte gewährleistet werden, dass jedes Fohlen sein Futter erhält und kein Fohlen einem anderen Fohlen etwas wegfressen konnte.

Die Fohlen blieben so lange angebunden, bis alle Fohlen den Trog leer gefressen bzw. die Futteraufnahme eingestellt hatten. Hat ein Fohlen nicht die gesamte Ration gefressen, wurde das Futter aus dem Trog entfernt und die nicht gefressene Futtermenge zurückgewogen und protokolliert.

Tabelle 19 zeigt die Analyseergebnisse der Grundfutteruntersuchung sowie die Zusammensetzung der Kraftfutter der einzelnen Gruppen.

**Tab. 19: Futtermittelanalyse und Futtermittelzusammensetzung
(Angaben im Bezug zur Frischmasse FM)**

	Heu	herkömmlicher Fohlenstarter ¹	Futter HAF	Futter AS	Futter SOJ
TS g/ kg	881	880	880	880	880
MJ DE²	7,84	12	11,9	12	13,1
MJ ME²	6,7	10,5	10,9	10,9	11,2
RP g/ kg FM	66	170	104	116	220
RFe g/ kg FM	20	26	44	43	37
RFa g/ kg FM	292	72	105	103	87
RA g/ kg FM	69	80	57	57	68
Ca g/ kg FM	3,77	12	8	8	8
P g/ kg FM	3	7	5	5	6
Mg g/ kg FM	1,4	2	2	2	2
Zn mg/ kg FM	16	10	185	185	195
Cu mg/ kg FM	4,1	25	25	25	30
Se mg/ kg FM	0,03	0,4	0,6	0,6	0,7
zugesetztes Vit A IE/ kg FM	---	20.000 ¹⁾	15.000 ¹⁾	15.000 ¹⁾	15.000 ¹⁾
zugesetztes Vit D IE/ kg FM	---	2.500	1.500	1.500	1.500
zugesetztes Vit E mg/ kg FM	---	200 ¹⁾	270 ¹⁾	270 ¹⁾	270 ¹⁾
Lys g/ kg FM	3,3	8,5	4	10	12
Thre g/ kg FM	3	k.A.	3,5	9	8
Met+Cys g/ kg FM	1,9	k.A.	4,1	8	3

1 anhand Deklaration

2 berechnet nach ZEYNER und KIENZLE 2008

Die Heuration wurde zu Beginn des Versuches gewogen und in größeren Abständen kontrolliert. Die Raufutterfütterung geschah in der Mitte des Laufstalles, wo die Heumenge auf die ganze Stalllänge verteilt wurde. So hatten alle Fohlen gleichzeitig die Möglichkeit Heu zu fressen. Die Heuration wurde ebenfalls auf zwei Mahlzeiten verteilt, wobei die Ration am Abend größer war als die Ration am Morgen. Eine tierspezifische Zuteilung des Raufutters gestaltet sich bei der Haltung in Laufställen schwierig. Ein Anbinden der Fohlen erschien aufgrund der erheblichen Fressdauer und der deutlichen Einschränkung der Bewegungsmöglichkeiten der Fohlen nicht sinnvoll und ist unter dem Aspekt einer tier- und artgerechten Aufzucht nicht wünschenswert. Die Aufnahme des Raufutters eines jeden einzelnen Fohlens kann also nur geschätzt werden. Die Raufutteraufnahme der gesamten Gruppe ist bekannt. Die Menge wurde so bemessen, dass jedem Fohlen 3,5 kg Heu zur Verfügung standen.

**Tab. 20: Nährstoffversorgung der Fohlen in Versuchsphase 1
(tatsächliche Kraftfutteraufnahme 3 kg + geschätzte Heuaufnahme 3,5 kg)**

	Bedarf (330 kg LM)	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C
TS in kg/ Tag	---	5,7	5,7	5,7
MJ DE/ Tag	60-65 ³	63	63	67
MJ ME/ Tag	---	56	56	57
Rp in g/ Tag	811-1015 ⁴	543	579	891
Lys g/ Tag	35-44 ²	24	42	48
Thre g/ Tag	39 ²	21	38	35
Meth+Cys g/ Tag	28 ²	19	31	16
Ca in g/ Tag	32 ¹	37	37	37
P in g/ Tag	21 ¹	26	26	29
Mg in g/ Tag	7 ¹	11	11	11
Cu in g/ Tag	42 ¹	89	89	104
Zn in mg/ Tag	216-260 ⁴	611	611	641
Se in g/ Tag	0,53 ¹	1,90	1,90	2,20
Vit A IE/ Tag	49500 ¹	45000	45000	45000
Vit D IE/ Tag	4950 ¹	4500	4500	4500
Vit E IE/ Tag	330 ¹	810	810	810

1) nach DLG 1994

2) nach MEYER 2002

3) nach MACK 2007

4) NRC 2007

Tab. 21: Nährstoffversorgung der Fohlen in Versuchsphase 2
 (tatsächliche Kraftfutteraufnahme 3,5 kg + geschätzte Heuaufnahme 3,5 kg)

	Bedarf (330 kg LM)	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C
TS in kg/ Tag	---	6,2	6,2	6,2
MJ DE/ Tag	60-65 ³	69	69	73
MJ ME/ Tag	---	62	62	63
Rp in g/ Tag	811-1015 ⁴	595	637	1001
Lys g/ Tag	35-44 ²	26	47	54
Thre g/ Tag	39 ²	23	42	39
Meth+Cys g/ Tag	28 ²	21	35	17
Ca in g/ Tag	32 ¹	41	41	41
P in g/ Tag	21 ¹	28	28	32
Mg in g/ Tag	7 ¹	12	12	12
Cu in g/ Tag	42 ¹	102	102	119
Zn in mg/ Tag	216-260 ⁴	704	704	739
Se in g/ Tag	0,53 ¹	2,2	2,2	2,5
Vit A IE/ Tag	49500 ¹	52500	52500	52500
Vit D IE/ Tag	4950 ¹	5250	5250	5250
Vit E IE/ Tag	330 ¹	945	945	945

1) nach DLG 1994

2) nach MEYER 2002

3) nach MACK 2007

4) NRC 2007

**Tab. 22: Nährstoffversorgung der Fohlen in der Weideperiode
(tatsächliche Kraftfutteraufnahme 2 kg + geschätzte Heuaufnahme 3,5 kg +
geschätzte Grasaufnahme 15 kg)**

	Bedarf (330 kg LM)	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C
TS in kg/ Tag	---	8,4	8,4	8,4
MJ DE/ Tag	60-65 ³	86	86	88
MJ ME/ Tag	---	75	75	76
Rp in g/ Tag	811-1015 ⁴	739	763	971
Lys g/ Tag	35-44 ²	33 [*]	45 [*]	49 [*]
Thre g/ Tag	39 ²	28 [*]	39 [*]	37 [*]
Meth+Cys g/ Tag	28 ²	27 [*]	35 [*]	25 [*]
Ca in g/ Tag	32 ¹	62	62	62
P in g/ Tag	21 ¹	34	34	36
Mg in g/ Tag	7 ¹	15	15	15
Cu in g/ Tag	42,25 ¹	90	90	100
Zn in mg/ Tag	216-260 ⁴	509	509	529
Se in g/ Tag	0,53 ¹	1,46	1,46	1,66
Vit A IE/ Tag	49500 ¹	ausreichend	ausreichend	ausreichend
Vit D IE/ Tag	4950 ¹	ausreichend	ausreichend	ausreichend
Vit E IE/ Tag	330 ¹	ausreichend	ausreichend	ausreichend

1) nach DLG 1994

2) nach MEYER 2002

3) nach MACK 2007

4) NRC 2007

* ohne Gehalte aus Weidegras

Die Fohlen wurden in mit Stroh eingestreuten Laufställen gehalten und tagsüber je nach Witterung auf die Weide oder in einen Auslauf gelassen, wo sie sich den ganzen Tag frei bewegen konnten. Zu Versuchsbeginn und am Ende des Versuches wurden Kotuntersuchungen bei den Fohlen durchgeführt, um den Grad des Wurmbefalles festzustellen. Die Parasitenbekämpfung erfolgte im Rahmen eines routinemäßigen Entwurmungsprogrammes. Die Fohlen wurden im Dezember und im Februar im Abstand von acht Wochen mit dem Entwurmungsmittel HIPPOPAREX entwurmt. Es erfolgte eine weitere Entwurmung im Mai, d.h. nach weiteren zwölf Wochen mit dem Entwurmungsmittel EQUEST.

Im Versuchsverlauf wurden von jedem Tier in einem ca. vier- bis sechswöchigen Rhythmus Datensätze analog der Dissertationen von MACK (2007) und HOIS (2004) erstellt. Neben dem Gewicht wurden die Körpermaße, d.h. Stockmaß, Bandmaß Halsumfang, Brustumfang, Körperlänge, Körperumfang (SCHRAMME, 2003), Fessel- Ellenbogen-Maß, Umfang des Muskelbauches am Oberarm, Röhrbeinumfang sowie der Body-Condition-Score erfasst. An einem Termin (26. März) in der Versuchsmittle wurde zusätzlich die Hinterhandmuskulatur gemessen. Desweiteren wurde wie bei MACK (2007) das Hornwachstum der Hufe festgehalten. Tabelle 23 zeigt die Termine der Datenerfassung der Hengstfohlen. Die Stutfohlen wurden aus betriebsbedingten Gründen einige Tage vorher oder nachher erfasst. Zusätzlich wurden im Januar 2011 die endgültigen Werte der dreijährigen Tiere erfasst.

Tab. 23: Termine der Datenerfassung

Datensätze Hengste	Versuchsverlauf
24.11.2008 (Gewöhnungsphase)	4. Tag nach Versuchsbeginn
12.12.2008 (Versuchsphase 1)	16. Tag der Versuchsphase 1
30.12.2008 (Versuchsphase 1)	34. Tag der Versuchsphase 1
24.01.2009 (Versuchsphase 1)	59. Tag der Versuchsphase 1
09.03.2009 (Versuchsphase 2)	37. Tag der Versuchsphase 2
24.04.2009 (Versuchsphase 2)	83. Tag der Versuchsphase 2
17.06.2009 (Weideperiode)	38. Tag der Weideperiode

Zum Zeitpunkt am Ende des Fellwechsels im Frühjahr (5. Mai) wurde eine definierte Stelle an der Hinterhand geschoren und die Haarmenge gemessen. Dazu wurde eine Schablone mit einem Quadrat mit den Maßen 6 cm mal 6 cm angefertigt und diese Fläche mit einer Schermaschine geschoren und die gesamte Haarmenge aufgefangen und in kleine Tüten verpackt. Zum Auswiegen der Haarmenge wurde das Gewicht der Tüten einschließlich der Etiketten ermittelt und vom Gesamtgewicht abgezogen.

Die Serumchemie wurde an fünf Terminen (Tab. 24, Seite 55) analysiert um den Blutharnstoffgehalt und den Gehalt an Albumin, Kreatinkinase, Aspartat-Aminotransferase, Gamma-Glutamyl-Transferase, Glutamat-Dehydrogenase, Glukose, Gesamtprotein und an freien Fettsäuren zu ermitteln.

Zusätzlich wurde über die Firma LOHMANN in einem Labor (Ajinomoto Eurolysine SAS, Amiens, Frankreich) der Aminosäuregehalt des Blutserums zu drei verschiedenen Zeitpunkten ermittelt.

An jedem Blutentnahmetermin wurde eine Serumprobe pro Fohlen an die Universität Zürich weitergegeben, um eine dort laufende Untersuchung zu Knochenmarkern bei Fohlen (A. LIESEGANG, Universität Zürich) zu unterstützen. Die Ergebnisse der Knochenmarkeranalyse wurden in die vorliegende Arbeit integriert.

3.3 Methoden

3.3.1 Gewichtsmessungen

Für die Bestimmung des Körpergewichtes der Fohlen stand über die Firma Marstall eine mobile Pferdewaage zur Verfügung. Die Waage vom Typ iconix FX1 hat einen Wiegebereich von 20-2000 kg und wiegt ab einem Gewicht von 200 kg in 1 kg Schritten mit einer Toleranz von 0,5 Prozent. Diese Waage besteht aus zwei Wiegeeinheiten mit je zwei Wiegepunkten, die durch Kabel mit dem Steuergerät und dessen digitaler Anzeige verbunden sind. Durch zwei Metallschienen können diese Wiegeeinheiten zu einem Rechteck verbunden werden. Auf diese Metallschienen werden drei Metallplatten gelegt, die die Wiegeplattform bilden.

Um das Wiegen der Fohlen zu erleichtern und die Verletzungsgefahr zu verringern, wurde die Wiegeplattform mit einem grünen Fließteppich und etwas Stroh bedeckt. Die Waage wurde so von den Fohlen gut akzeptiert. Zu beachten war, dass die Messeinheiten auf einem ebenen Untergrund aufgebaut wurden und die Metallschienen genügend Bodenfreiheit hatten, um bei höheren Gewichten nicht auf dem Boden aufzuliegen. Die Waage wurde im Stallbereich der Fohlen aufgebaut, was ein stressfreies Arbeiten mit den Fohlen in einer für sie gewohnten Umgebung ermöglichte. Da diese Waage mit einer handelsüblichen 12 V Autobatterie betrieben werden kann, ist sie nahezu an jedem Ort flexibel aufbaubar. Zu Beginn jeder Wiegung wurden drei Probewiegungen mit den gleichen Personen durchgeführt um die Funktionsfähigkeit der Waage zu überprüfen.



Abb. 3: Gewichtsmessungen mit einer Bodenwaage

3.3.2 Körpermessungen

Mit einem handelsüblichen Maßband, Länge 8 m in mm Schritten, wurden das Bandmaß, die Körperlänge, der Körperumfang, der Halsumfang, der Brustumfang, der Röhrenumfang, das Fessel-Ellenbogenmaß und der Muskelbauch am Oberarm gemessen. Die Widerristhöhe wurde mit einem sog. Stockmaß bestimmt (Abb. 4).

3.3.2.1 Stockmaß

Das Stockmaß wird vom Boden kurz hinter dem Vorderbein senkrecht im 90° Winkel nach oben bis zum höchsten Punkt des Widerristes, dem processus spinosus des 5. Brustwirbels, gemessen. Hierzu muss das Pferd auf einem ebenen Untergrund stehen und beide Vorderbeine sollten parallel nebeneinander gleich belastet werden. Auch die Hinterbeine sollten nebeneinander stehen. Für die Messung des Stockmaßes wurde ein handelsübliches Stockmaß mit einer Skalierung von 90 bis 180 cm in 0,5 cm-Schritten verwendet.

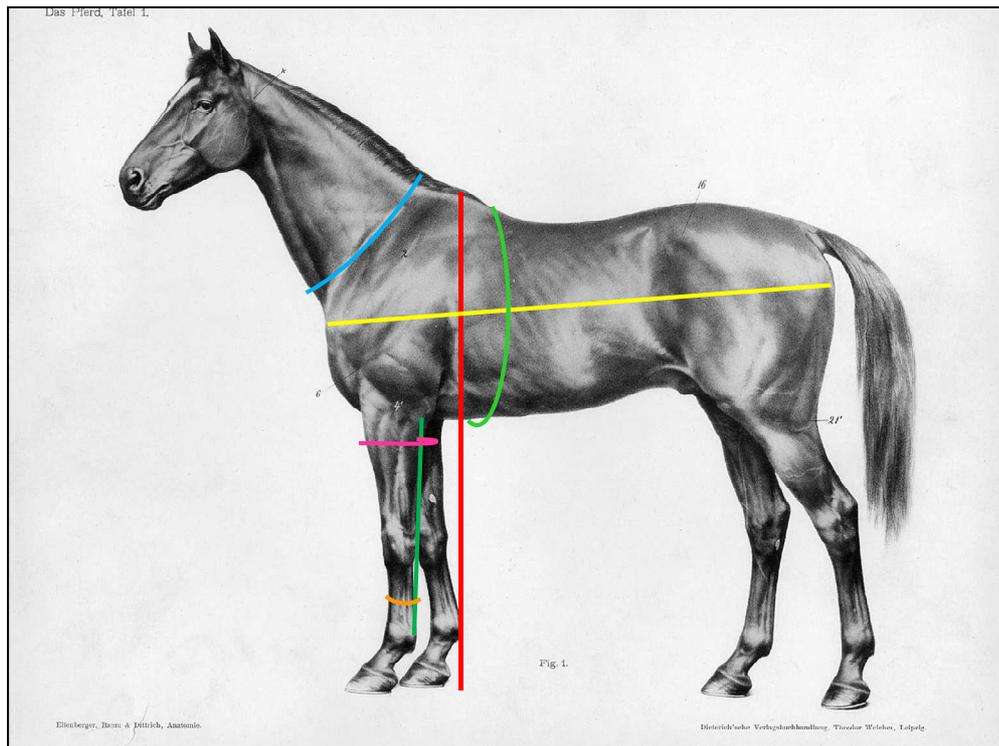


Abb. 4: Körpermessungen (Bild verändert: ELLENBERGER, BAUM und DITTRICH, 1901)

(Stockmaß, Bandmaß, Brustumfang, Halsumfang, Fessel-Ellenbogen-Maß, Körperlänge, Körperumfang, Röhrbeinumfang, Muskelbauch am Oberarm)

3.3.2.2 Bandmaß

Das Bandmaß wurde an der gleichen Stelle wie das Stockmaß gemessen. Der Unterschied besteht darin, dass für die Messung ein Maßband verwendet und die Messung entlang der Körperkonturen durchgeführt wurde.

3.3.2.3 Körperumfang

Der Körperumfang wurde nach SCHRAMME (2003) mit einem Maßband in der Höhe vom Pars cranialis des Tuberculum majus ossi humeri und Tuber ischiadicum und außen über die Schweifrübe gemessen. Das Fohlen sollte hierbei gleichmäßig auf allen vier Gliedmaßen stehen.

3.3.2.4 Körperlänge

Die Körperlänge wurde ähnlich wie der Körperumfang gemessen. Anfangspunkt war die Pars cranialis des Tuberculum majus ossi humeri und der Endpunkt die Mitte der Schweifrübe.

3.3.2.5 Halsumfang

Der Halsumfang der Fohlen wurde am Halsansatz parallel zum Schulterblatt gemessen. Das Fohlen sollte dabei den Kopf auf normaler Höhe halten und die Vorderbeine sollten parallel auf ebenem Boden stehen.

3.3.2.6 Brustumfang

Der Brustumfang wurde mit einem Maßband entlang der Gurtlage, eine Handbreite hinter dem Ellenbogen, dorsal hinter dem Widerrist um den Brustkorb gemessen. Zum Ablesen wurde das Maßband leicht angespannt.

3.3.2.7 Fessel-Ellenbogen-Maß

Das Fessel-Ellenbogen-Maß wurde am linken Vorderbein gemessen. Das Fohlen sollte mit beiden Vordergliedmaßen parallel auf dem Boden stehen. Ausgehend vom Sporn am Fesselkopf wird das Fessel-Ellenbogen-Maß bis zum proximalsten Punkt des Olecranon entlang der caudalen Kontur des Beines gemessen.

3.3.2.8 Muskelbauch am Oberarm

Der Muskelbauch des Oberarmmuskels wurde ebenfalls am linken Vorderbein gemessen. Hierzu wurde das Maßband an der dicksten Stelle der Oberarmmuskulatur angelegt.

3.3.2.9 Röhrbeinumfang

Der Röhrbeinumfang wurde am linken Vorderbein gemessen. Die beiden Vordergliedmaßen sollten parallel und gleichmäßig belastet sein. Das Maßband wurde an der Stelle des kleinsten Durchmessers am Ende des oberen Drittels des Röhrbeinknochens angelegt.

3.3.3 Hinterhandmessung

Die Messungen an der Hinterhand der Fohlen wurden mit einem Bullemmessstock durchgeführt. Dieser U-förmige Messstock wurde an drei Messpunkten angesetzt. Messpunkt eins befand sich in Höhe der Hüfthöcker, Messpunkt zwei in Höhe der Flanke und Messpunkt drei unterhalb des Kniegelenkes. So konnte die Bemuskulung der Hinterhand gemessen werden (Abb. 5).

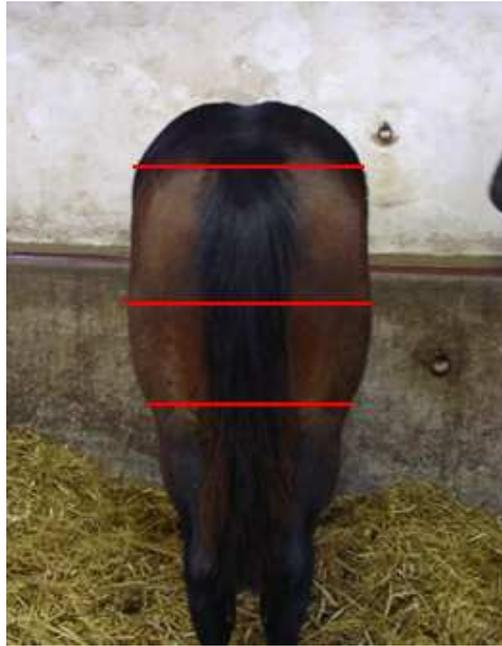


Abb. 5: Messpunkte der Hinterhandmessungen

3.3.4 Hufhornwachstum

Mit einer handelsüblichen Hufeile wurde eine Rille an der dorsalen Hufwand, parallel zum Kronensaum eingefeilt. Mit einem Messschieber wurde der Abstand zwischen Kronensaum und Rille gemessen (Abb. 6).



Abb. 6: Messung des Hufwachstumes

3.3.5 Haarkleid

Zu einem Zeitpunkt am Ende des Fellwechsels im Frühjahr (5. Mai) wurde eine definierte Stelle an der Hinterhand auf der Kruppe geschoren und die Haarmenge gewogen (Abb. 7). Dazu wurde eine Schablone mit einem Quadrat mit den Maßen 6 cm mal 6 cm angefertigt und diese Fläche mit einer Schermaschine auf 0 mm geschoren und die gesamte Haarmenge aufgefangen und in kleine Tüten verpackt. Zum Auswiegen der Haarmenge wurde das Gewicht der Tüten einschließlich der Etiketten ermittelt und vom Gesamtgewicht abgezogen.



Abb. 7: geschorenes Quadrat zur Haarmengenmessung

3.3.6 Body-Condition Scoring (BCS)

Parallel zu den Wiegen und Messungen wurde das Body-Condition Scoring nach HOIS et al. (2004) durchgeführt, um den Ernährungszustand der Fohlen bewerten zu können. Es wurden die Sicht- bzw. Tastbarkeit von Knochenstrukturen und die sicht- und fühlbaren Fettauflagen beurteilt. Dazu wird am Hals die seitliche Wölbung (konkav oder konvex) und der Übergang zum Widerrist beurteilt. Desweiteren wurde festgestellt, ob ein Axthieb vorhanden ist und wenn die Halsbeurteilung es nötig machte, wurde die Höhe des Fettkammes am Hals mit Hilfe eines Messschiebers gemessen. An der Schulter wurden die Sichtbarkeit des Schulterblattes und der Rippen sowie die Möglichkeit zur Bildung einer mehr oder weniger großen Hautfalte geprüft. Die Sicht- bzw. Fühlbarkeit der knöchernen Strukturen der Wirbelsäule und der Rippen, die Verschiebbarkeit der Haut der Kruppe, sowie die Fettpolster über den Rippen und der Kruppe sind entscheidend für die Beurteilung von Rücken und Hüfte. Die Fettabdeckung der Rippen steht bei der Beurteilung der Brustwand im Vordergrund. Der Schweifansatz ist ein weiteres wichtiges Kriterium.

Es wurden nach diesem System sechs Körperregionen (Hals, Schulter Rücken, Brustwand, Hüfte und Schweifansatz) in einer Skala von 1 = kachektisch bis 9 = adipös eingeteilt. Danach wurde ein Mittelwert gebildet (HOIS et al., 2004).

3.3.7 Blutanalyse

Die Blutproben wurden an fünf Terminen (Tab. 24) aus der Vena jugularis mit Hilfe von 1,2 x 40 mm Kanülen entnommen. Die erste Blutentnahme erfolgte vor Versuchsbeginn, um die Ausgangswerte zu erhalten. Die darauffolgenden Blutproben wurden in einem vier- bis sechswöchigen Abstand entnommen und eine Probe kurz vor Ende des Versuches.

Tab. 24: Zeitpunkte der Entnahme der Blutproben

Termin	Harnstoff	Klinische Chemie	Aminosäuren
19.11.2008 (vor Versuchsbeginn)	X	X	X
09.12.2008 (20 Tage des Versuchs)	X	X	X
13.01.2009 (55 Tage des Versuchs)	X	X	X
03.03.2009 (104 Tage des Versuchs)	X	X	---
08.06.2009 (Weideperiode)	X	x	---

Es wurden an jedem Termin jeweils prä- und postprandiale Proben gezogen. Die präprandialen Proben wurden morgens um 8 Uhr vor der Fütterung, die postprandialen Proben wurden frühestens drei Stunden nach der morgendlichen Fütterung entnommen.

Für die präprandialen Proben wurde eine 7,5 ml Blutprobe in ein mit Lithiumheparin beschichtetes Röhrchen (SARSTEDT Monovette[®]) für die Plasmauntersuchungen entnommen. Zusätzlich wurden vier mal 9 ml Blut entnommen, die zur Serumanalyse genutzt wurden. Für die postprandialen Proben wurde wiederum eine Blutprobe für Plasmauntersuchungen gewonnen und drei Blutproben für Serumuntersuchungen. Die zusätzliche präprandiale Blutprobe wurde für die Knochenmarkeruntersuchung entnommen.

Die Blutentnahme erfolgte in Plastikröhrchen (SARSTEDT Monovette[®]) ohne Gerinnungshemmer. Anschließend geronnen die Proben in gekühlter Umgebung etwa 30 Minuten lang. Nach Ablauf des Gerinnungsvorganges wurden die Proben zunächst 15 Minuten bei 3000 U/ min zentrifugiert (Centrifuge 5810 R, eppendorf). Der Überstand (Serum bzw. Plasma) wurde abpipetiert und in weitere Plastikröhrchen gefüllt. Die gewonnene Plasmaprobe wurde für die Harnstoffuntersuchungen benötigt. Die Serumproben dienten der Aminosäurenanalyse sowie für die Untersuchungen der klinischen Chemie. Die Proben wurden in Cups umgefüllt.

Die Serumproben für die Aminosäurenanalyse wurden zusätzlich im Verhältnis eins zu eins mit 10 %-iger 5-Sulfosalicylsäure versetzt und nach dem Ausflocken eine Stunde kühl ruhen gelassen. Danach wurden die Proben zehn Minuten bei 3000 U/ min zentrifugiert. Der klare Überstand wurde in Cups abpipetiert, d.h. die Proben wurden für die weiter Analyse enteiweißt.

Alle Cups wurden vor Ort in Trockeneis eingefroren und bis zur weiteren Analyse bei -20°C gelagert.

3.3.7.1 Harnstoffanalyse

Die Bestimmung des Harnstoffwertes im Plasma wurde nach BERTHELOT durchgeführt. Das Reaktionsprinzip beruht darauf, dass Harnstoff in Anwesenheit von Wasser und Urease unter Freisetzung von Ammoniak und Kohlenstoffdioxid hydrolysiert. Ammoniumionen reagieren mit Hypochlorid zu Salicylat unter Bildung eines grünen Farbstoffes. Der Extinktionsanstieg bei 578 nm ist proportional zur Harnstoffkonzentration im Plasma.

3.3.7.2 Aminosäurenanalyse

Die Analyse der Amminosäuren wurde über die Firma LOHMANN in einem Labor (Ajinomoto Eurolysine SAS, Amiens, Frankreich) durchgeführt. Die Proben wurden bis zur Analyse eingefroren.

Die Proben wurden mit Hilfe der HPLC-Analytik (High Performance Liquid Chromatographie) untersucht. Durch die HPLC-Analyse konnten die Gehalte der folgenden Aminosäuren festgestellt werden:

- Alanin
- Citrullin
- Hydroxyprolin
- Phosphoserin
- Aminoadipic acid
- Cystathionin
- Isoleucin
- Phosphoethanolamin
- 4-Aminobuttersäure
- Cystein
- Lysin
- Prolin
- Anserin
- Ethanolamin
- Leucin
- Sarcosin
- Arginin
- Glutamin
- Methionin
- Serin
- Asparaginsäure
- Glutaminsäure
- 1-Methylhistidin
- Taurin
- β -Alanine
- Glycin
- 3-Methylhistidin
- Threonin
- β -Aminobuttersäure
- Histidin
- Ornithin
- Tyrosin
- Carnosin
- Hydroxylysin
- Phenylalanin
- Valin

3.3.7.3 Klinische Chemie

Die Analysen zur klinischen Chemie wurden an der Medizinischen Tierklinik der Veterinärmedizinischen Fakultät an der Universität Leipzig durchgeführt.

In den Serumproben wurden die Konzentrationen von Glukose, Gesamtprotein, Albumin (ALB), freien Fettsäuren, sowie die Aktivität (bei 37°C) der Glutamat-Dehydrogenase (GLDH), der Gamma-Glutamyl-Transferase (GGT), der alkalische Phosphatase (AP), der Aspartat-Aminotransferase (AST) und der Kreatinkinase (CK) bestimmt.

Die Analysen wurden, bis auf Albumin und die freien Fettsäuren, mit Hilfe eines automatisierten Analysators (Hitach 704, Boehringer-Mannheim, Mannheim, Germany) durchgeführt.

Albumin wurden elektrophoretisch mit Hilfe der Cellulose-Acetatfolien-Elektrophorese (Sebia, Fulda, Germany) analysiert und die freien Fettsäuren mit einem kommerziellen Testkit (Randox Laboratories, Krefeld, Germany) festgestellt.

3.3.7.4 Knochenmarkeranalyse

Die Untersuchungen der Knochenmarker wurden von A. LIESEGANG, Universität Zürich durchgeführt.

Messung von Osteocalcin (OC)

Die Serum-Konzentrationen von OC wurden unter Verwendung eines handelsüblichen Radioimmunoassay (Nichols Diagnostik, San Juan, Capistrano, CA, USA) gemessen.

Messung der Crosslaps (CL)

Die Crosslaps-Konzentration wurde nach LIESEGANG (1998) analysiert. Der Test zur Analyse der Crosslaps, die Abbauprodukte vom C-terminalen Telopeptid von Typ-I-Kollagen sind, wurde mit Hilfe einer mit Streptavidin beschichteten Mikrotiterplatte, zwei Antikörperlösungen und einem ELISA-Lesegerät durchgeführt.

3.3.8 Kotuntersuchung

Zu Versuchsbeginn (19.11.2008) und kurz vor Ende des Versuches (09.06.2008) wurden Kotproben gesammelt. Diese wurden in beschriftete Plastiktüten gekühlt zur Analyse in das Institut für Parasitologie der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München geschickt.

Der Nachweis von Wurmeiern, Oozysten und Larven von unterschiedlichen Parasiten wurde mit drei unterschiedlichen Verfahren erbracht.

Die Kotproben wurden mit Hilfe der Flotation auf Strongylidae und Trichostrongylidae (kleine Strongyliden) sowie auf Parascaris (Spulwürmer) untersucht.

Mit der Methode der Auswanderung wurden die Proben auf Dictyocaulus (Lungenwurm) und Protostrongylidae und mit der Sedimentationsmethode auf Dicrocoelium Fasciole (kleiner Leberegel) und Eimeria leuckarti untersucht.

Bei der Flotation oder dem kombinierten Sedimentations-Flotationsverfahren flotieren Eier bzw. Oozysten auf der Oberfläche einer Lösung mit hoher Dichte. Bei der Sedimentation sinken schwere Eier ins Sediment ab (PROUDMAN und EDWARDS, 1992).

Bei der Methode der Auswanderung schlüpfen und entwickeln sich Larven und diese Larven wandern aus dem Kot aus.

3.4 Mathematische Aufbereitung und statistische Auswertung

3.4.1 Deskriptive Statistik

Die im Verlaufe des Versuches erhobenen Daten wurden mit Hilfe von „Excel 2007“ (Microsoft Office) geordnet. Zur Zusammenfassung der Einzelwerte wurden die Mittelwerte und deren Standardabweichung als Maß der Streuung berechnet.

3.4.2 Statistische Auswertung

Der Vergleich der Mittelwerte hinsichtlich der statistischen Signifikanz der Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen wurde mit dem Programm „SigmaStat 3.5“ (Systat Software GmbH) durchgeführt.

Für die statistische Auswertung wurde zuerst ein Test auf Normalverteilung der Daten durchgeführt. Hierfür wurde der Kolmogorov-Smirnov Test verwendet. Ein Großteil der Daten war normalverteilt. Die normalverteilten Daten wurden mit Varianzanalyse bzw. mit dem paarigen t-Test auf Signifikanz getestet.

Die Varianzhomogenität wurde ebenfalls überprüft. Hierfür wurde der Levene-Tests verwendet.

Der t-Test wurde beim Vergleich von zwei Mittelwerten bei abhängigen, paarigen Stichproben, z.B. bei den prä- und postprandiale Blutproben, angewendet.

Bei mehr als zwei Mittelwerten wurde die Varianzanalyse in Verbindung mit dem Holm-Sidak-Test auf Signifikanz getestet. Bei der Varianzanalyse wird getestet, wie sich eine oder mehrere abhängige Variablen auswirken. Für die unabhängigen Variablen wird dabei nur eine Nominalskalierung (z.B. männlich/ weiblich) verlangt. Bei abhängigen Variablen muss ein metrisches Skalenniveau (z.B. Maße in cm) vorliegen.

Einige Daten waren nicht normalverteilt. Vor allem beim BCS lag keine Normalverteilung vor. Diese Daten wurden mit dem Kruskal-Wallis-Test auf signifikante Unterschiede getestet.

Ein Unterschied gilt als signifikant, wenn $p \leq 0,05$ ist. Signifikante Unterschiede wurden mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

Für die Darstellung der Beziehung zwischen Variablen, wie beispielsweise von tatsächlichen und geschätzten Werten, wurde die Korrelation ermittelt. Je näher der Korrelationskoeffizient r an eins heranreicht, desto mehr hängen die Daten voneinander ab.

In manchen Fällen wird anstelle des Korrelationskoeffizienten r das Bestimmtheitsmaß R^2 angegeben. Auch hierfür gilt, je näher das Bestimmtheitsmaß R^2 an eins liegt, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit des linearen Zusammenhangs. Ist $R^2 = 0$ liegt kein Zusammenhang vor.

IV. ERGEBNISSE

Die Fohlen zeigten während des gesamten Versuchszeitraums einen hervorragenden Gesundheitsstatus. Dieses Ergebnis spricht für sehr gute Haltungs- und Aufzuchtbedingungen. Die Gesundheit der Fohlen ist eine wichtige Voraussetzung für die Versuchsdurchführung, denn nur gesunde Fohlen fressen ausreichend und können das Futter entsprechend umsetzen.

4.1 Entwicklung des Körpergewichtes

In den folgenden Abbildungen und Tabellen werden die Ergebnisse der Entwicklung des Körpergewichtes, sowie die täglichen Zunahmen der Hengst- und Stutfohlen dargestellt.

In der Tabelle 25 sind die Mittelwerte der Gewichte der Hengst- und Stutfohlen in den unterschiedlichen Altersabschnitten dargestellt. In den Altersabschnitten von 245 bis 335 und ab 365 Tagen sind die Fohlen der Gruppen AS und SOJ signifikant schwerer als die Fohlen der HAF Gruppe. Im Altersabschnitt von 336 bis 365 Tagen sind signifikante Unterschiede nur zwischen der Gruppe HAF und SOJ zu beobachten. Ab einem Alter von neun Monaten bestehen keine Differenzen im Gewicht bei den Fohlen, die mit Sojaextraktionsschrot bzw. mit Aminosäuren als Zusatz gefüttert wurden. Die Fohlen, die weder Aminosäuren noch Sojaextraktionsschrot bekommen haben, sind ab einem Alter von etwa neun Monaten signifikant leichter (Tab. 25).

Tab. 25: Entwicklung des Körpergewichtes in kg, Mittelwerte aller Fohlen

Alter in Lebenstagen	Gruppe HAF	n*	Gruppe AS	n*	Gruppe SOJ	n*
< 190	254,5 ± 10,6 ^a	2	252,3 ± 24,1 ^a	4	260,0 ± 12,3 ^a	3
190-214	258,8 ± 18,2 ^a	4	269,4 ± 16,4 ^a	8	264,5 ± 16,4 ^a	6
215-244	265,9 ± 20,8 ^a	8	294,9 ± 22,3 ^a	8	288,0 ± 25,6 ^a	8
245-275	284,3 ± 14,8 ^a	10	315,9 ± 25,9 ^b	11	310,0 ± 25,5 ^b	10
276-305	294,6 ± 16,0 ^a	8	333,9 ± 18,2 ^b	8	328,2 ± 30,5 ^b	9
306-335	302,0 ± 17,3 ^a	8	339,4 ± 34,6 ^b	8	335,6 ± 20,2 ^b	7
336-365**	320,0 ± 14,8 ^a	6	351,8 ± 25,5 ^{ab}	6	366,5 ± 19,2 ^b	6
> 365**	359,5 ± 28,9 ^a	14	405,3 ± 30,3 ^b	13	401,1 ± 31,9 ^b	11

* Anzahl Wiegungen in der jeweiligen Altersgruppe ** enthält Daten nach Beginn der Weidesaison

MW einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Betrachtet man die Hengst- und Stutfohlen getrennt, so fällt auf, dass bei den Stutfohlen die Unterschiede zwischen den Gruppen in den einzelnen Altersabschnitten nicht signifikant sind (Tab. 26).

Tab. 26: Entwicklung des Körpergewichtes in kg, Mittelwerte der Stutfohlen

Alter in Lebenstagen	MW Gruppe HAF	n*	MW Gruppe AS	n*	MW Gruppe SOJ	n*
< 190-214	260,0 ± 14,7 ^a	3	255,3 ± 22,2 ^a	3	263,3 ± 24,8 ^a	3
215-244	275,5 ± 13,1 ^a	2	271,3 ± 17,2 ^a	2	266,7 ± 24,3 ^a	2
245-275	290,7 ± 0,0 ^a	1	302,3 ± 37,5 ^a	3	298,7 ± 34,7 ^a	3
276-305	291,0 ± 13,2 ^a	4	330,5 ± 17,7 ^a	2	323,3 ± 40,4 ^a	3
306-335	302,0 ± 2,1 ^a	2	311,5 ± 48,8 ^a	2	333,7 ± 27,2 ^a	3
336-365 ^{**}	321,0 ± 9,2 ^a	3	335,3 ± 28,0 ^a	3	362,3 ± 30,5 ^a	1
> 365 ^{**}	351,7 ± 16,2 ^a	3	384,3 ± 15,3 ^a	3	381,7 ± 46,4 ^a	3
Gewicht mit 3 Jahren	498,0 ± 17,4 ^a	3	497,3 ± 31,9 ^a	3	520,0 ± 38,0 ^a	3

* Anzahl Wiegungen in der jeweiligen Altersgruppe ** enthält Daten nach Beginn der Weidesaison
MW einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Bei den Hengstfohlen bestehen in dem ersten Altersabschnitt (< 190 bis 214 Tage) keine signifikanten Unterschiede. In den Altersabschnitten von 215 Tagen bis zu einem Alter von über einem Jahr bestehen signifikante Unterschiede im Gewicht der Gruppe HAF gegenüber den Gruppen AS und SOJ. Die Fohlen, denen mit Sojaextraktionsschrot bzw. mit Aminosäuren angereichertes Futter gefüttert wurde, waren signifikant schwerer als die Fohlen mit dem Futter auf Haferbasis. Zwischen den Gruppen AS und SOJ gibt es keine signifikanten Unterschiede (Tab. 27).

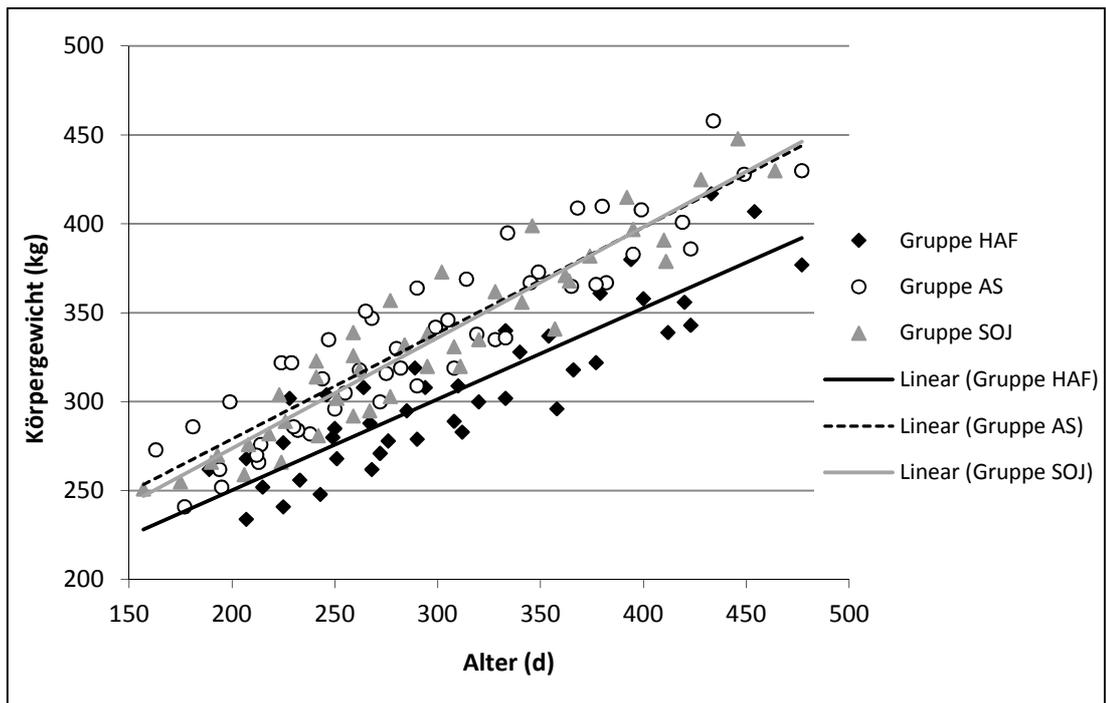
Das im Alter von drei Jahren erreichte Endgewicht der Hengste beträgt zwischen 525 kg und 574 kg. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind in diesem Alter nicht mehr signifikant. Die Stuten sind im Alter von drei Jahren mit Endgewichten zwischen 498 kg und 520 kg signifikant leichter als die Hengstfohlen ($p < 0,005$). Zwischen den einzelnen Gruppen gibt es keine signifikanten Unterschiede.

Tab. 27: Entwicklung des Körpergewichtes in kg, Mittelwerte Hengstfohlen

Alter in Lebenstagen	MW Gruppe HAF	n*	MW Gruppe AS	n*	MW Gruppe SOJ	n*
< 190-214	254,67 ± 18,15 ^a	3	269,56 ± 17,48 ^a	9	262,83 ± 9,50 ^a	6
215-244	262,67 ± 22,78 ^a	6	301,50 ± 19,49 ^b	6	294,14 ± 20,26 ^b	7
245-275	283,25 ± 18,53 ^a	8	321,00 ± 21,14 ^b	8	312,00 ± 18,71 ^b	6
276-305	295,80 ± 17,93 ^a	5	335,00 ± 19,84 ^b	6	337,17 ± 25,17 ^b	6
306-335	303,83 ± 20,03 ^a	6	348,67 ± 27,93 ^b	6	337,00 ± 17,83 ^b	4
336-365**	320,33 ± 21,55 ^a	3	368,33 ± 4,16 ^b	3	367,00 ± 21,44 ^b	5
> 365**	361,64 ± 31,74 ^a	11	413,27 ± 30,80 ^b	11	408,38 ± 24,92 ^b	8
Gewicht mit 3 Jahren	525,00 ± 44,71 ^a	5	563,83 ± 50,44 ^a	6	574,00 ± 26,50 ^a	6

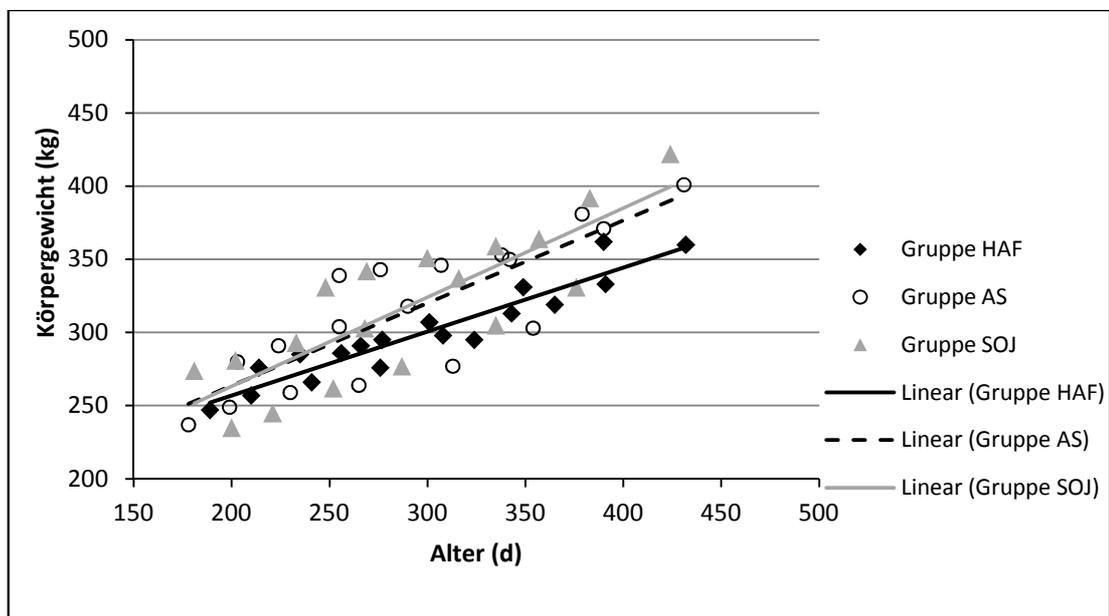
* Anzahl Wiegungen in der jeweiligen Altersgruppe ** enthält Daten nach Beginn der Weidesaison
 MW einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

In Abbildung 8 ist die Gewichtsentwicklung der Hengstfohlen im Alter von 150 bis 500 Tagen noch einmal graphisch dargestellt. Abbildung 9 zeigt die Gewichtsentwicklung der Stutfohlen im Alter von 150 bis 500 Tagen. Aus beiden Abbildungen wird deutlich, dass die Gewichtsentwicklung bei den Fohlen der Gruppen AS und SOJ steiler verläuft als bei den Fohlen der Gruppe HAF.



HAF: $y = 0,5126x + 147,52$ $R^2 = 0,7891$ AS: $y = 0,5958x + 159,73$ $R^2 = 0,8471$ SOJ: $y = 0,6227x + 149,22$ $R^2 = 0,8875$

Abb. 8: Entwicklung des Körpergewichtes der Hengstfohlen in kg



HAF: $y = 0,4371x + 169,52$ $R^2 = 0,896$ AS: $y = 0,5643x + 150,84$ $R^2 = 0,7029$ SOJ: $y = 0,6084x + 141,56$ $R^2 = 0,7028$

Abb. 9: Entwicklung des Körpergewichtes der Stutfohlen in kg

Tabelle 28 zeigt einen Überblick über die täglichen Zunahmen. Die durchschnittlichen täglichen Zunahmen über die gesamte Versuchszeit unterscheiden sich signifikant zwischen den einzelnen Gruppen. Betrachtet man die einzelnen Zeitabschnitte separat, fällt auf, dass es im ersten Zeitraum keine Unterschiede in den täglichen Zunahmen gibt. Im weiteren Versuchsverlauf sind die täglichen Zunahmen in der Gruppe SOJ signifikant höher als in Gruppe HAF, d.h. die Fohlen der Soja-Gruppe haben einen signifikant höheren täglichen Zuwachs im Gewicht. Gruppe AS unterscheidet sich nicht signifikant von den Gruppen HAF und SOJ. Ab dem Zeitpunkt des Weideganges sind die Unterschiede bei den täglichen Zunahmen nicht mehr signifikant.

Tab. 28: Überblick über die täglichen Zunahmen in g/ Tag zu verschiedenen Zeitpunkten

	Gruppe HAF	Gruppe AS	Gruppe SOJ
tägliche Zunahme in g 1.-2. Messtermin (18 Tage)	364,20 ± 122,21 ^a	500,79 ± 172,61 ^a	506,17 ± 189,68 ^a
tägliche Zunahme in 2.-3. Messtermin (18 Tage)	366,99 ± 185,05 ^a	606,09 ± 258,94 ^{ab}	691,76 ± 243,68 ^b
tägliche Zunahme in g 3.-4. Messtermin (25 Tage)	441,27 ± 97,09 ^a	557,71 ± 263,95 ^a	442,54 ± 156,76 ^a
tägliche Zunahme in g 4.-5. Messtermin (44 Tage)	486,74 ± 69,30 ^a	618,75 ± 180,38 ^{ab}	689,60 ± 95,46 ^b
tägliche Zunahme in g 5.-6. Messtermin (54 Tage)	497,58 ± 144,46 ^a	498,36 ± 167,52 ^a	493,05 ± 151,97 ^a
tägliche Zunahme in g 6.-7. Messtermin (56 Tage) **	839,51 ± 156,99 ^a	765,61 ± 101,67 ^a	722,22 ± 63,07 ^a
Ø tägliche Zunahme	501,39 ± 197,63 ^a	639,18 ± 173,57 ^b	617,66 ± 194,56 ^b

** enthält Daten nach Beginn der Weidesaison

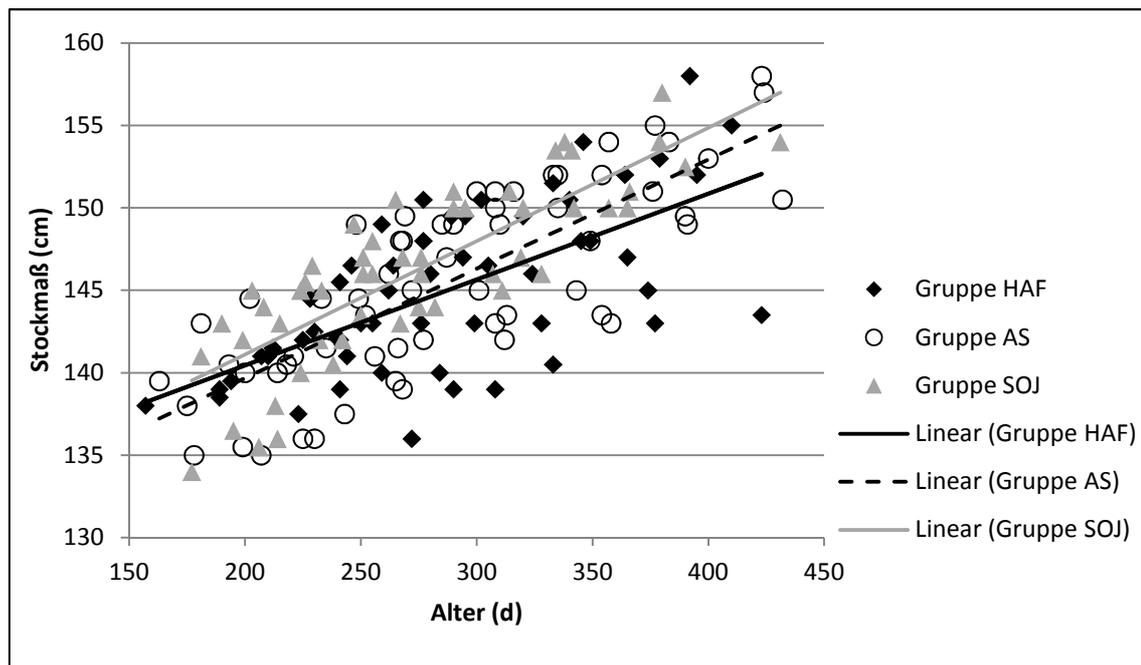
MW einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

4.2 Körperwachstum

Im folgenden Abschnitt soll die Entwicklung der einzelnen Körpermaße näher betrachtet werden.

4.2.1 Stockmaß

Die Abbildung 10 zeigt das Wachstum angegeben als Stockmaß in Zentimetern. Das Wachstum folgt in dem beobachteten Zeitabschnitt einem nahezu linearen Verlauf. Dieser Wachstumsverlauf entspricht annähernd den erwarteten Wachstumsverläufen nach HOIS (2004) und MACK (2007). Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind insgesamt nicht signifikant (Tab. 29). Zwischen dem Größenwachstum der Hengst- und Stutfohlen besteht jedoch ein signifikanter Unterschied. Es gibt einen Geschlechtsdimorphismus. Die Hengstfohlen sind signifikant größer als die Stutfohlen derselben Altersgruppe. Die entsprechenden Werte sind in den Tabellen 30 und 31 dargestellt.



$$\text{HAF: } y = 0,0521x + 130,02 \quad R^2 = 0,4193 \quad \text{AS: } y = 0,0663x + 126,43 \quad R^2 = 0,6221 \quad \text{SOJ: } y = 0,0688x + 127,34 \quad R^2 = 0,6746$$

Abb. 10: Entwicklung des Stockmaßes in cm

Tabelle 29 zeigt die Mittelwerte des Stockmaßes in den Gruppen in den unterschiedlichen Altersabschnitten. Bis zum Alter von 335 Tagen gibt es zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede. Im Alter zwischen 335 und 365 Tagen sind die Fohlen der Gruppe SOJ signifikant größer als die Fohlen der Gruppe HAF. Zwischen den Gruppen HAF und AS sowie zwischen den Gruppen AS und SOJ sind die Größenunterschiede in diesem Altersabschnitt nicht signifikant. Im Alter von über einem Jahr sind Unterschiede im Stockmaß der Fohlen der Gruppen AS und SOJ gegenüber der Fohlen der Gruppe HAF signifikant. Im erreichten Endmaß der Fohlen besteht zwischen den Gruppen kein signifikanter Unterschied mehr.

Tab. 29: Entwicklung der Mittelwerte des Stockmaßes in cm

Alter in Lebenstagen	MW Gruppe HAF	n *	MW Gruppe AS	n *	MW Gruppe SOJ	n *
< 190	138,8 ± 0,4 ^a	2	137,4 ± 3,4 ^a	4	139,7 ± 2,9 ^a	3
190-214	139,3 ± 2,8 ^a	4	139,3 ± 3,4 ^a	8	141,3 ± 3,4 ^a	6
215-244	141,0 ± 3,2 ^a	7	142,3 ± 3,3 ^a	8	141,4 ± 2,9 ^a	8
245-275	143,2 ± 3,8 ^a	10	145,5 ± 3,1 ^a	11	147,5 ± 3,1 ^a	10
276-305	145,2 ± 3,6 ^a	8	146,9 ± 2,8 ^a	8	148,3 ± 3,4 ^a	9
306-335	145,1 ± 4,7 ^a	8	148,8 ± 3,6 ^a	8	148,6 ± 3,3 ^a	7
336-365 ^{**}	147,6 ± 3,4 ^a	6	148,9 ± 3,4 ^{ab}	6	152,7 ± 1,7 ^b	5
> 365 ^{**}	149,1 ± 3,9 ^a	8	154,6 ± 2,2 ^b	7	153,3 ± 4,8 ^b	6
Stockmaß mit 3 Jahren	162,3 ± 4,9 ^a	8	163,1 ± 4,8 ^a	9	164,0 ± 3,9 ^a	9

* Anzahl Messungen in der jeweiligen Altersgruppe ** enthält Daten nach Beginn der Weidesaison
MW einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Tabelle 30 zeigt die Mittelwerte des Stockmaßes der Hengstfohlen. Es gab nur im Alter von über 365 Tagen einen signifikanten Unterschied. Die Fohlen der Gruppe AS waren größer als die Fohlen der anderen beiden Gruppen. Beim Endmaß im Alter von drei Jahren bestand dieser Unterschied nicht mehr. Die Hengstfohlen erreichten dreijährig ein Stockmaß von 162,7 cm bis 163,9 cm.

Tab. 30: Entwicklung des Stockmaßes in cm, Mittelwerte Hengstfohlen

Alter in Lebenstagen	MW Gruppe HAF	n*	MW Gruppe AS	n*	MW Gruppe SOJ	n*
< 190	138,8 ± 0,0 ^a	1	138,2 ± 3,7 ^a	3	138,0 ± 0,0 ^a	2
190-214	138,0 ± 3,1 ^a	2	138,9 ± 2,5 ^a	6	140,8 ± 3,8 ^a	4
215-244	141,3 ± 3,7 ^a	6	142,9 ± 2,4 ^a	6	141,4 ± 2,8 ^a	7
245-275	143,7 ± 4,2 ^a	8	145,9 ± 2,7 ^a	8	145,2 ± 3,2 ^a	6
276-305	146,3 ± 4,2 ^a	5	146,6 ± 3,0 ^a	6	148,1 ± 4,1 ^a	6
306-335	145,3 ± 5,4 ^a	6	150,1 ± 2,9 ^a	6	146,9 ± 3,4 ^a	4
336-365 ^{**}	148,5 ± 4,8 ^a	3	148,7 ± 1,2 ^a	3	152,4 ± 1,8 ^a	4
> 365 ^{**}	148,7 ± 5,0 ^a	5	155,5 ± 2,7 ^b	4	152,7 ± 6,8 ^{ab}	3
Stockmaß mit 3 Jahren	162,7 ± 6,3 ^a	5	163,9 ± 5,3 ^a	6	162,8 ± 4,0 ^a	6

* Anzahl Messungen in der jeweiligen Altersgruppe ** enthält Daten nach Beginn der Weidesaison
MW einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Tabelle 31 zeigt die Mittelwerte des Stockmaßes der Stutfohlen. Es gab zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede. Stutfohlen erreichten eine Endgröße von 161,5 cm bis 166,5 cm. Zwischen dem Stockmaß der Fohlen im Alter von drei Jahren besteht kein signifikanter geschlechtsspezifischer Unterschied.

Tab. 31: Entwicklung des Stockmaßes in cm, Mittelwerte Stutfohlen

Alter in Lebenstagen	MW Gruppe HAF	n*	MW Gruppe AS	n*	MW Gruppe SOJ	n*
< 190	139,0 ± 0,0 ^a	1	135,0 ± 0,0 ^a	1	143,0 ± 0,0 ^a	1
190-214	140,5 ± 0,7 ^a	2	140,3 ± 6,7 ^a	2	142,3 ± 3,2 ^a	2
215-244	141,8 ± 0,4 ^a	2	140,5 ± 6,4 ^a	2	141,0 ± 0,0 ^a	1
245-275	141,3 ± 0,4 ^a	2	144,0 ± 4,4 ^a	3	146,6 ± 3,1 ^a	4
276-305	143,3 ± 1,5 ^a	3	148,0 ± 2,8 ^a	2	148,7 ± 2,0 ^a	3
306-335	144,5 ± 2,1 ^a	2	144,8 ± 1,8 ^a	2	151,0 ± 1,0 ^a	3
336-365 ^{**}	146,7 ± 1,5 ^a	3	149,2 ± 5,3 ^a	3	154,0 ± 0,0 ^a	1
> 365 ^{**}	149,7 ± 0,8 ^a	3	153,5 ± 0,9 ^a	3	154,0 ± 3,0 ^a	3
Stockmaß mit 3 Jahren	161,7 ± 1,6 ^a	3	161,5 ± 5,2 ^a	3	166,5 ± 2,8 ^a	3

* Anzahl Messungen in der jeweiligen Altersgruppe ** enthält Daten nach Beginn der Weidesaison
MW einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Tabelle 32 zeigt das mittlere tägliche Wachstum. Die Pferde der Gruppe HAF sind während des Versuches insgesamt durchschnittlich 8,6 cm gewachsen. Das tägliche Wachstum beträgt im Schnitt 0,06 cm. Die Pferde der Gruppe AS und SOJ sind im Schnitt 10,3 bzw. 10,6 cm gewachsen. Das tägliche Wachstum beträgt im Durchschnitt bei beiden Gruppen 0,07 cm. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen sind nicht signifikant.

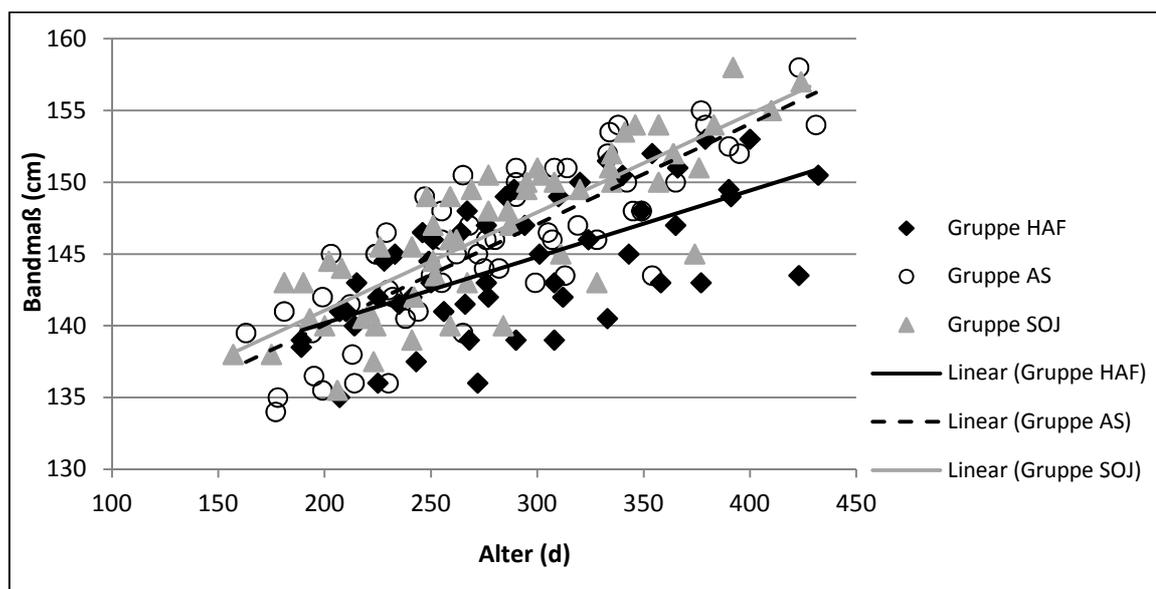
Tab. 32: Mittelwerte des Wachstums des Stockmaßes über den gesamten Versuchszeitraum und tägliches Wachstum in cm

Wachstum gesamt in cm			tägliches Wachstum in cm		
Gruppe HAF	Gruppe AS	Gruppe SOJ	Gruppe HAF	Gruppe AS	Gruppe SOJ
8,6 ± 0,8 ^a	10,3 ± 2,4 ^a	10,6 ± 2,3 ^a	0,05 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,02 ^a	0,07 ± 0,01 ^a

MW einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

4.2.2 Bandmaß

Die folgenden Tabellen und Abbildungen zeigen die Entwicklung des Bandmaßes und die Beziehung zwischen dem Stockmaß und dem Bandmaß. Die Werte des Bandmaßes folgen ähnlich wie die des Stockmaßes, annähernd einem linearen Wachstumsverlauf.



HAF: $y = 0,0462x + 130,93$ $R^2 = 0,3928$ AS: $y = 0,0684x + 127,39$ $R^2 = 0,6729$ SOJ: $y = 0,0701x + 126,07$ $R^2 = 0,6723$

Abb. 11: Entwicklung des Bandmaßes in cm

Tabelle 33 zeigt die Mittelwerte der ermittelten Bandmaße. Bei der Gruppe HAF bewegen sich die Mittelwerte zwischen 143,5 cm im Alter unter sechs Monate bis 153,6 cm im Alter von über einem Jahr. Bei der Gruppe AS hat das Bandmaß im Mittel Werte zwischen 143,5 cm im Alter von unter sechs Monaten und 161,9 cm im Alter von über einem Jahr. Bei der Gruppe SOJ bewegen sich die Mittelwerte zwischen 148,3 cm und 160,3 cm.

Ab einem Alter von einem Jahr haben die Fohlen der Gruppe AS ein signifikant größeres Bandmaß als die Fohlen der anderen beiden Gruppen.

Tab. 33: Mittelwerte des Bandmaßes in den Altersabschnitten in cm

Alter in Lebenstagen	MW Gruppe HAF	n*	MW Gruppe AS	n*	MW Gruppe SOJ	n*
< 190	143,5 ± 0,7 ^a	2	146,0 ± 3,5 ^a	4	148,3 ± 4,1 ^a	3
190-214	146,0 ± 2,2 ^a	4	147,3 ± 3,9 ^a	8	149,0 ± 4,0 ^a	6
215-244	148,6 ± 2,1 ^a	7	149,1 ± 3,6 ^a	8	148,6 ± 3,8 ^a	8
245-275	149,8 ± 3,8 ^a	10	153,2 ± 2,9 ^a	11	153,2 ± 3,4 ^a	10
276-305	151,8 ± 3,5 ^a	8	154,8 ± 2,3 ^a	8	155,1 ± 3,5 ^a	9
306-335	152,8 ± 5,5 ^a	8	156,1 ± 4,7 ^a	8	156,6 ± 3,3 ^a	7
336-365 ^{**}	154,5 ± 3,8 ^a	6	156,0 ± 4,3 ^a	6	159,2 ± 2,7 ^a	5
> 365 ^{**}	153,6 ± 3,3 ^a	8	161,9 ± 3,6 ^b	7	160,3 ± 4,1 ^{ab}	6

* Anzahl Messungen in der jeweiligen Altersgruppe ** enthält Daten nach Beginn der Weidesaison
MW einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

In Tabelle 34 sind die Differenzen zwischen dem Stockmaß und Bandmaß dargestellt. In der Gruppe HAF bewegen sich die Differenzen im Mittel zwischen 4,8 cm und 7,6 cm. In der Gruppe AS sind zwischen dem Stockmaß und dem Bandmaß im Mittel zwischen 6,8 cm und 8,0 cm Unterschied. Bei der Gruppe SOJ ist das Bandmaß im Durchschnitt 6,5 cm und 8,7 cm größer als das Stockmaß. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind nicht signifikant.

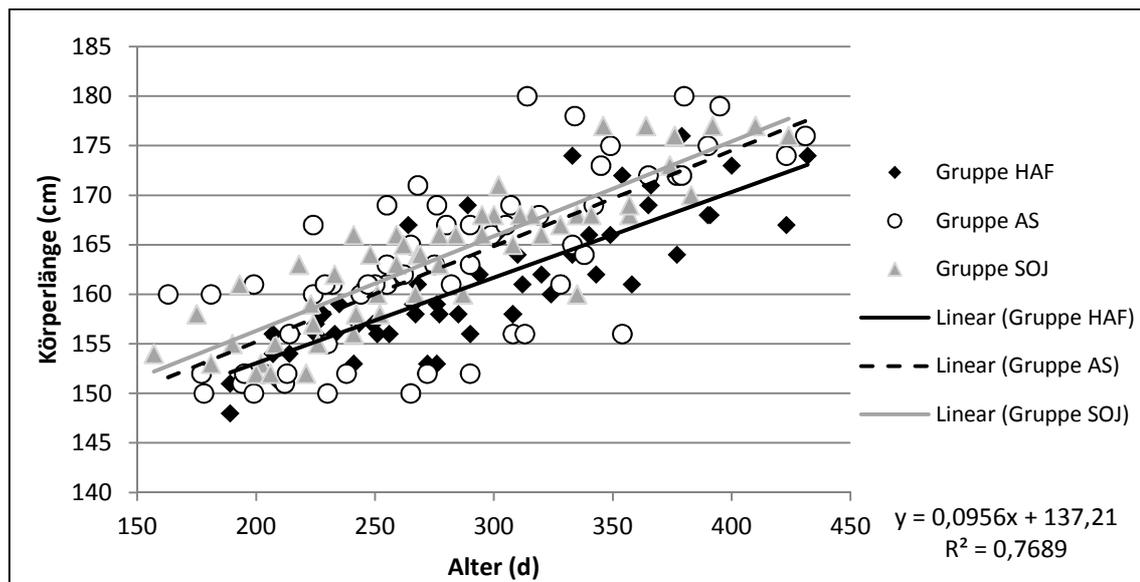
Tab. 34: Mittelwerte der Differenz zwischen Bandmaß und Stockmaß

Alter in Lebenstagen	MW Gruppe HAF	n [*]	MW Gruppe AS	n [*]	MW Gruppe SOJ	n [*]
< 190	4,8 ± 0,4 ^a	2	7,6 ± 0,8 ^a	4	8,7 ± 1,5 ^a	3
190-214	6,8 ± 1,5 ^a	4	8,0 ± 2,1 ^a	8	7,7 ± 1,2 ^a	6
215-244	7,2 ± 1,6 ^a	7	6,8 ± 1,2 ^a	8	7,3 ± 2,5 ^a	8
245-275	6,6 ± 2,0 ^a	10	7,7 ± 1,5 ^a	11	7,5 ± 2,1 ^a	10
276-305	6,6 ± 1,0 ^a	8	7,8 ± 1,5 ^a	8	6,8 ± 1,5 ^a	9
306-335	7,6 ± 1,3 ^a	8	7,4 ± 1,8 ^a	8	7,9 ± 0,7 ^a	7
336-365 ^{**}	6,9 ± 0,9 ^a	6	7,1 ± 1,4 ^a	6	6,5 ± 1,9 ^a	5
> 365 ^{**}	7,6 ± 1,2 ^a	8	7,2 ± 1,6 ^a	7	7,0 ± 1,7 ^a	6

* Anzahl Messungen in der jeweiligen Altersgruppe ** enthält Daten nach Beginn der Weidesaison
MW einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

4.2.3 Körperlänge

Das Wachstum der Körperlänge ist in Abbildung 12 dargestellt. Der Wachstumsverlauf ist annähernd linear, d.h. die Fohlen wachsen relativ gleichmäßig in die Länge. Der Wachstumsverlauf ist bei den Fohlen der Gruppe AS und SOJ etwas steiler als bei den Fohlen der Gruppe HAF.



HAF: $y = 0,0863x + 135,8$ $R^2 = 0,6795$ AS: $y = 0,0965x + 135,88$ $R^2 = 0,5402$ SOJ: $y = 0,0956x + 137,21$ $R^2 = 0,7689$

Abb. 12: Entwicklung der Körperlänge in cm

In Tabelle 35 sind die einzelnen Mittelwerte der Körperlänge dargestellt. Über den gesamten Zeitraum betrachtet unterscheiden sich die Mittelwerte der Gruppen AS und SOJ signifikant von den Werten der Gruppe HAF. In den einzelnen Altersabschnitten gibt es keine signifikanten Unterschiede. Nur im Altersabschnitt von 276-305 Tagen sind die Fohlen der Gruppe SOJ signifikant länger als die Fohlen der Gruppe HAF.

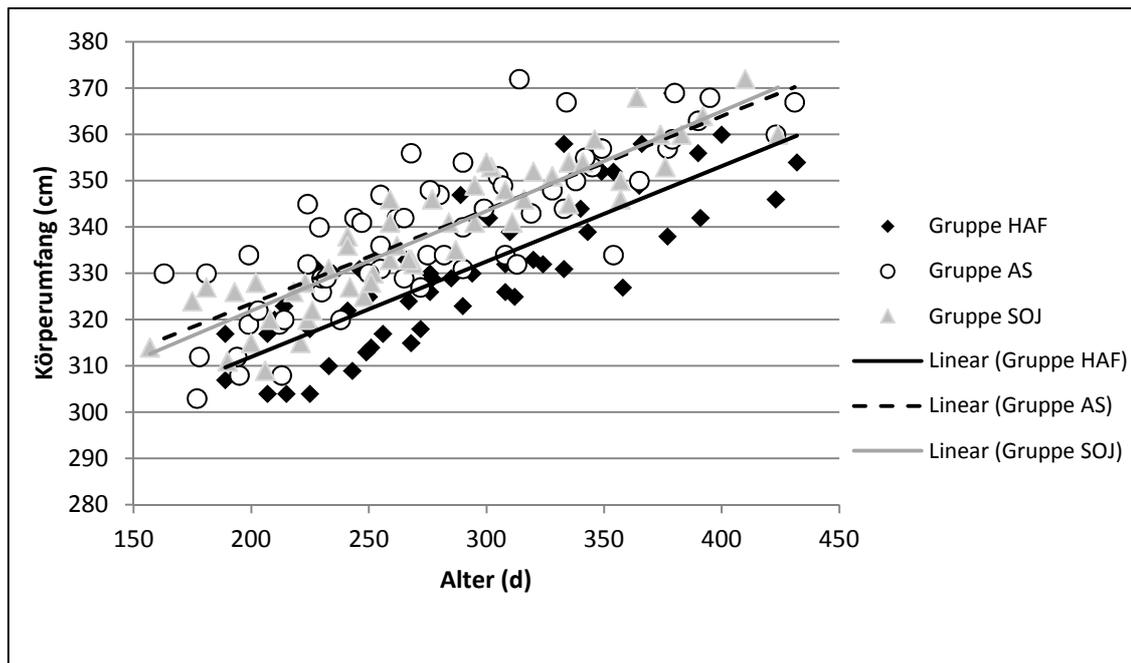
Tab. 35: Mittelwerte der Körperlänge in cm

Alter in Lebenstagen	MW Gruppe HAF	n *	MW Gruppe AS	n *	MW Gruppe SOJ	n *
< 190-214	152,3 ± 2,9 ^a	6	153,9 ± 4,2 ^a	12	154,8 ± 3,0 ^a	9
215-244	156,5 ± 1,8 ^a	7	158,3 ± 5,6 ^a	8	158,3 ± 4,5 ^a	8
245-275	158,8 ± 3,8 ^a	10	161,6 ± 6,2 ^a	11	162,8 ± 2,7 ^a	10
276-305	160,1 ± 5,3 ^a	8	164,0 ± 5,5 ^{ab}	8	165,8 ± 3,2 ^b	9
306-335	162,6 ± 5,2 ^a	8	166,6 ± 9,1 ^a	8	166,0 ± 2,9 ^a	7
336-365**	166,0 ± 4,2 ^a	6	168,1 ± 7,1 ^a	6	171,8 ± 4,8 ^a	5
> 365**	170,1 ± 4,1 ^a	8	175,4 ± 3,2 ^a	7	174,8 ± 2,8 ^a	6

* Anzahl Messungen in der jeweiligen Altersgruppe ** enthält Daten nach Beginn der Weidesaison
MW einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

4.2.4 Körpermitmaß

Das Wachstum des Körpermitmaßes ist in Abbildung 13 dargestellt. Der Wachstumsverlauf ist nicht so linear wie die Körperlänge. Der Wachstumsverlauf ist eher polynomisch. Der Körpermitmaß hängt nicht nur von der Körperlänge sondern auch vom Grad der Bemuskulung und der Fettschichten ab.



HAF: $y = 0,2062x + 270,7$ $R^2 = 0,6644$ AS: $y = 0,2025x + 282,92$ $R^2 = 0,6582$ SOJ: $y = 0,2157x + 278,74$ $R^2 = 0,8316$

Abb. 13: Entwicklung des Körperumfanges in cm

Die Mittelwerte des Körperumfanges der Fohlen der Gruppe HAF betragen zwischen 314,7 cm und 352,9 cm. Die Fohlen der Gruppe AS haben einen durchschnittlichen Umfang zwischen 318,1 cm und 363,3 cm, die Fohlen der Gruppe SOJ zwischen 319,3 cm und 361,5 cm.

Bei dem Körperumfang gibt es signifikante Unterschiede im Alter von 245 bis 335 Tagen. Der Körperumfang der Fohlen der Gruppen AS und SOJ ist signifikant größer als der Körperumfang der Fohlen aus der Gruppe HAF. Die Mittelwerte sind in Tabelle 36 dargestellt.

Tab. 36: Mittelwerte des Körperfanges in cm

Alter in Lebenstagen	MW Gruppe HAF	n*	MW Gruppe AS	n*	MW Gruppe SOJ	n*
< 190-214	314,7 ± 7,5 ^a	6	318,1 ± 9,8 ^a	12	319,3 ± 7,3 ^a	9
215-244	316,0 ± 10,9 ^a	7	332,9 ± 8,7 ^b	8	326,5 ± 7,8 ^b	8
245-275	323,2 ± 9,6 ^a	10	337,7 ± 8,8 ^b	11	333,5 ± 6,2 ^b	10
276-305	332,0 ± 8,8 ^a	8	343,6 ± 8,1 ^b	8	344,2 ± 7,4 ^b	9
306-335	334,5 ± 10,4 ^a	8	348,6 ± 14,3 ^b	8	348,1 ± 4,5 ^b	7
336-365**	343,8 ± 9,7 ^a	6	349,8 ± 8,2 ^a	6	355,4 ± 8,5 ^a	5
> 365**	352,9 ± 10,3 ^a	8	363,3 ± 4,8 ^a	7	361,5 ± 4,3 ^a	6

* Anzahl Messungen in der jeweiligen Altersgruppe ** enthält Daten nach Beginn der Weidesaison
 MW einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

4.2.5 Halsumfang

Tabelle 37 zeigt die Mittelwerte des Halsumfanges. Das Wachstum des Halsumfanges unterscheidet sich insgesamt zwischen den Gruppen HAF und AS sowie zwischen den Gruppen HAF und SOJ signifikant. So ist der Halsumfang der Fohlen aus den Gruppen AS und SOJ signifikant größer als der Halsumfang der Fohlen der Gruppe HAF. Betrachtet man die einzelnen Altersabschnitte gibt es nur signifikante Unterschiede im Alter von 245-305 Tagen. In diesem Alter ist einmal der Halsumfang der Gruppe AS und einmal der der Gruppe SOJ signifikant größer als der der Fohlen aus Gruppe HAF. Zwischen den Gruppen AS und SOJ gibt es keine signifikanten Unterschiede.

Ein signifikanter Unterschied besteht zwischen den Hengst- und Stutfohlen. Hengste haben einen signifikant größeren Halsumfang als Stuten.

Tab. 37: Mittelwerte des Halsumfanges in cm

Alter in Lebenstagen	MW Gruppe HAF	n*	MW Gruppe AS	n*	MW Gruppe SOJ	n
< 190	90,5 ± 3,5 ^a	2	93,2 ± 5,7 ^a	4	94,3 ± 2,3 ^a	3
190-214	91,8 ± 3,6 ^a	4	93,1 ± 3,2 ^a	8	91,2 ± 4,5 ^a	6
215-244	93,1 ± 2,9 ^a	7	97,1 ± 2,8 ^a	8	95,5 ± 3,7 ^a	8
245-275	95,5 ± 2,9 ^a	10	99,3 ± 3,6 ^b	11	97,7 ± 4,1 ^{ab}	10
276-305	97,0 ± 2,7 ^a	18	100,6 ± 3,6 ^{ab}	8	102,2 ± 5,4 ^b	9
306-335	100,5 ± 3,9 ^a	8	99,1 ± 4,3 ^a	8	102,7 ± 3,0 ^a	7
336-365**	104,8 ± 4,4 ^a	6	100,8 ± 4,4 ^{ab}	6	105,4 ± 2,1 ^b	5
> 365**	105,1 ± 3,9 ^a	8	105,6 ± 1,9 ^a	7	105,8 ± 4,0 ^a	6

* Anzahl Messungen in der jeweiligen Altersgruppe ** enthält Daten nach Beginn der Weidesaison
MW einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

4.2.6 Brustumfang

Tabelle 38 zeigt die Mittelwerte des Brustumfangs. Das Wachstum des Brustumfangs unterscheidet sich zwischen den Gruppen HAF und SOJ sowie zwischen den Gruppen HAF und AS signifikant. So ist der Brustumfang der Fohlen aus den Gruppen AS und SOJ signifikant größer als der Brustumfang der Fohlen der Gruppe HAF. Ab einem Alter von 215 Tagen unterscheidet sich der Brustumfang der Gruppe AS signifikant von der Gruppe HAF. Der Brustumfang der Fohlen der Gruppe AS ist größer als der der Fohlen der Gruppe HAF.

Tab. 38: Mittelwerte des Brustumfanges

Alter in Lebenstagen	MW Gruppe HAF	n*	MW Gruppe AS	n*	MW Gruppe SOJ	n*
< 190	143,5 ± 2,1 ^a	2	143,5 ± 3,5 ^a	4	144,3 ± 5,8 ^a	3
190-214	145,8 ± 3,4 ^a	4	147,3 ± 2,4 ^a	8	145,8 ± 4,2 ^a	6
215-244	146,4 ± 2,5 ^a	7	151,5 ± 3,2 ^b	8	149,9 ± 5,7 ^{ab}	8
245-275	149,4 ± 1,4 ^a	10	154,2 ± 3,1 ^b	11	154,0 ± 5,9 ^b	10
276-305	150,6 ± 1,7 ^a	8	158,3 ± 4,3 ^b	8	155,6 ± 4,7 ^b	9
306-335	152,6 ± 2,7 ^a	8	157,3 ± 5,0 ^b	8	156,1 ± 3,6 ^{ab}	7
336-365**	154,5 ± 1,5 ^a	6	159,5 ± 3,8 ^b	6	159,8 ± 4,6 ^{ab}	5
> 365**	158,6 ± 2,4 ^a	8	165,4 ± 2,0 ^b	7	165,3 ± 5,5 ^b	6

* Anzahl Messungen in der jeweiligen Altersgruppe ** enthält Daten nach Beginn der Weidesaison
MW einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

4.2.7 Röhrebeinumfang

In der Tabelle 39 sind die Mittelwerte des Röhrebeinumfangs dargestellt. Beim Röhrebeinumfang gibt es in keiner Altersgruppe signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen. Die Mittelwerte des Röhrebeinumfangs betragen zwischen 16,5 cm und 19,3 cm.

Tab. 39: Mittelwerte des Röhrebeinumfangs in cm

Alter in Lebenstagen	MW Gruppe HAF	n*	MW Gruppe AS	n*	MW Gruppe SOJ	n*
< 190	16,5 ± 0,71 ^a	2	17,3 ± 0,96 ^a	4	17,0 ± 0,00 ^a	3
190-214	16,8 ± 0,50 ^a	4	17,3 ± 0,46 ^a	8	17,3 ± 0,52 ^a	6
215-244	16,9 ± 0,64 ^a	7	17,5 ± 0,93 ^a	8	17,4 ± 0,52 ^a	8
245-275	17,7 ± 0,67 ^a	10	17,9 ± 0,78 ^a	11	17,9 ± 0,61 ^a	10
276-305	17,8 ± 0,71 ^a	8	18,0 ± 0,60 ^a	8	18,1 ± 0,68 ^a	9
306-335	17,8 ± 0,85 ^a	8	18,1 ± 0,79 ^a	8	18,4 ± 0,35 ^a	7
336-365**	18,3 ± 0,52 ^a	6	18,5 ± 0,55 ^a	6	19,2 ± 0,45 ^a	5
> 365**	18,5 ± 1,16 ^a	8	19,3 ± 0,70 ^a	7	19,3 ± 0,42 ^a	6

* Anzahl Messungen in der jeweiligen Altersgruppe ** enthält Daten nach Beginn der Weidesaison
MW einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

4.2.8 Fessel-Ellenbogen-Maß

In der Tabelle 40 sind die Mittelwerte des Fessel-Ellenbogen-Maßes dargestellt. Beim Fessel-Ellenbogen-Maß gibt es in keiner Altersgruppe signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen. Die Mittelwerte des Fessel-Ellenbogen-Maßes betragen zwischen 73,0 cm und 82,3 cm.

Tab. 40: Mittelwerte des Fessel-Ellenbogen-Maßes in cm

Alter in Lebenstagen	MW Gruppe HAF	n*	MW Gruppe AS	n*	MW Gruppe SOJ	n*
< 190	73,0 ± 0,0 ^a	2	70,3 ± 2,2 ^a	4	73,3 ± 2,9 ^a	3
190-214	72,5 ± 2,1 ^a	4	71,6 ± 2,5 ^a	8	72,6 ± 2,8 ^a	6
215-244	73,1 ± 2,0 ^a	7	73,3 ± 2,4 ^a	8	73,8 ± 2,7 ^a	8
245-275	75,7 ± 2,6 ^a	10	75,9 ± 2,2 ^a	11	75,6 ± 1,7 ^a	10
276-305	76,3 ± 3,0 ^a	8	77,5 ± 2,5 ^a	8	78,1 ± 2,6 ^a	9
306-335	76,6 ± 3,7 ^a	8	78,6 ± 2,2 ^a	8	78,6 ± 2,2 ^a	7
336-365**	78,5 ± 2,2 ^a	6	78,7 ± 2,0 ^a	6	80,0 ± 2,1 ^a	5
> 365**	79,9 ± 3,6 ^a	8	82,3 ± 1,5 ^a	7	81,5 ± 3,8 ^a	6

* Anzahl Messungen in der jeweiligen Altersgruppe ** enthält Daten nach Beginn der Weidesaison
MW einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

4.2.9 Oberarmmuskelumfang

In der Tabelle 41 sind die Mittelwerte des Oberarmmuskelumfanges dargestellt. Die Unterschiede zwischen den Gruppen HAF, AS und SOJ sind nicht signifikant. Der Umfang des Oberarmmuskels beträgt zwischen 29,5 cm und 37,0 cm.

Tab. 41: Mittelwerte des Oberarmmuskelumfanges in cm

Alter in Lebenstagen	MW Gruppe HAF	n*	MW Gruppe AS	n*	MW Gruppe SOJ	n*
< 190	29,5 ± 2,1 ^a	2	29,5 ± 0,6 ^a	4	30,0 ± 1,7 ^a	3
190-214	30,0 ± 1,8 ^a	4	31,0 ± 2,0 ^a	8	30,5 ± 1,4 ^a	6
215-244	30,5 ± 1,5 ^a	7	32,3 ± 1,5 ^a	8	32,0 ± 1,3 ^a	8
245-275	31,7 ± 1,0 ^a	10	32,7 ± 1,2 ^a	11	32,8 ± 1,0 ^a	10
276-305	32,9 ± 0,8 ^a	8	33,4 ± 1,2 ^a	8	33,0 ± 1,3 ^a	9
306-335	33,1 ± 1,1 ^a	8	34,5 ± 1,2 ^a	8	34,6 ± 1,3 ^a	7
336-365**	35,5 ± 1,6 ^a	6	36,2 ± 1,2 ^a	6	35,6 ± 1,7 ^a	5
> 365**	35,9 ± 1,6 ^a	8	37,0 ± 1,0 ^a	7	36,8 ± 2,2 ^a	6

* Anzahl Messungen in der jeweiligen Altersgruppe ** enthält Daten nach Beginn der Weidesaison
MW einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

4.2.10 Hinterhand

In Tabelle 42 sind die Ergebnisse der Hinterhandmessungen dargestellt. Bei den Messpunkten eins und zwei gibt es signifikante Unterschiede zwischen den Fohlen der Gruppe HAF und den Fohlen der Gruppen AS und SOJ. An diesen Punkten haben die Fohlen der Gruppen AS und SOJ mehr Muskulatur als die Fohlen der Gruppe HAF. An Messpunkt drei gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.

Die signifikanten Unterschiede sind bei getrennter Betrachtung nur bei den Hengstfohlen festzustellen. Bei den Stutfohlen gibt es keine signifikanten Unterschiede bei den einzelnen Messpunkten.

Tab. 42: Mittelwerte der einzelnen Messpunkte der Hinterhand in cm

Gruppe	Messpunkt 1	Messpunkt 2	Messpunkt 3	Quotient Messpunkt 1/ Messpunkt 3
Hengste HAF	45,8 ± 1,0 ^a	46,3 ± 1,3 ^a	39,4 ± 2,7 ^a	1,2 ± 0,06
Hengste AS	49,0 ± 1,6 ^b	50,9 ± 2,4 ^b	40,9 ± 1,6 ^a	1,2 ± 0,05
Hengste SOJ	48,5 ± 1,6 ^b	49,2 ± 1,8 ^b	41,8 ± 2,8 ^a	1,2 ± 0,09
Stuten HAF	45,7 ± 0,58 ^a	47,0 ± 1,00 ^a	43,0 ± 1,80 ^a	1,06 ± 0,05
Stuten AS	46,5 ± 2,29 ^a	48,0 ± 4,36 ^a	44,5 ± 5,63 ^a	1,05 ± 0,11
Stuten SOJ	46,7 ± 1,53 ^a	49,3 ± 1,15 ^a	45,3 ± 3,75 ^a	1,03 ± 0,05

MW einer Spalte, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

4.3 Body-Condition Scoring

Die folgenden Tabellen zeigen die Ergebnisse des Body-Condition Scorings.

Die Entwicklung des Gesamt-BCS ist in Tabelle 46 dargestellt. Der Gesamt-BCS lag bei Gruppe HAF zwischen 3,70 und 4,21. Bei Gruppe AS lagen die Werte des Gesamt-BCS zwischen 3,88 und 4,89 und bei der Gruppe SOJ zwischen 3,96 und 4,83. Signifikant sind die Unterschiede der Gruppen AS und SOJ zur Gruppe HAF. Die Fohlen der Gruppen AS und SOJ haben einen signifikant höheren Gesamt-BCS als die Fohlen der Gruppe HAF.

Tab. 43: Entwicklung des Gesamt-BCS

Alter in Lebenstagen	MW Gruppe HAF	n*	MW Gruppe AS	n*	MW Gruppe SOJ	n*
< 190	3,9 ± 0,12 ^a	2	3,9 ± 0,08 ^a	4	4,1 ± 0,35 ^a	3
190-214	3,8 ± 0,19 ^a	4	4,0 ± 0,13 ^a	8	4,0 ± 0,13 ^a	6
215-244	3,7 ± 0,37 ^a	7	4,0 ± 0,22 ^a	8	3,9 ± 0,28 ^a	8
245-275	3,8 ± 0,30 ^a	10	4,2 ± 0,31 ^b	11	4,0 ± 0,41 ^{ab}	10
276-305	3,8 ± 0,30 ^a	8	4,3 ± 0,25 ^b	8	4,1 ± 0,40 ^b	9
306-335	3,9 ± 0,39 ^a	8	4,4 ± 0,39 ^b	8	4,4 ± 0,55 ^b	7
336-365**	4,0 ± 0,11 ^a	6	4,6 ± 0,35 ^b	6	4,8 ± 0,29 ^b	5
> 365**	4,2 ± 0,49 ^a	8	4,9 ± 0,08 ^b	7	4,4 ± 0,70 ^a	6

* Anzahl Messungen in der jeweiligen Altersgruppe ** enthält Daten nach Beginn der Weidesaison
MW einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Signifikant sind auch die Unterschiede zwischen den Hengst- und Stutfohlen. Die Hengstfohlen haben einen höheren Gesamt-BCS als die Stutfohlen. Bei der Beurteilung der einzelnen Körperregionen waren zwischen den Gruppen nur geringe Unterschiede über den gesamten Zeitraum der Aufzucht festzustellen. Beim BCS von Hals, Rücken, Schulter, Brustwand, Hüfte und Schweifansatz gab es nur in einzelnen Altersabschnitten signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen. Dabei wurden die Fohlen der Gruppen AS und SOJ höher bewertet als die Fohlen der Gruppe HAF (Tab. 44-49).

Tab. 44: Entwicklung des BCS Hals

Alter in Lebenstagen	MW Gruppe HAF	n*	MW Gruppe AS	n*	MW Gruppe SOJ	n*
< 190	4,0 ± 0,00 ^a	2	3,5 ± 0,58 ^a	4	4,0 ± 1,00 ^a	3
190-214	3,5 ± 0,58 ^a	4	3,8 ± 0,53 ^a	8	3,5 ± 0,55 ^a	6
215-244	3,8 ± 0,42 ^a	7	3,8 ± 0,53 ^a	8	3,9 ± 0,42 ^a	8
245-275	4,0 ± 0,00 ^a	10	4,1 ± 0,50 ^a	11	4,1 ± 0,64 ^a	10
276-305	3,9 ± 0,42 ^a	8	4,3 ± 0,38 ^a	8	4,1 ± 0,55 ^a	9
306-335	4,0 ± 0,00 ^a	8	4,3 ± 0,38 ^a	8	4,3 ± 0,76 ^a	7
336-365**	4,0 ± 0,53 ^a	6	4,8 ± 0,42 ^b	6	4,6 ± 0,55 ^{ab}	5
> 365**	4,0 ± 0,53 ^a	8	5,0 ± 0,00 ^b	7	4,0 ± 1,10 ^a	6

*Anzahl Messungen in der jeweiligen Altersgruppe **enthält Daten nach Beginn der Weidesaison
MW einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Tab. 45: Entwicklung des BCS Schulter

Alter in Lebenstagen	MW Gruppe HAF	n*	MW Gruppe AS	n*	MW Gruppe SOJ	n*
< 190	3,5 ± 0,71 ^a	2	3,8 ± 0,50 ^a	4	4,0 ± 0,00 ^a	3
190-214	4,0 ± 0,00 ^a	4	4,0 ± 0,00 ^a	8	4,0 ± 0,00 ^a	6
215-244	3,6 ± 0,52 ^a	7	4,0 ± 0,00 ^a	8	3,9 ± 0,42 ^a	8
245-275	3,7 ± 0,47 ^a	10	4,0 ± 0,35 ^{ab}	11	4,2 ± 0,41 ^b	10
276-305	3,7 ± 0,46 ^a	8	4,2 ± 0,26 ^{ab}	8	4,2 ± 0,35 ^b	9
306-335	3,8 ± 0,53 ^a	8	4,3 ± 0,65 ^b	8	4,5 ± 0,50 ^b	7
336-365**	3,9 ± 0,20 ^a	6	4,5 ± 0,45 ^b	6	4,8 ± 0,45 ^b	5
> 365**	4,1 ± 0,64 ^a	8	5,0 ± 0,00 ^b	7	4,3 ± 0,82 ^a	6

* Anzahl Messungen in der jeweiligen Altersgruppe ** enthält Daten nach Beginn der Weidesaison
 MW einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Tab. 46: Entwicklung des BCS Rücken

Alter in Lebenstagen	MW Gruppe HAF	n*	MW Gruppe AS	n*	MW Gruppe SOJ	n*
< 190	4,0 ± 0,00 ^a	2	4,0 ± 0,00 ^a	4	4,3 ± 0,58 ^a	3
190-214	3,8 ± 0,50 ^a	4	3,9 ± 0,18 ^a	8	4,0 ± 0,00 ^a	6
215-244	3,8 ± 0,46 ^a	7	3,9 ± 0,42 ^a	8	3,8 ± 0,37 ^a	8
245-275	3,8 ± 0,42 ^a	10	4,3 ± 0,46 ^b	11	4,1 ± 0,39 ^{ab}	10
276-305	3,5 ± 0,60 ^a	8	4,3 ± 0,38 ^b	8	4,1 ± 0,55 ^b	9
306-335	3,7 ± 0,59 ^a	8	4,4 ± 0,52 ^b	8	4,6 ± 0,53 ^b	7
336-365**	3,8 ± 0,41 ^a	6	4,5 ± 0,55 ^b	6	4,8 ± 0,45 ^b	5
> 365**	4,1 ± 0,64 ^a	8	4,9 ± 0,19 ^b	7	4,5 ± 0,55 ^{ab}	6

* Anzahl Messungen in der jeweiligen Altersgruppe ** enthält Daten nach Beginn der Weidesaison
 MW einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Tab. 47: Entwicklung des BCS Brustwand

Alter in Lebenstagen	MW Gruppe HAF	n*	MW Gruppe AS	n*	MW Gruppe SOJ	n*
< 190	4,0 ± 0,00 ^a	2	4,0 ± 0,00 ^a	4	4,3 ± 0,58 ^a	3
190-214	4,0 ± 0,00 ^a	4	4,1 ± 0,18 ^a	8	4,2 ± 0,41 ^a	6
215-244	3,6 ± 0,44 ^a	7	4,1 ± 0,35 ^a	8	3,8 ± 0,37 ^a	8
245-275	3,8 ± 0,42 ^a	10	4,4 ± 0,45 ^a	11	3,8 ± 0,59 ^a	10
276-305	3,9 ± 0,44 ^a	8	4,4 ± 0,44 ^b	8	4,2 ± 0,35 ^a	9
306-335	4,0 ± 0,46 ^a	8	4,6 ± 0,50 ^b	8	4,5 ± 0,50 ^b	7
336-365 ^{**}	4,0 ± 0,00 ^a	6	4,8 ± 0,42 ^b	6	5,0 ± 0,00 ^b	5
> 365 ^{**}	4,3 ± 0,46 ^a	8	4,7 ± 0,49 ^a	7	4,5 ± 0,55 ^a	6

* Anzahl Messungen in der jeweiligen Altersgruppe ** enthält Daten nach Beginn der Weidesaison
 MW einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Tab. 48: Entwicklung des BCS Hüfte

Alter in Lebenstagen	MW Gruppe HAF	n*	MW Gruppe AS	n*	MW Gruppe SOJ	n*
< 190	4,0 ± 0,00 ^a	2	4,0 ± 0,00 ^a	4	4,0 ± 0,00 ^a	3
190-214	3,8 ± 0,50 ^a	4	4,0 ± 0,00 ^a	8	4,0 ± 0,00 ^a	6
215-244	3,8 ± 0,38 ^a	7	4,1 ± 0,23 ^a	8	3,8 ± 0,53 ^a	8
245-275	4,0 ± 0,44 ^a	10	4,3 ± 0,41 ^a	11	4,1 ± 0,44 ^a	10
276-305	3,8 ± 0,53 ^a	8	4,3 ± 0,37 ^b	8	4,1 ± 0,42 ^{ab}	9
306-335	4,1 ± 0,50 ^a	8	4,4 ± 0,50 ^a	8	4,4 ± 0,75 ^a	7
336-365 ^{**}	4,2 ± 0,41 ^a	6	4,7 ± 0,41 ^{ab}	6	5,0 ± 0,00 ^b	5
> 365 ^{**}	4,5 ± 0,53 ^a	8	4,7 ± 0,39 ^a	7	4,5 ± 0,55 ^a	6

* Anzahl Messungen in der jeweiligen Altersgruppe ** enthält Daten nach Beginn der Weidesaison
 MW einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Tab. 49: Entwicklung des BCS Schweifansatz

Alter in Lebenstagen	MW Gruppe HAF	n*	MW Gruppe AS	n*	MW Gruppe SOJ	n*
< 190	4,0 ± 0,00 ^a	2	4,0 ± 0,00 ^a	4	4,0 ± 0,00 ^a	3
190-214	4,0 ± 0,00 ^a	4	3,9 ± 0,42 ^a	8	4,1 ± 0,20 ^a	6
215-244	3,8 ± 0,46 ^a	7	3,9 ± 0,35 ^a	8	4,1 ± 0,18 ^a	8
245-275	4,0 ± 0,47 ^a	10	4,2 ± 0,34 ^a	11	4,1 ± 0,44 ^a	10
276-305	4,1 ± 0,18 ^a	8	4,2 ± 0,26 ^a	8	4,1 ± 0,42 ^a	9
306-335	4,1 ± 0,23 ^a	8	4,4 ± 0,42 ^a	8	4,4 ± 0,53 ^a	7
336-365**	4,0 ± 0,00 ^a	6	4,4 ± 0,49 ^{ab}	6	4,8 ± 0,45 ^b	5
> 365**	4,3 ± 0,46 ^a	8	5,0 ± 0,00 ^b	7	4,7 ± 0,75 ^{ab}	6

* Anzahl Messungen in der jeweiligen Altersgruppe ** enthält Daten nach Beginn der Weidesaison
 MW einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

4.4 Hufhornwachstum

Abbildung 14 zeigt die Mittelwerte des Wachstums des Hufhornes zu verschiedenen Versuchszeitpunkten. Es kann weder bei den Stutfohlen noch bei den Hengstfohlen ein signifikanter Unterschied zwischen den Versuchsgruppen festgestellt werden. Jedoch besteht ein signifikanter Unterschied im Hufwachstum zwischen den Hengst- und Stutfohlen. Bei den Hengstfohlen kann ein schnelleres Wachstum des Hornes festgestellt werden. Das Hufhorn ist bei den Stuten durchschnittlich zwischen 0,214 mm und 0,257 mm am Tag gewachsen. Das Horn der Hengstfohlen ist täglich zwischen 0,258 mm und 0,298 mm gewachsen (Tab. 50).

Tab. 50: Mittelwert des täglichen Wachstums des Hufhorns

Gruppe	MW Ø Hornwachstum in mm/ Tag
Hengste HAF	0,294 ± 0,062 ^a
Hengste AS	0,258 ± 0,068 ^a
Hengste SOJ	0,298 ± 0,020 ^a
Stuten HAF	0,223 ± 0,008 ^a
Stuten AS	0,214 ± 0,026 ^a
Stuten SOJ	0,257 ± 0,022 ^a

MW einer Spalte, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

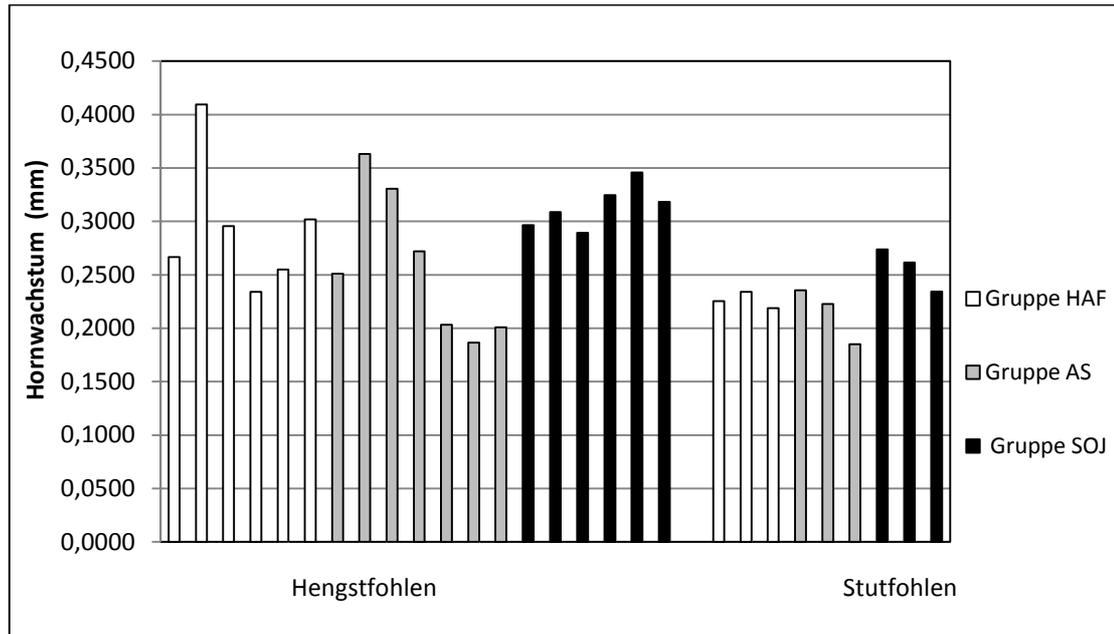


Abb. 14: tägliches Wachstum des Hufhornes in mm

4.5 Haarkleid

Die Haarmengen des geschorenen Quadrates auf der Kruppe sind in Abbildung 15 dargestellt. Die Mittelwerte (Tab. 51) der Gruppen unterscheiden sich signifikant.

Tab. 51: Mittelwerte der gewonnenen Haarmenge

	Gruppe HAF	Gruppe AS	Gruppe SOJ
MW Gewicht Haare in g	0,228 ± 0,0799 ^a	0,382 ± 0,1140 ^b	0,414 ± 0,1425 ^b

MW einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Die Haarmenge der Gruppe HAF wog durchschnittlich 0,228 g. Das Gewicht der Haare der Gruppe AS betrug 0,382 g und bei der Gruppe SOJ betrug es 0,414 g. Das durch das Scheren gewonnene Fell war in Gruppe HAF signifikant leichter als in den Gruppen AS und SOJ.

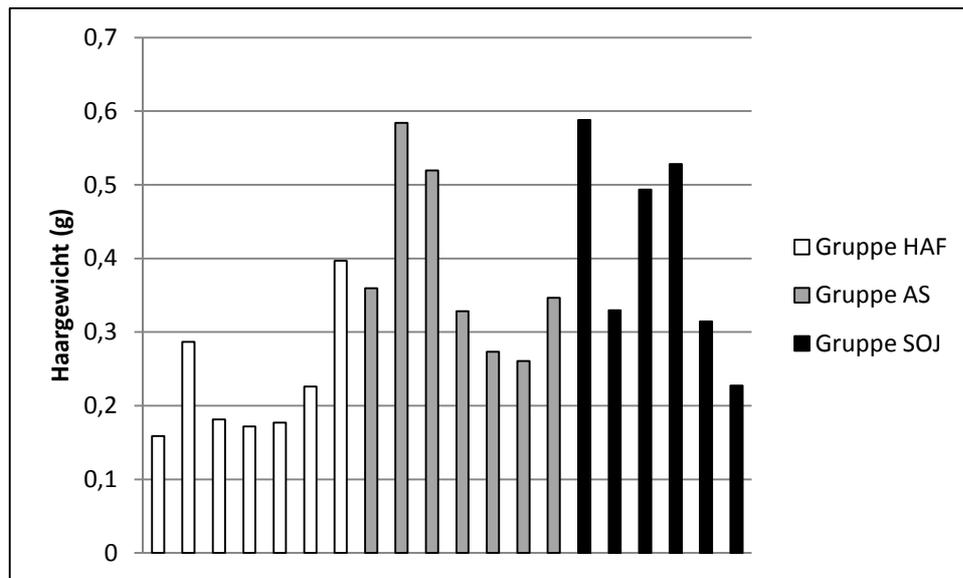


Abb. 15: Haarmenge in g

4.6 Klinische Chemie

4.6.1 Plasmaharnstoff

Die Mittelwerte des Plasmaharnstoffgehaltes während des Versuches sind in Tabelle 52 dargestellt. Die Unterschiede der Plasmaharnstoffwerte zwischen den prä- und postprandialen Blutproben waren nicht signifikant. Für die weitere Betrachtung wurden deshalb nur die präprandialen Plasmaharnstoffwerte herangezogen.

Tab. 52: Mittelwerte der Plasmaharnstoffgehalte in mg/ dl

	November (Vorversuch)	Dezember (Hauptversuch)	Januar (Hauptversuch)	März (Hauptversuch)	Juni (Weideperiode)
Gruppe HAF	37,17 ± 8,41 ^a	35,13 ± 4,61 ^a	32,42 ± 3,90 ^a	32,97 ± 3,54 ^a	46,26 ± 4,90 ^a
Gruppe AS	39,01 ± 4,70 ^a	34,00 ± 6,70 ^a	37,04 ± 6,13 ^a	33,44 ± 3,57 ^a	47,31 ± 4,91 ^a
Gruppe SOJ	36,12 ± 1,73 ^a	45,83 ± 8,98 ^b	45,55 ± 5,46 ^b	45,88 ± 3,31 ^b	46,14 ± 6,49 ^a

MW einer Spalte, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Bei Versuchsbeginn gab es zwischen den einzelnen Gruppen keine signifikanten Unterschiede. Bereits am zweiten Blutentnahmetermine nach 20 Tagen waren die Plasmaharnstoffgehalte der Fohlen der Gruppe SOJ signifikant höher als die Mittelwerte der Fohlen aus den Gruppen HAF und AS. Die signifikant höheren Werte wurden im weiteren Versuchsverlauf beibehalten. Erst zum letzten Entnahmetermine im Juni waren die Unterschiede im Plasmaharnstoffgehalt zwischen den drei Gruppen nicht mehr signifikant.

Die Harnstoffmittelwerte lagen vor Versuchsbeginn bei 37,17 mg/ dl bei den Fohlen der Gruppe HAF, bei 39,01 mg/ dl bei den Fohlen der Gruppe AS und bei 36,12 mg/ dl bei den Fohlen der Gruppe SOJ.

Die Harnstoffmittel der Fohlen der Gruppe HAF sanken im Versuchsverlauf auf 32,42 mg/ dl. Erst am letzten Termin, nachdem die Fohlen auf die Weide gebracht wurden, konnte ein Anstieg der Plasmaharnstoffwerte auf 46,26 mg/ dl festgestellt werden.

Bei den Fohlen der Gruppe AS sanken die Mittelwerte des Plasmaharnstoffes ebenfalls zunächst auf 34,00 mg/ dl im Dezember und stiegen im Januar auf 37,04 mg/ dl an. Im März fielen die Werte auf 33,44 dl/ mg und mit Weidebeginn stiegen auch hier, ähnlich wie bei den Fohlen der Gruppe HAF, die Harnstoffwerte auf 47,31 mg/ dl an.

Die Fohlen der Gruppe SOJ zeigten nach Versuchsbeginn steigende Plasmaharnstoffwerte, die mit 45,83 mg/ dl im Dezember, 45,55 mg/ dl im Januar und 45,88 mg/ dl im März relativ konstant waren. Nach Beginn der Weideperiode stiegen auch bei dieser Gruppe die Harnstoffmittelwerte an, jedoch mit 46,14 mg/ dl im Vergleich nicht so stark wie bei den anderen beiden Gruppen.

4.6.2 Aspartat-Amino-Transferase (AST)

Tabelle 53 zeigt die Aspartat-Amino-Transferase-Werte während des Versuchsverlaufes. Die Mittelwerte lagen zwischen 233,02 U/ l und 339,4 U/ l. Die Unterschiede bei den AST-Mittelwerten waren zwischen den Gruppen nicht signifikant. Die Einzelwerte lagen zwischen 179,20 U/ l und 626,70 U/ l und wiesen eine große Spannweite auf.

Tab. 53: Mittelwerte der Aspartat-Amino-Transferase in U/ l

	November (Vorversuch)	Dezember (Hauptversuch)	Januar (Hauptversuch)	März (Hauptversuch)	Juni (Weideperiode)
Gruppe HAF	233,0 ± 42,90 ^a	237,4 ± 23,41 ^a	314,7 ± 90,98 ^a	301,2 ± 25,07 ^a	330,9 ± 100,37 ^a
Gruppe AS	245,0 ± 41,35 ^a	254,2 ± 41,57 ^a	339,4 ± 136,18 ^a	314,3 ± 31,21 ^a	334,2 ± 66,25 ^a
Gruppe SOJ	237,9 ± 49,87 ^a	223,0 ± 24,41 ^a	306,4 ± 63,09 ^a	304,3 ± 46,24 ^a	334,3 ± 93,73 ^a

MW einer Spalte, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

4.6.3 Albumin (ALB)

Tabelle 54 zeigt die Mittelwerte der Versuchsgruppen an verschiedenen Versuchszeitpunkten. Die Albuminwerte der Gruppen unterscheiden sich zu keinem Zeitpunkt signifikant voneinander.

In der Gruppe HAF treten sehr hohe Schwankungen zwischen dem Minimal- und dem Maximalwert auf (Abb. 16). Der Maximalwert ist fast doppelt so hoch wie der Minimalwert. Die Mittelwerte liegen zwischen 28,97 g/ l und 31,73 g/ l.

Tab. 54: Mittelwerte des Albumins in g/ l

	November (Vorversuch)	Dezember (Hauptversuch)	Januar (Hauptversuch)	März (Hauptversuch)	Juni (Weideperiode)
Gruppe HAF	29,32 ± 1,43 ^a	29,53 ± 1,69 ^a	31,46 ± 8,13 ^a	28,97 ± 1,76 ^a	30,0 ± 1,26 ^a
Gruppe AS	29,32 ± 2,24 ^a	30,41 ± 1,82 ^a	30,32 ± 1,5 ^a	31,05 ± 2,34 ^a	29,75 ± 0,62 ^a
Gruppe SOJ	29,45 ± 2,03 ^a	30,32 ± 1,44 ^a	31,73 ± 2,6 ^a	31,70 ± 2,67 ^a	30,14 ± 1,57 ^a

MW einer Spalte, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

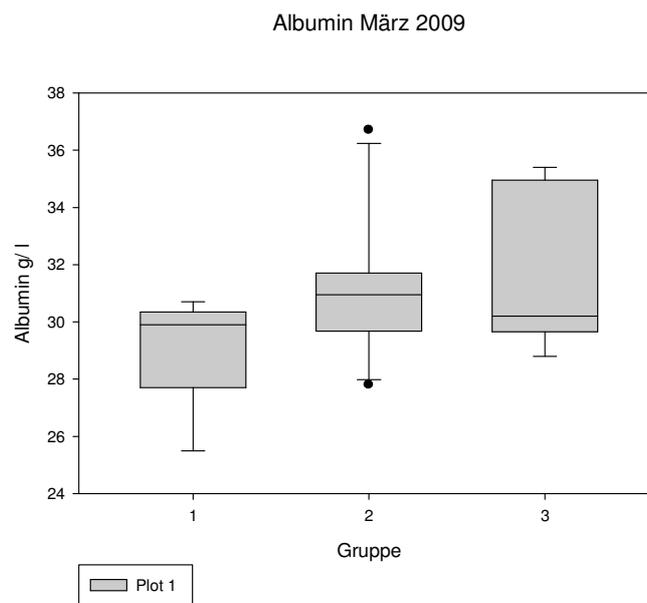
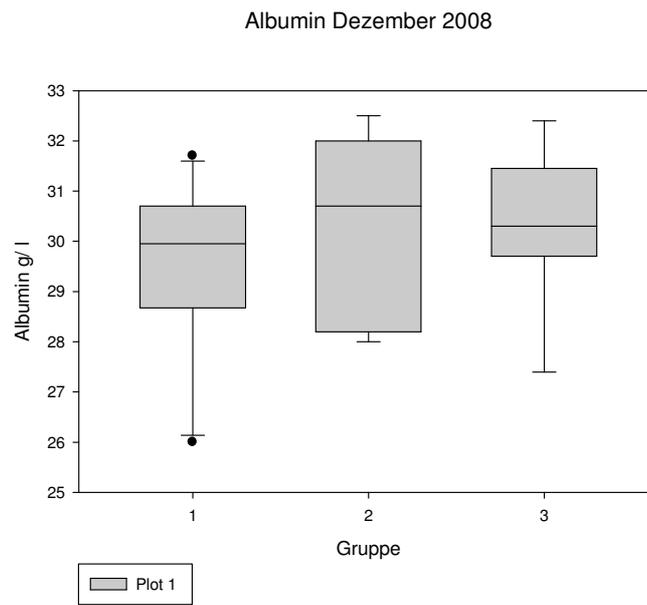


Abb. 16: Boxplots der Albuminwerte von März und Dezember
(Gruppe 1 = HAF, Gruppe 2 = AS, Gruppe 3 = SOJ)

4.6.4 Kreatinkinase (CK)

Die Mittelwerte der Kreatinkinase sind in Tabelle 55 dargestellt. Die Serumwerte der Kreatinkinase bewegten sich zwischen 186,00 U/ l und 262,22 U/ l. Die Werte der Gruppe SOJ waren tendenziell niedriger als die Werte der Gruppen HAF und AS. Diese Unterschiede waren aber nicht signifikant.

Tab. 55: Mittelwerte der Kreatinkinase in U/ l

	November (Vorversuch)	Dezember (Hauptversuch)	Januar (Hauptversuch)	März (Hauptversuch)	Juni (Weideperiode)
Gruppe HAF	202,3 ± 35,93 ^a	220,1 ± 43,31 ^a	262,2 ± 72,83 ^a	215,3 ± 50,71 ^a	232,2 ± 28,02 ^a
Gruppe AS	211,6 ± 43,85 ^a	217,3 ± 50,37 ^a	243,1 ± 41,17 ^a	258,0 ± 50,30 ^a	235,3 ± 46,83 ^a
Gruppe SOJ	207,9 ± 86,92 ^a	186,0 ± 28,95 ^a	215,6 ± 33,02 ^a	217,4 ± 55,45 ^a	224,5 ± 42,23 ^a

MW einer Spalte, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

4.6.5 Gamma-Glutamyl-Transferase (GGT)

Tabelle 56 zeigt die Mittelwerte der Gamma-Glutamyl-Transferase im Serum der Fohlen. Der Mittelwert der Gruppe HAF liegt zwischen 12,26 U/ l und 34,32 U/ l. Der Minimalwert liegt bei 6,40 U/ l und der Maximalwert bei 184,50 U/ l. Der Mittelwert der Gruppe AS liegt mit 10,42 U/ l und 20,98 U/ l niedriger als der Mittelwert der Gruppe HAF. Die Spanne der Einzelwerte ist hier mit 7,90 U/ l bis 62,00 U/ l wesentlich geringer. Bei der Gruppe SOJ liegen die Mittelwerte zwischen 12,82 U/ l und 26,79 U/ l. Der Minimalwert beträgt hier 6,40 U/ l und der Maximalwert 100,60 U/ l. Die dargestellten Unterschiede sind nicht signifikant.

Tab. 56: Mittelwerte der Gamma-Glutamyl-Transferase in U/ l

	November (Vorversuch)	Dezember (Hauptversuch)	Januar (Hauptversuch)	März (Hauptversuch)	Juni (Weideperiode)
Gruppe HAF	13,50 ± 4,40 ^a	12,26 ± 2,85 ^a	15,70 ± 6,67 ^a	19,57 ± 21,89 ^a	34,32 ± 57,63 ^a
Gruppe AS	12,41 ± 4,02 ^a	10,42 ± 2,19 ^a	20,98 ± 16,32 ^a	14,99 ± 8,85 ^a	17,71 ± 9,45 ^a
Gruppe SOJ	16,44 ± 13,79 ^a	12,82 ± 9,96 ^a	21,40 ± 29,80 ^a	19,83 ± 22,94 ^a	26,79 ± 28,00 ^a

MW einer Spalte, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

4.6.6 Glutamat-Dehydrogenase (GLDH)

Tabelle 57 zeigt die Mittelwerte der Glutamat-Dehydrogenase im Serum. Der Mittelwert der Gruppe HAF liegt bei 2,08 U/ l und 12,37 U/ l. Der Mittelwert der Gruppe AS liegt zwischen 2,62 U/ l und 14,46 U/ l. Bei der Gruppe SOJ liegen die Mittelwerte zwischen 1,82 U/ l und 38,18 U/ l. Die dargestellten Unterschiede sind nicht signifikant.

Tab. 57: Mittelwerte der Glutamat-Dehydrogenase in U/ l

	November (Vorversuch)	Dezember (Hauptversuch)	Januar (Hauptversuch)	März (Hauptversuch)	Juni (Weideperiode)
Gruppe HAF	2,46 ± 0,89 ^a	2,08 ± 0,23 ^a	4,14 ± 4,66 ^a	2,24 ± 0,50 ^a	12,37 ± 24,86 ^a
Gruppe AS	3,16 ± 1,82 ^a	3,44 ± 4,05 ^a	14,46 ± 30,02 ^a	2,62 ± 0,73 ^a	8,37 ± 11,37 ^a
Gruppe SOJ	2,20 ± 0,65 ^a	1,82 ± 0,32 ^a	13,18 ± 30,21 ^a	2,18 ± 0,51 ^a	38,18 ± 72,20 ^a

MW einer Spalte, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

4.6.7 Glukose (GLU)

Tabelle 58 zeigen die Mittelwerte des Glukosegehaltes im Serum der Versuchsfohlen. Die Mittelwerte liegen alle um 5 mmol/ l. Die dargestellten Unterschiede sind nicht signifikant.

Tab. 58: Mittelwerte des Glukosegehaltes in mmol/ l

	November (Vorversuch)	Dezember (Hauptversuch)	Januar (Hauptversuch)	März (Hauptversuch)	Juni (Weideperiode)
Gruppe HAF	5,64 ± 0,51 ^a	5,39 ± 0,43 ^a	5,33 ± 0,38 ^a	5,61 ± 0,42 ^a	4,96 ± 0,33 ^a
Gruppe AS	5,46 ± 0,29 ^a	5,39 ± 0,43 ^a	5,44 ± 0,78 ^a	5,35 ± 0,41 ^a	4,99 ± 0,26 ^a
Gruppe SOJ	5,59 ± 0,29 ^a	5,25 ± 0,30 ^a	5,18 ± 0,43 ^a	5,21 ± 0,28 ^a	4,85 ± 0,48 ^a

MW einer Spalte, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

4.6.8 Gesamtprotein (TP)

Die Werte des Gesamtproteingehaltes im Serum der Fohlen sind in Tabelle 59 dargestellt. Die Mittelwerte schwanken zwischen 58,98 g/l und 67,40 g/l. Im Januar ist ein leichter Anstieg bei den Gruppen HAF und SOJ festzustellen. Bei der Gruppe AS sinken dagegen die Werte zu diesem Zeitpunkt. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind nicht signifikant.

Tab. 59: Mittelwerte des Gesamtproteins in g/l

	November (Vorversuch)	Dezember (Hauptversuch)	Januar (Hauptversuch)	März (Hauptversuch)	Juni (Weideperiode)
Gruppe HAF	58,98 ± 4,19 ^a	60,03 ± 1,74 ^a	67,40 ± 16,64 ^a	61,40 ± 5,56 ^a	62,06 ± 2,44 ^a
Gruppe AS	60,96 ± 2,17 ^a	62,20 ± 1,89 ^a	61,69 ± 3,07 ^a	61,60 ± 4,23 ^a	61,55 ± 1,95 ^a
Gruppe SOJ	59,01 ± 4,98 ^a	61,51 ± 3,84 ^a	65,79 ± 6,68 ^a	64,59 ± 3,07 ^a	60,30 ± 2,97 ^a

MW einer Spalte, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

4.6.9 freie Fettsäuren (FFS)

Tabelle 60 zeigt die Werte der freien Fettsäuren im Serum. Die Werte der Gruppe HAF steigen bis zum Januar auf 366,33 µmol/l an, fallen im März auf 263,22 µmol/l und steigen dann wieder auf 381,22 µmol/l. Bei der Gruppe AS fallen die Werte von 336,00 µmol/l auf 259,00 µmol/l und steigen dann bis zum März auf 323,20 µmol/l an. Zum Ende des Versuches fallen die Werte wieder auf 301,30 µmol/l.

Bei der Gruppe SOJ sinken die Werte zu Beginn und steigen dann wieder an, um auf einem fast konstanten Niveau zu bleiben. Die Werte betragen zwischen 260,22 $\mu\text{mol/l}$ und 373,67 $\mu\text{mol/l}$. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind nicht signifikant.

Tab. 60: Mittelwerte der freien Fettsäuren in $\mu\text{mol/l}$

	November (Vorversuch)	Dezember (Hauptversuch)	Januar (Hauptversuch)	März (Hauptversuch)	Juni (Weideperiode)
Gruppe HAF	187,6 \pm 144,9 ^a	257,3 \pm 134,7 ^a	366,3 \pm 154,8 ^a	263,2 \pm 161,6 ^a	381,2 \pm 152,9 ^a
Gruppe AS	336,0 \pm 229,4 ^a	259,0 \pm 84,3 ^a	305,6 \pm 126,0 ^a	323,2 \pm 113,5 ^a	301,3 \pm 133,4 ^a
Gruppe SOJ	327,3 \pm 202,7 ^a	260,2 \pm 143,5 ^a	357,7 \pm 232,2 ^a	365,7 \pm 115,9 ^a	373,7 \pm 140,9 ^a

MW einer Spalte, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

4.7 Serumgehalte der Aminosäuren

In Tabelle 61 sind die untersuchten Aminosäuren aufgeführt. Bei den Aminosäuren Aminobuttersäure, Citrullin, Cystein und Taurin gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den prä- und postprandialen Serumproben. Bei den anderen Aminosäuren unterscheiden sich die Proben signifikant, d.h. die Futteraufnahme beeinflusst die Aminosäuregehalte im Blut.

Tab. 61: Unterschiede zwischen den prä- und postprandialen Serumwerten der Aminosäuren

Aminosäure	präprandial/ postprandial
Alanin	$p < 0,001^{**}$
4 -Aminobuttersäure	$p = 1^{n.sig}$
Arginin	$p < 0,001^{**}$
Asparaginsäure	$p < 0,001^{**}$
Citrullin	$p = 0,785^{n.sig}$
Cystein	$p = 0,518^{n.sig}$
Glutamin	$p < 0,001^{**}$
Glutaminsäure	$p < 0,001^{**}$
Glycin	$p < 0,001^{**}$
Histidin	$p < 0,001^{**}$
Isoleucin	$p = 0,007^{**}$
Lysin	$p < 0,001^{**}$
Leucin	$p = 0,028^{**}$
Methionin	$p = 0,022^{**}$
3- Methylhistidin	$p < 0,001^{**}$
Ornithin	$p < 0,001^{**}$
Phenylalanin	$p < 0,001^{**}$
Phosphoserin	$p = 0,012^{**}$
Prolin	$p < 0,001^{**}$
Serin	$p = 0,006^{**}$
Taurin	$p = 0,394^{n.sig}$
Threonin	$p = 0,025^{**}$
Tyrosin	$p < 0,001^{**}$
Valin	$p = 0,001^{**}$

**signifikant

In Tabelle 62 und Abbildung 17 sind die Serumgehalte der Aminosäuren Threonin, Methionin und Lysin am ersten Termin im November dargestellt. Zwischen den Gruppen bestehen keine signifikanten Unterschiede. Die Werte der Aminosäuren sind nach der Fütterung signifikant höher als vor der Fütterung.

Tab. 62: Mittelwerte der Aminosäuren im November in mg/l

		Threonin	Methionin	Lysin
Gruppe HAF	prä	9,00 ± 2,84 ^a	3,52 ± 0,97 ^a	8,16 ± 3,13 ^a
Gruppe AS	prä	9,46 ± 2,89 ^a	3,59 ± 0,52 ^a	9,98 ± 4,58 ^a
Gruppe SOJ	prä	9,57 ± 2,68 ^a	2,98 ± 0,57 ^a	9,89 ± 3,34 ^a
Gruppe HAF	post	11,59 ± 3,81 ^a	4,43 ± 1,08 ^a	12,43 ± 3,42 ^a
Gruppe AS	post	13,18 ± 3,00 ^a	4,75 ± 1,30 ^a	13,90 ± 2,89 ^a
Gruppe SOJ	post	13,62 ± 4,40 ^a	4,28 ± 0,93 ^a	15,53 ± 5,47 ^a

MW einer Spalte, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

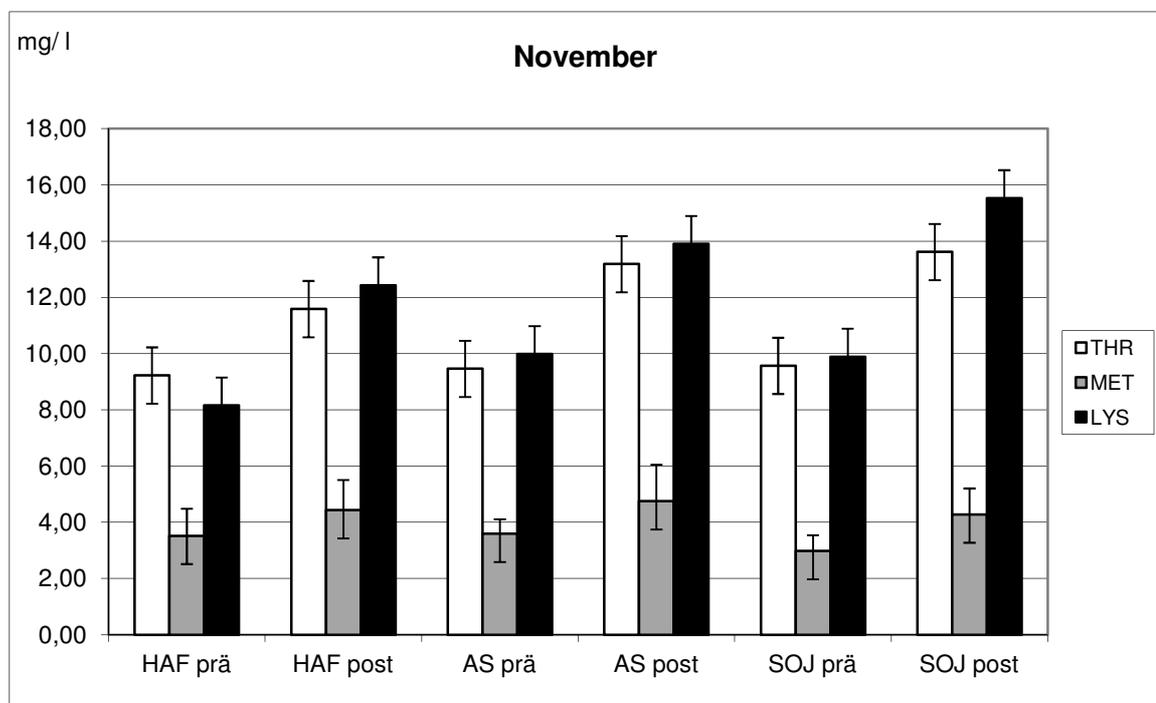


Abb. 17: Aminosäuregehalte im Serum im November

Tabelle 63 und Abbildung 18 zeigen die Werte der Aminosäuren Threonin, Methionin und Lysin im Dezember. Die Gruppe AS hat beim Threonin präprandial einen signifikant höheren Gehalt im Serum. Beim Methionin sind die Werte vor der Fütterung bei dieser Gruppe signifikant höher als bei der Gruppe SOJ. Zwischen den Gruppen AS und HAF besteht dieser Unterschied nicht. Beim Lysin gibt es vor der Fütterung keine signifikanten Unterschiede.

Nach der Fütterung sind die Werte des Threonins im Serum bei der Gruppe AS signifikant höher als bei der Gruppe HAF. Die Werte des Methionins sind nach der Fütterung bei der Gruppe AS signifikant höher als bei den andern beiden Gruppen.

Die Gruppen AS und SOJ haben nach der Fütterung signifikant höhere Lysinwerte im Serum als die Fohlen der Gruppe HAF. Der Lysingehalt der Gruppe AS ist signifikant höher als der der Gruppen SOJ.

Tab. 63: Mittelwerte der Aminosäuren im Dezember in mg/ l

		Threonin	Methionin	Lysin
Gruppe HAF	prä	9,37 ± 2,52 ^a	3,36 ± 0,40 ^{ab}	9,23 ± 3,09 ^a
Gruppe AS	prä	24,86 ± 2,89 ^b	6,13 ± 2,26 ^b	12,15 ± 3,27 ^a
Gruppe SOJ	prä	7,09 ± 1,64 ^a	2,91 ± 0,44 ^a	9,70 ± 2,54 ^a
Gruppe HAF	post	11,81 ± 4,72 ^a	4,76 ± 1,23 ^a	10,54 ± 3,19 ^a
Gruppe AS	post	42,20 ± 11,28 ^b	18,11 ± 7,94 ^b	28,61 ± 4,97 ^b
Gruppe SOJ	post	11,22 ± 7,14 ^{ab}	4,02 ± 0,89 ^a	16,75 ± 3,23 ^c

MW einer Spalte, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

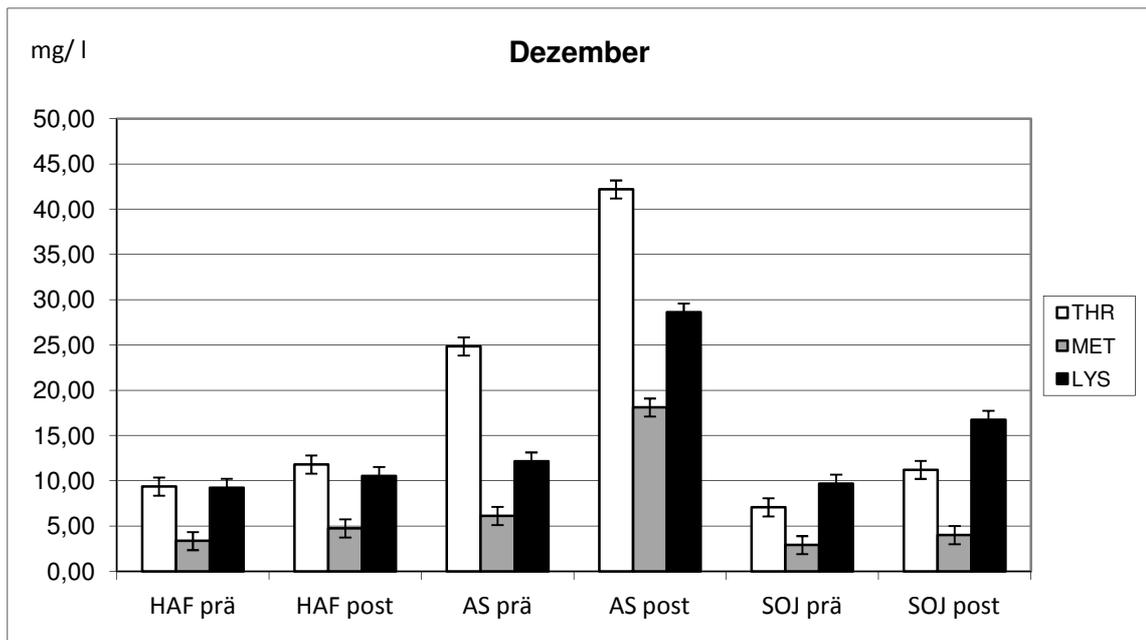


Abb. 18: Aminosäuregehalte im Serum im Dezember

Tabelle 64 und Abbildung 19 zeigen die Werte der Aminosäuren Threonin, Methionin und Lysin im Januar. Vor und nach der Fütterung haben die Fohlen der Gruppe AS signifikant höhere Threoninwerte im Serum als die Fohlen der anderen beiden Gruppen. Das gleiche Verhältnis tritt bei den Methioninwerten auf. Die Lysinwerte sind vor der Fütterung bei den Fohlen der Gruppe AS signifikant höher als bei den Fohlen der Gruppe HAF. Nach der Fütterung haben die Fohlen der Gruppe AS signifikant höhere Werte als die Fohlen der Gruppen HAF und AS und die Fohlen der Gruppe SOJ haben signifikant höhere Werte als die Fohlen der Gruppe HAF.

Tab. 64: Mittelwerte der Aminosäuren im Januar in mg/ l

		Threonin	Methionin	Lysin
Gruppe HAF	prä	11,23 ± 3,55 ^a	3,91 ± 0,48 ^a	8,20 ± 2,85 ^a
Gruppe AS	prä	31,08 ± 14,09 ^b	10,52 ± 3,55 ^b	14,48 ± 6,00 ^b
Gruppe SOJ	prä	9,23 ± 2,80 ^a	9,98 ± 1,64 ^a	10,62 ± 1,93 ^{ab}
Gruppe HAF	post	13,12 ± 3,54 ^a	4,89 ± 0,97 ^a	9,71 ± 2,34 ^a
Gruppe AS	post	38,75 ± 10,90 ^b	17,99 ± 4,38 ^b	26,84 ± 6,75 ^b
Gruppe SOJ	post	13,72 ± 7,14 ^a	4,76 ± 2,52 ^a	16,04 ± 4,41 ^c

MW einer Spalte, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

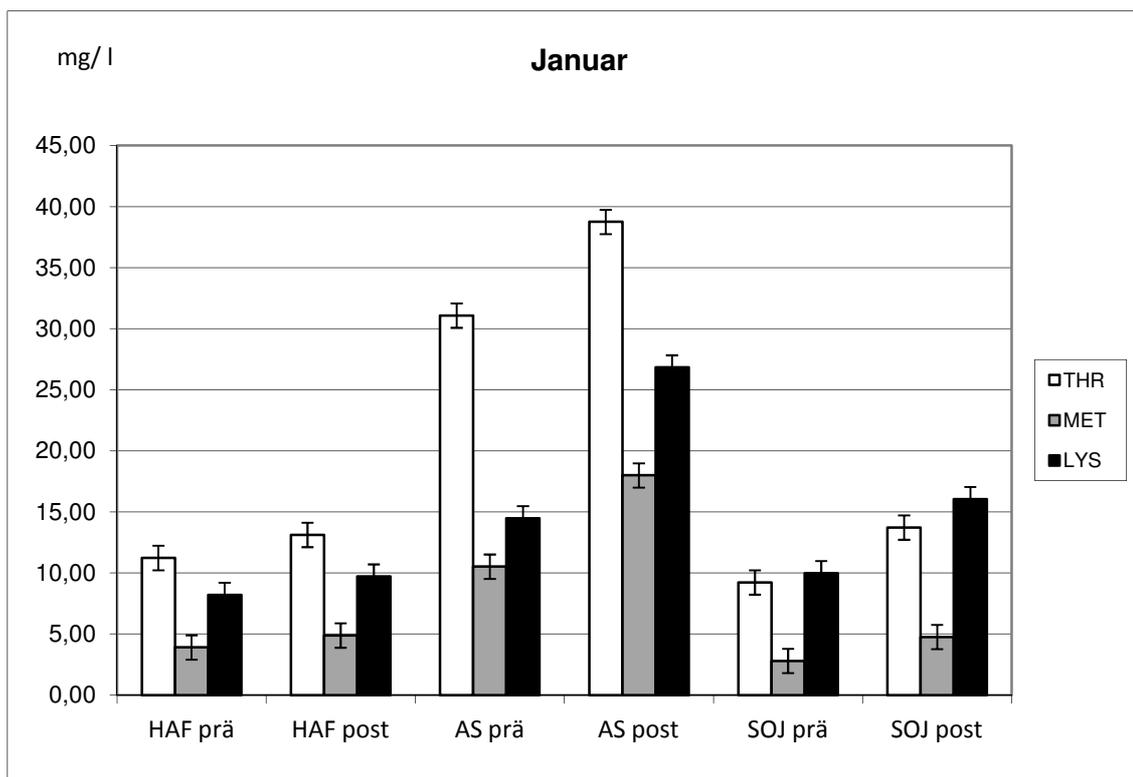


Abb. 19: Aminosäuregehalte im Serum im Januar

4.8 Serumwerte der Knochenmarker

4.8.1 Osteocalcin

Abbildung 20 zeigt bei den Gruppen HAF und AS einen Anstieg des Osteocalcin nach Versuchsbeginn. Dieser Anstieg verläuft bei der Gruppe AS steiler. Zum dritten Termin hin fallen beide Kurven wieder ab, erreichen aber das Ausgangsniveau nicht. Darauf folgt wieder ein Anstieg der Kurven, wobei dieser bei der Gruppe AS sehr steil verläuft und bei der Gruppe HAF nur sehr schwach sichtbar wird. Der Kurvenverlauf des Osteocalcin im Blut der Tiere der Gruppe SOJ steigt nach Versuchsbeginn nur sehr leicht an und fällt erst nach dem vierten Termin leicht ab.

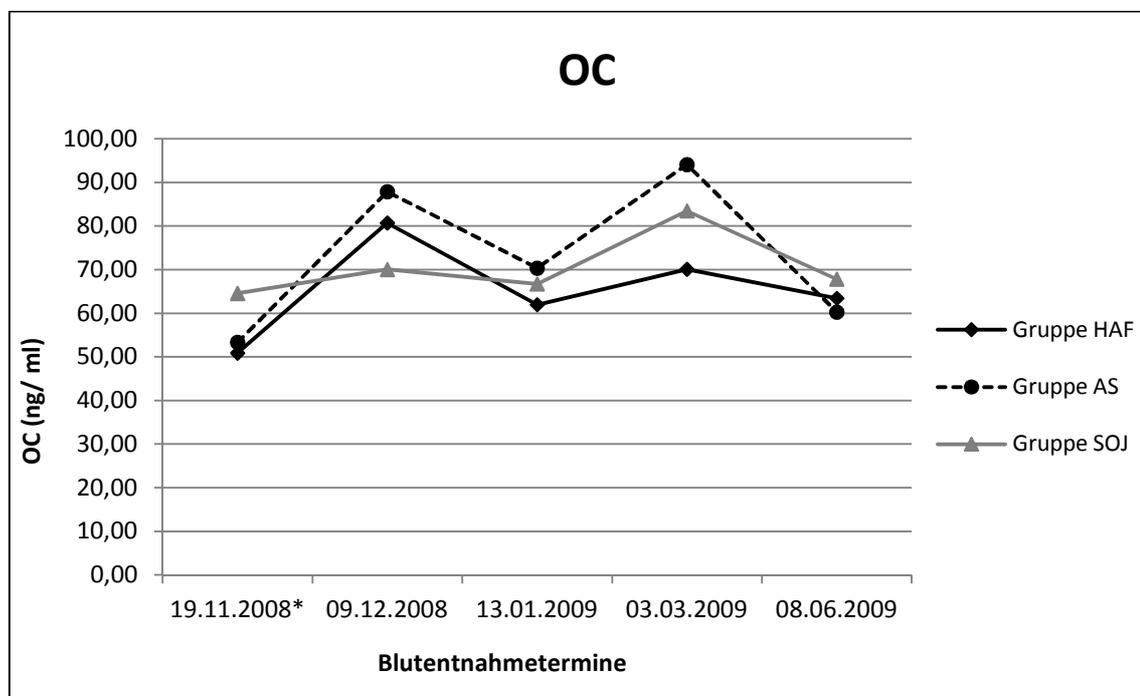


Abb. 20: Osteocalcin als Marker für die Osteoblastenfunktion

* vor Versuchsbeginn

Zwischen den Gruppen HAF und AS gibt es im Januar und März signifikante Unterschiede. Die Fohlen der Gruppe AS haben signifikant höhere Osteocalcinwerte als die Fohlen der Gruppe HAF. Zwischen den Gruppen HAF und SOJ bzw. AS und SOJ bestehen diese Unterschiede nicht (Tab. 65).

Tab. 65: Mittelwerte des Osteocalcins in ng/ ml

	November (Vorversuch)	Dezember (Hauptversuch)	Januar (Hauptversuch)	März (Hauptversuch)	Juni (Weideperiode)
Gruppe HAF	50,66 ± 9,56 ^a	84,67 ± 32,16 ^a	61,28 ± 9,51 ^a	69,01 ± 9,63 ^a	63,12 ± 5,96 ^a
Gruppe AS	58,68 ± 21,32 ^a	85,62 ± 29,46 ^a	74,75 ± 11,01 ^b	90,50 ± 22,14 ^b	63,44 ± 10,98 ^a
Gruppe SOJ	58,05 ± 9,32 ^a	75,59 ± 31,29 ^a	65,85 ± 9,37 ^{ab}	78,49 ± 10,55 ^{ab}	68,40 ± 15,30 ^a

MW einer Spalte, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

4.8.2 Crosslaps

In Abbildung 21 sind die Ergebnisse der Crosslaps dargestellt. Die Werte der Gruppen HAF und B steigen bis zum Termin im Januar relativ gleichmäßig an. Die Werte der Gruppe B steigen etwas steiler als die Werte der Gruppe HAF. Die Werte der Gruppe SOJ sinken zu Beginn und steigen dann leicht an. Im Januar stagniert der Anstieg. Ab diesem Zeitpunkt steigen die Werte der Gruppe HAF leicht bis zum Versuchsende an. Die Werte der anderen beiden Gruppen sinken zunächst, um dann wieder anzusteigen. Bei den Fohlen der Gruppe SOJ ist dieser Effekt größer als bei den Fohlen der Gruppe HAF. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind zu keinem Zeitpunkt signifikant (Tab. 66).

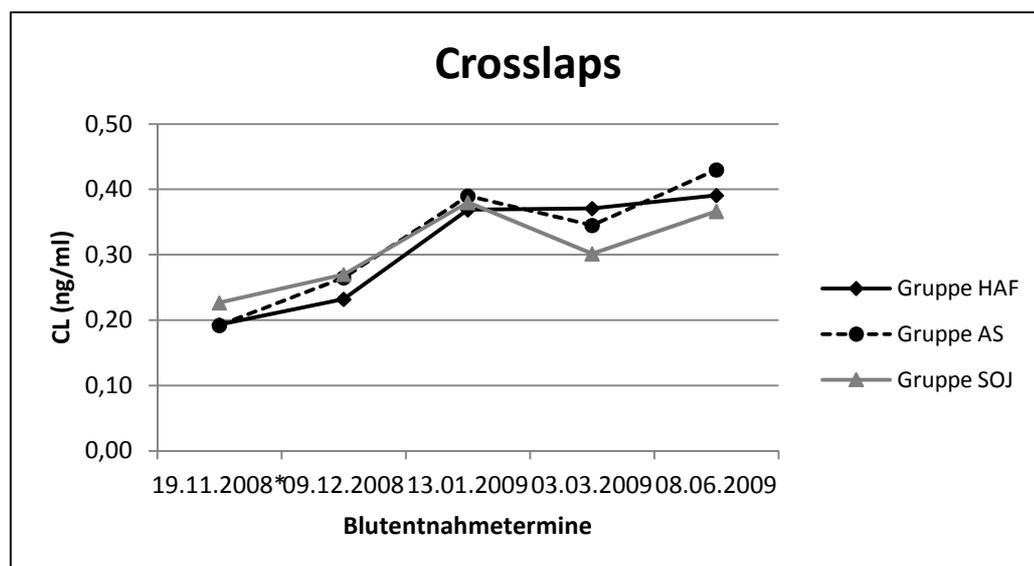


Abb. 21: Verlauf der Crosslaps

* vor Versuchsbeginn

Tab. 66: Mittelwerte der Crosslaps in ng/ ml

	November (Vorversuch)	Dezember (Hauptversuch)	Januar (Hauptversuch)	März (Hauptversuch)	Juni (Weideperiode)
Gruppe HAF	0,19 ± 0,08 ^a	0,24 ± 0,08 ^a	0,39 ± 0,12 ^a	0,39 ± 0,09 ^a	0,40 ± 0,07 ^a
Gruppe AS	0,23 ± 0,09 ^a	0,30 ± 0,15 ^a	0,45 ± 0,20 ^a	0,35 ± 0,08 ^a	0,41 ± 0,21 ^a
Gruppe SOJ	0,24 ± 0,04 ^a	0,23 ± 0,07 ^a	0,34 ± 0,13 ^a	0,31 ± 0,05 ^a	0,37 ± 0,01 ^a

MW einer Spalte, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

4.8.3 Knochenumbau

Abbildung 22 und Tabelle 67 zeigen das Verhältnis von Osteocalcin zu den Crosslaps, also das Verhältnis von Knochenaufbau und Knochenabbau.

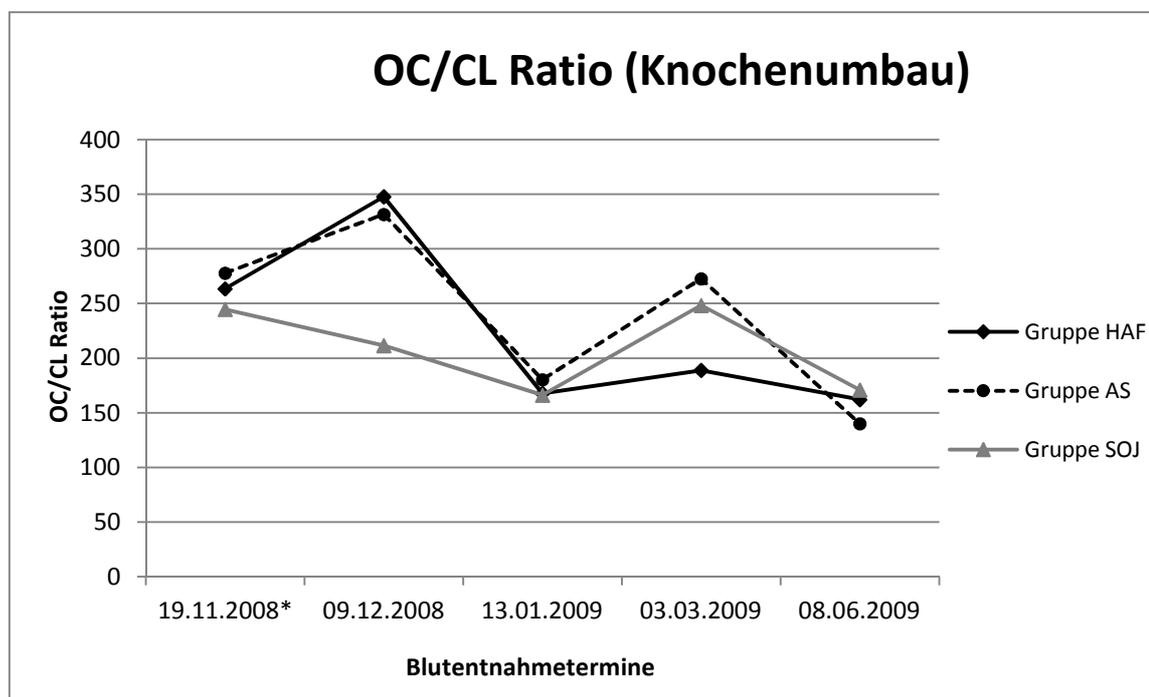


Abb. 22: Verlauf des Knochenumbaus (OC/CL Ratio)

* vor Versuchsbeginn

Tab. 67: Mittelwerte des Knochenbaus (OC/ CL Ratio)

	November (Vorversuch)	Dezember (Hauptversuch)	Januar (Hauptversuch)	März (Hauptversuch)	Juni (Weideperiode)
Gruppe HAF	263,53	346,37	158,04	177,96	156,07
Gruppe AS	257,95	284,45	166,00	255,65	156,24
Gruppe SOJ	247,02	328,67	193,06	251,40	183,75

4.9. Kotanalyse

Zu Beginn und am Ende des Versuches wurde der Grad der Verwurmung der Fohlen festgestellt. Für die erste Untersuchung standen Kotproben von 21 Fohlen zur Verfügung. Da die Fohlen zum Teil aus unterschiedlichen Beständen stammten, war es wichtig festzustellen, ob und in welchem Grad ein Wurmbefall besteht, um diesem entgegenwirken zu können. Bei drei Fohlen war kein Wurmbefall festzustellen. Bei 13 Fohlen wurde ein geringer Befall von Strongylidae festgestellt. Drei Fohlen waren etwas stärker befallen und bei zwei Fohlen wurde ein hoher Befall festgestellt.

Ein mittlerer Befall mit *Parascaris* wurde bei einem Fohlen festgestellt und bei einem Fohlen gab es einen geringen Befall mit *Eimeria leuckarti*.

Die Fohlen wurden routinemäßig entwurmt. Am Versuchsende wurden die Fohlen erneut auf Wurmbefall untersucht. Zu diesem Termin standen Kotproben von 27 Fohlen zur Verfügung. Bei 16 Fohlen wurde ein leichter Befall mit Strongylidae festgestellt. Sieben Fohlen waren etwas stärker befallen und bei zwei Fohlen wurde ein hoher Befall festgestellt. Ein mittlerer Befall mit *Parascaris* wurde wiederum bei einem Fohlen festgestellt. Es konnten keine weiteren Parasiten festgestellt werden. Tabelle 68 zeigt die Ergebnisse der Kotuntersuchungen. In Tabelle 69 sind die befallenen Tiere nach Gruppen sortiert dargestellt.

V. DISKUSSION

5.1 Kritik an den Methoden

5.1.1 Auswahl des Tiermaterials und Haltungsbedingungen

In der vorliegenden Studie sollte überprüft werden, welchen Einfluss der Proteingehalt der Ration auf das Wachstum und die Entwicklung der Fohlen hat. Insbesondere sollte überprüft werden, ob Fohlen eventuell einen subklinischen Mangel an Protein und/ oder Aminosäuren aufweisen, wenn sie nur mit Heu und Hafer gefüttert werden.

Die Studie wurde ausschließlich an Warmblutfohlen durchgeführt. Die Wirkung der unterschiedlichen Proteinzufuhr sollte an Pferden dieser Rasse geprüft werden, da für diese später auch die Bedarfszahlen erstellt werden sollen. Andere Rassen wie Ponys oder Quarter Horses oder auch Vollblüter könnten eine andere Zusammensetzung z.B. bezüglich der Muskulatur, des Skelettes und des Fettes haben und könnten deshalb auch anders auf die Proteingehalte im Futter reagieren. Diese Ergebnisse wären nicht vergleichbar bzw. auf die Warmblüter übertragbar.

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen einer Feldstudie erstellt. Es wurden alle Fohlen des Jahrganges 2008, die im Besitz des Haupt- und Landgestüts Marbach waren, in ihrer Entwicklung beobachtet und ihr Wachstum dokumentiert. Die Anzahl der Fohlen war begrenzt. Dadurch standen für jede zu überprüfende Gruppe zehn Tiere, die unter vergleichbaren Bedingungen gehalten wurden, zur Verfügung. Es ist nur schwer möglich, eine noch größere Anzahl an Fohlen unter völlig gleichen Bedingungen aufzuziehen.

Die Hengstfohlen wurden in einem eigenen Stall gehalten, so dass hier von standardisierten Bedingungen ausgegangen werden kann und alle Tiere die gleichen Voraussetzungen hatten. Die Stutfohlen liefen zusammen mit Fohlen, die nicht im Versuch waren und wurden getrennt von den Hengstfohlen an einem anderen Standort gehalten. Die Versuchsbedingungen waren ansonsten mit denen der Hengstfohlen vergleichbar.

So war es möglich, aufgrund der vergleichbaren Aufzuchtbedingungen, den Einfluss haltungsbedingter und anderer Faktoren auf das Wachstum und die Entwicklung der Fohlen zu minimieren, und die Auswirkung der unterschiedlichen Aufzuchtfutter möglichst isoliert und längerfristig zu betrachten. Durch die zufällige Verteilung der Fohlen auf die drei Versuchsgruppen und die Verteilung der Fohlen gleicher Väter in unterschiedliche Gruppen, konnten auch tierindividuelle Unterschiede in der Futterverwertung und andere genetische Faktoren, die einen Einfluss auf das Wachstum und die Entwicklung der Fohlen haben können, soweit wie möglich ausgeschlossen werden.

Die Fohlen hatten zum Versuchsbeginn ein Alter zwischen fünf und neun Monaten. Das Wachstum und die Entwicklung der Fohlen wurden untersucht, bis das jüngste Fohlen das erste Lebensjahr vollendet hatte.

Zum Zeitpunkt der Geburt erreichen die meisten Pferderassen etwa 61-64 % der späteren genetisch vorbestimmten Endgröße (JACKSON und PAGAN, 1993b). Mit sechs Monaten erreichen die meisten Rassen ca. 83 %, mit zwölf Monaten ca. 90 % und mit 18 Monaten ca. 95 % der Endgröße (JACKSON und PAGAN, 1993b; JELAN et al., 1996).

Diese Studien zeigen, dass ab einem Alter von über einem Jahr im Hinblick auf das Wachstum und die Entwicklung der Fohlen keine größeren Effekte mehr zu erwarten sind. Da aber von der Geburt bis zum sechsten Lebensmonat nach JACKSON und PAGAN (1993b) ca. 20 % des Größenwachstums stattfindet, wäre eine Untersuchung in diesem Lebensabschnitt wertvoll. Die jüngsten Fohlen waren zu Beginn der Untersuchung fünf Monate alt. Eine weitere Untersuchung dieser Altersgruppe könnte zeigen, ob die unterschiedliche Fütterung Effekte zeigen würde, die auf ein unterschiedliches Wachstum in den einzelnen Gruppen schließen lassen kann, und die bei den älteren Fohlen nicht mehr so deutlich sind.

Zur noch genaueren Betrachtung des Wachstumes wäre ein identisches Alter der Fohlen zu Beginn des Versuches ideal gewesen. Dies ist aber leider nur sehr schwer zu realisieren. Auch auf einer Versuchsstation ist es nicht möglich, dass alle Tiere zur gleichen Zeit geboren werden. Die jüngeren Fohlen später aufzustallen erscheint wenig sinnvoll, da sie noch größere Probleme bei der Eingliederung in die Gruppe mit wesentlich älteren Fohlen haben würden.

Die Gruppenhaltung ist bei Fohlen aus Tierschutzgründen vorgeschrieben und eine Einzelhaltung der Fohlen wäre nicht zielführend.

Die Ergebnisse einer Feldstudie sind jedoch nicht schlechter zu bewerten, als die einer Versuchsstation. Die Variation zwischen den Tieren ist größer, d.h. Ergebnisse, die sich als nicht signifikant herausgestellt haben, könnten unter völlig identischen Voraussetzungen signifikant sein. Andersherum würden sich signifikante Ergebnisse einer Feldstudie auch unter den Bedingungen einer Versuchsstation zeigen.

5.1.2 Genauigkeit der Messungen

Die Wiederholbarkeit der Messungen der erfassten Körpermaße wurde von SCHRAMME (2003) geprüft. In der vorliegenden Arbeit wurden die Maße angewendet, für die SCHRAMME (2003) eine hohe Korrelation der Doppelmessungen erreichen konnte. Es wurde zu dem sonst üblichen Maß der Körperlänge ($r = 0,877$) zusätzlich der Körperumfang ($r = 0,997$) gemessen, da dieser eine bessere Wiederholbarkeit besitzt. Beim Halsumfang ($r = 0,994$) konnte bei SCHRAMME (2003) eine höhere Korrelation zwischen den Messungen erreicht werden, als es bei der Halslänge ($r = 0,782$) der Fall war. Deshalb wurde in der vorliegenden Arbeit der Halsumfang als Messwert verwendet.

Die Beurteilung des Body-Condition Scores erfolgte anhand des Schemas von SCHRAMME (2003). Trotz des schematischen Vorgehens sind die Beurteilungen nicht ohne subjektiven Einfluss der beurteilenden Person durchzuführen. Da alle Bewertungen durch dieselbe Person durchgeführt wurden, ist von einer systematischen Abweichung auszugehen. Deshalb ist anzunehmen, dass alle Tiere in einem ähnlichen Ernährungszustand auch entsprechend gleich bewertet wurden. Die Vergleichbarkeit der Body-Condition Scores ist dadurch gewährleistet.

Die Haarmenge für die Ermittlung des Gewichtes der Haare, wurde mit Hilfe einer Schablone gewonnen. So war die geschorene Fläche bei allen Tiere gleich groß. Da alle Tiere auf 0 mm geschorenen wurden, kann auch hier davon ausgegangen werden, dass alle Tiere unter den gleichen Voraussetzungen geschoren wurden. Die Messung des Gewichtes der Haarmenge erfolgte ohne die Haare aus der Tüte zu entfernen, in die die Haare nach dem Scheren aufgefangen wurden. Ein Verlust von Haarmasse und dadurch ein Verfälschen der Ergebnisse ist daher ausgeschlossen.

5.2. Bestimmung der Futteraufnahme

Die Fütterung des Versuchsfutters erfolgte zweimal täglich nach einer Gewöhnungsphase von einer Woche. Nach der Gewöhnungsphase war die Akzeptanz des Futters sichergestellt und die Fohlen fraßen größtenteils die komplette Ration. Die Fohlen wurden zur Fütterung des Versuchsfutters angebunden, sodass eine tierindividuelle Fütterung gewährleistet war und ein Fressen beim Nachbarfohlen ausgeschlossen werden konnte. Die Anbindedauer richtete sich nach der Fressdauer. Die Fohlen waren solange angebunden, bis alle Fohlen die Ration bzw. den Trog leergefressen oder die Fohlen die Futteraufnahme eingestellt hatten. Hat ein Fohlen nicht die gesamte Ration gefressen, wurde der Futterrest aus dem Trog entfernt und gewogen. Die zugeteilte Kraftfuttermenge wurde jeden Tag eingewogen. So war eine genaue Überwachung der aufgenommenen Kraftfuttermenge der Fohlen möglich. Das heißt, dass die Kraftfuttermenge, die den Fohlen gefüttert wurde, auch von den Fohlen tatsächlich gefressen wurde.

Die Heuration wurde zu Beginn des Versuches gewogen und in größeren Abständen kontrolliert. Die Raufutteraufnahme konnte nur für die gesamte Gruppe festgestellt werden. Die Raufutterfütterung geschah in der Mitte des Laufstalles, wo die Heumenge auf die gesamte Stalllänge verteilt wurde. So hatten alle Fohlen gleichzeitig die Möglichkeit Heu zu fressen. Die Heuration wurde ebenfalls auf zwei Mahlzeiten verteilt, wobei die Ration am Abend größer war als die Ration am Morgen. Eine tierspezifische Zuteilung des Raufutters gestaltet sich bei der Haltung in Laufställen schwierig.

Ein Anbinden der Fohlen während der Raufutteraufnahme erschien, aufgrund der erheblichen Fressdauer und der deutlichen Einschränkung der Bewegungsmöglichkeiten der Fohlen, nicht sinnvoll und ist unter dem Aspekt einer tier- und artgerechten Aufzucht nicht wünschenswert. Die Aufnahme des Raufutters eines jeden einzelnen Fohlens kann also nur geschätzt werden.

Das Heu wurde im Stall, außerhalb der Reichweite der Fohlen, gelagert. Verluste durch den Transport können also nahezu ausgeschlossen werden. Die Verluste durch Zertrampeln und Verschmutzen des vorgelegten Raufutters durch das Fressverhalten der Tiere sind als gering einzuschätzen. In der Einstreu bzw. im Mist war kaum Heu zu finden.

MCDONELL et al. (1999) beschrieben, dass die meisten Pferde sofort nach der Futtervorlage fressen, wenn ihnen Heu in kleinen Portionen zwei- bis dreimal täglich angeboten wird. Dieses Verhalten war bei den Fohlen der vorliegenden Arbeit ebenfalls zu beobachten. Nach Vorlage des Raufutters begannen alle Fohlen mit der Futteraufnahme. Ein Einfluss von Artgenossen auf das Futteraufnahmeverhalten ist bei Ponystuten von SWEETING et al. (1985) beschrieben worden.

Die Futteraufnahme steht nach SWEETING et al. (1985) bei Ponys unter einem sozialen Einfluss, wobei insbesondere der Sichtkontakt zu Artgenossen eine entscheidende Rolle spielt. Dieser Einfluss kann beim Pferd auch angenommen werden. Das bedeutet für die Tiere in Gruppenhaltung, dass sie fressen, wenn auch ihre Artgenossen fressen. Es konnte beobachtet werden, dass alle Tiere gemeinsam gefressen haben, solange Heu zur Verfügung stand.

In der vorliegenden Arbeit kann also davon ausgegangen werden, dass es bei der Aufnahme des Raufutters keine sehr wesentlichen Gruppenunterschiede gab. Wenn also die Fohlen einer Gruppe mehr Appetit gehabt haben sollten, hätten sie schneller fressen müssen als die anderen Fohlen, um mehr Heu als diese aufnehmen zu können. Tierindividuelle Unterschiede bei der Fressgeschwindigkeit zwischen den Einzeltieren können jedoch nicht ausgeschlossen werden. WALKER et al. (2004) stellten fest, dass der Fütterungszeitpunkt, das Alter und die Rasse keinen signifikanten Einfluss auf die verzehrte Heumenge in einer bestimmten Zeit haben, dass es aber signifikante tierindividuelle Unterschiede gibt.

Die Laufställe wurden, je nach Bedarf, mehrmals wöchentlich mit Stroh eingestreut. Da das Stroh sehr schnell in die Matratzenstreu einarbeitet wurde, kann davon ausgegangen werden, dass keine größeren Mengen an Stroh aufgenommen worden.

Im Frühjahr, mit Beginn der Weideperiode hatten die Fohlen zwischen fünf und sieben Stunden Weidegang. Nach MEYER et al. (2002) nehmen Pferde, bei ganztägigem Weidegang, täglich bis zu 2 kg TS/ 100 kg Lebendmasse an Weidegras auf. Demnach hätten die Fohlen bis zu 6,6 kg/ TS bei einem Lebendgewicht von 330 kg aufgenommen. Da die Fohlen morgens nach der Fütterung mit Kraftfutter und Heu auf die Weide gelassen wurden und nur für einige Stunden auf der Weide waren, muss hier von einer etwas geringeren Menge ausgegangen werden.

Die Aufnahme der Menge an Gras konnte nur geschätzt werden. Bei einer TS-Aufnahme von etwa 2,5 kg pro 100 kg Lebendmasse am Tag (MEYER et al., 2002) kann, nach Abzug der aufgenommenen TS-Menge aus dem Heu und dem Kraftfutter, von 15 kg gefressenem Gras pro Tag ausgegangen werden. Das entspricht einer gesamten TS-Aufnahme von 8,4 kg pro Tag, was bei Fohlen mit einem Alter von ca. einem Jahr als realistisch anzusehen ist.

5.2.1 Futteraufnahme im Vergleich zum Bedarf

Die Fohlen wurden nach einer Angewöhnungsphase von sieben Tagen, in denen sie langsam an das Versuchsfutter gewöhnt wurden, mit einer Ration gefüttert, die aus 3-4 kg Heu und 3 kg des jeweiligen Versuchsfutters bestand. Die Nährstoffaufnahmen der drei Gruppen zeigten im Vergleich mit den in der Literatur beschriebenen Angaben zum Bedarf, dass mit den aufgenommen Rationen, in der ersten Versuchsphase der Energiebedarf der Fohlen gedeckt werden konnte. Bei den Fohlen der Gruppe SOJ war eventuell ein leichter Energieüberschuss, zumindest im Bezug auf die verdauliche Energie, jedoch nicht auf die umsetzbare Energie, vorhanden. Die Bedarfsempfehlungen für Fohlen bezüglich des Rohproteins konnten nur bei den Fohlen mit dem proteinangereicherten Futter (Gruppe SOJ) gedeckt werden. Die Proteinaufnahme der Fohlen der Gruppen HAF und AS lassen eine Unterversorgung mit Protein vermuten. Die Aminosäure Lysin wurde in der Gruppe HAF nicht bedarfsdeckend gefüttert. Bei den Fohlen der Gruppen AS und SOJ war die Lysinversorgung gemäß den Bedarfswerten (MEYER et al., 2002) gesichert.

Die Versorgung mit Threonin war ebenfalls bei den Fohlen der Gruppe HAF nicht ausreichend gewährleistet. Die Aminosäuren Methionin und Cystein wurden nur bei der Gruppe AS ausreichend über das Futter zur Verfügung gestellt. In den anderen beiden Gruppen war die Versorgung mit diesen beiden Aminosäuren nur unzureichend erfüllt.

Bei der Mineralstoffversorgung trat dagegen eher eine Überversorgung auf. So wurden Calcium, Phosphor, Magnesium, Kupfer und Selen reichlich bedarfsdeckend gefüttert. Zink wurde etwas knapp zugeführt. Die Versorgung mit Vitamin A und D war ausreichend. Vitamin E wurde, ähnlich wie die Mineralstoffe, reichlich bedarfsdeckend gefüttert.

Durch die erhöhte Kraftfuttergabe in der zweiten Versuchsphase, wurde die Energiezufuhr bei allen Gruppen um 8 % und die Proteinzufuhr um 8 % bei der Gruppe HAF, um 10 % bei der Gruppe AS und um 12,5 % bei der Gruppe SOJ gesteigert. Dennoch war die Proteinversorgung im Vergleich zu den Bedarfswerten bei den Fohlen der Gruppen HAF und AS unzureichend. Die Aminosäurenversorgung war bei den Fohlen der Gruppe HAF weiterhin nicht ausreichend und Methionin und Cystein wurden in der SOJ ebenfalls nur unzureichend gefüttert.

In der Phase, in der die Fohlen zusätzlich zu 3,5 kg Heu und 2 kg Kraftfutter noch 15 kg Weidegras aufgenommen haben, nahmen die Fohlen aller Gruppen etwa 20 % mehr Energie auf und die Proteingehalte der Rationen der Fohlen der Gruppen HAF und AS lagen etwa 200 g unter denen der Gruppe SOJ. In dieser Phase waren alle Fohlen energetisch überversorgt.

5.2.2 Energieversorgung

Die Energie kann in dem vorliegenden Versuch zumindest bei der SOJ Gruppe als limitierend angesehen werden. Die Fohlen der Gruppe SOJ wären vermutlich schneller gewachsen, wenn sie mehr Energie bekommen hätten. Dafür sprechen die Ergebnisse von MACK (2007) bei denen die Fohlen mit einer höheren Energiezufuhr und einer Proteinzufuhr zwischen den HAF und den SOJ Tieren deutlich schneller wuchsen. Bei den Ergebnissen aus dem Wachstum der Fohlen der Gruppe HAF, die neben weniger Protein auch weniger Energie auf der Basis der verdaulichen Energie erhalten haben als die Fohlen der SOJ Gruppe, wird deutlich, dass Protein noch früher limitierend wirken kann als Energie, wenn Energie als limitierender Faktor vorliegt. Das Protein wirkte hier früher limitierend als die Energie.

Durch den Weidegang stieg der Energiegehalt der Ration und es konnte vor allem bei den Fohlen der Gruppe HAF beobachtet werden, dass sie die Wachstumsrückstände kompensieren konnten, und so die Unterschiede des Gewichts zwischen den Gruppen am Ende des Versuches nicht mehr signifikant waren. Dadurch wurde ebenfalls deutlich, dass Energie wachstumslimitierend ist und dass nach Aufgabe der knappen Energie- und Proteinversorgung, Defizite wieder ausgeglichen werden können, was jedoch zu ungleichmäßigen Wachstumsschüben führen kann. Man kann hier von einem kompensatorischen Wachstum sprechen. Diese Wachstumsschübe sind in späteren Phasen des Wachstums allerdings nicht mehr als so dramatisch anzusehen, da zu diesem Zeitpunkt ein Großteil des Wachstums bereits abgeschlossen ist.

5.2.3 Aufnahme Rohprotein

In Tabelle 70 sind die Aufnahmen an Rohprotein und verdaulichem Rohprotein im Vergleich zwischen den Gruppen und den Daten von MACK (2007) dargestellt. Vergleicht man die Daten mit den Empfehlungen der GFE (1994) für ein zu erwartendes Endgewicht von 500 kg, nach denen die Fohlen im Alter von sechs bis zwölf Monaten zwischen 485 g und 540 g verdauliches Rohprotein aufnehmen sollten, wird deutlich, dass die Gruppen HAF und AS, abgesehen von der Weideperiode diese Proteinmengen nicht erhalten haben. Da die Fohlen ein Endgewicht von etwas über 500 kg erreicht haben, kann sogar von einem noch etwas höheren Bedarfswert von bis zu 610 g und 680 g bei einem Endgewicht von 600 kg (nach GFE, 1994) ausgegangen werden. Die SOJ Gruppe erhielt eine Proteinmenge, die die Vorgaben der GFE (1994) übersteigt. In der Weideperiode erhielten die Fohlen aller Gruppen mehr Protein als die Bedarfsempfehlungen vorgeben.

Vergleicht man die Rohproteinaufnahmen mit den amerikanischen Vorgaben des NRC (2007) hätten die Fohlen bei einem Endgewicht von 500 kg zwischen 676 g und 846 g Rohprotein aufnehmen müssen und bei einem erwarteten Endgewicht von 600 kg zwischen 811 g und 1015 g. Da die Fohlen dieser Studie ein Endgewicht zwischen 500 kg und 600 kg erreicht haben, kann man diese Werte zum Vergleich heranziehen. Das entspricht in etwa den Werten, die die Gruppe SOJ erhalten hat.

Tab. 70: Vergleich der Rohprotein- und der verdaulichen Rohproteinaufnahmen

	Gruppe HAF	Gruppe AS	Gruppe SOJ	MACK (2007)	GFE (1994)	NRC (2007)
Rohprotein g/ d	543-595 (758) [*]	579-637 (782) [*]	891-1001 (990) [*]	745-805 ^{**}	---	676-846 ^{***} 811-1015 ^{****}
verdauliches Rohprotein g/ d	398-439 (635) [*]	427-473 (654) [*]	683-772 (825) [*]	652-704 ^{**}	485-540 ^{***} 610-680 ^{****}	---

* bei zusätzlichem Weidegras und reduziertem Kraftfutterangebot ** im Alter von 6 Monaten

*** erwartetes Endgewicht 500 kg

**** erwartetes Endgewicht 600 kg

5.3 Einfluss des Geschlechtes

In früheren Studien wurde bei den Vollblutfohlen für Körpergewicht- und Körpergröße ein Geschlechtsdimorphismus festgestellt (HINTZ et al., 1979; THOMPSON, 1995; PAGAN et al., 1996). Hengstfohlen waren im Durchschnitt größer und schwerer als Stutfohlen (PAGAN et al., 1996; THOMPSON, 1995; HINTZ et al., 1979). Nach GREEN (1969) ist der Geschlechtsdimorphismus bei Warmblutfohlen stärker ausgeprägt als bei Vollblutfohlen. Diesen Geschlechtsdimorphismus konnte auch BORCHERS (2002) in neueren Untersuchungen bei Warmblütern feststellen. Auch in der vorliegenden Studie ist ein Unterschied zu erkennen, allerdings nur für die Körpergewichtsentwicklung und nicht für die Größenentwicklung. Dieser Effekt ist bei den Stuten nicht signifikant bei der geringen Anzahl der Tiere. Es könnte aber auch sein, dass Hengste zum Muskelansatz mehr Protein benötigen.

Durch die gleichmäßige Verteilung der Stuten auf die einzelnen Gruppen, konnte der Einfluss des Geschlechtes zwischen den verschiedenen Gruppen ausgeschlossen werden. Bei getrennter Betrachtung zwischen Stut- und Hengstfohlen konnte, trotz der geringen Anzahl der Stutfohlen, die Tendenz festgestellt werden, dass die Effekte zwischen den Gruppen bei den Hengstfohlen größer waren. Bei den Hengstfohlen ist der Einfluss der Proteinaufnahme darstellbar. Bei den Stuten ist die Aussage der Studie eingeschränkt, da die Effekte nicht wirklich darzustellen waren. Die Aussagen sind durch die geringe Anzahl der Stutfohlen nicht abgesichert und stellen nur eine Tendenz dar.

5.4 Einflüsse auf die Bewegungsaktivität

Der Drang eines Fohlen sich zu bewegen, ist erst einmal vom Temperament eines jeden Einzeltieres abhängig. Untersuchungen von NICOL (2005) und HOLLAND (1996) haben aber gezeigt, dass auch die Fütterung einen Einfluss auf die Bewegungsaktivität haben kann. Sie untersuchten bei unterschiedlichen Fohlen die Reaktionsfähigkeit und den Bewegungsdrang bei unterschiedlichen Fütterungsstrategien.

Mit der Bewegungsaktivität hängt auch der Aufbau von Muskelmasse zusammen. Es ist zu vermuten, dass Hengste mehr Muskulatur aufbauen, da sie von Natur aus mehr Bewegungsaktivität zeigen, während Stuten eher zu einer Fettauflage neigen. Diesen Zusammenhang beschrieb auch SAASTAMOINEN (1990b).

5.5 Besprechung der Ergebnisse

Für die Beurteilung des Wachstums wurden neben den Messungen der Körpermaße und des Gewichtes, zusätzlich die Blutwerte und der BCS herangezogen.

5.5.1 Gewichtsentwicklung

Die tatsächlich ermittelten Gewichte wurden mit den Gewichten aus den Schätzgleichungen nach MACK (2007) in Abhängigkeit von der Körperlänge verglichen.

Folgende Gleichungen wurden angewendet:

HOIS (2004) : Körperumfang 226-310 cm:

$$KG = -328,665 + 1,665 * BU + 0,809 * KU + 2,364 * RB + 0,500 * HU$$

HOIS (2004): Körperumfang 311-365 cm:

$$KG = -626,435 + 1,413 * KU + 1,763 * BU + 5,998 * RB + 0,745 * HU - 1,081 * FE + 0,628 * BM$$

SCHRAMME/ KIENZLE (2004): Körperumfang >365 cm:

$$KG = -1160 + 2,594 * BM + 1,336 * BU + 1,538 * KU + 6,226 * RB + 1,487 * HU + 13,63 * BCS$$

Aus der Abbildung 23 wird deutlich, dass die tatsächlichen Gewichte und die über die Gleichungen ermittelten Schätzwerte sehr genau miteinander übereinstimmen. Die Abweichungen bis zu einem Körperumfang von 310 cm betragen bei der Schätzgleichung nach HOIS (2004) für diesen Altersabschnitt zwischen 0 kg und 16 kg.

Bei den Fohlen mit einem Körperumfang von bis zu 365 cm ergaben sich Differenzen zwischen tatsächlichem Wert und Schätzwert von 0 kg bis 32 kg. Die Schätzgleichung nach KIENZLE und SCHRAMME (2004) für Fohlen ab einem Körperumfang von über 365 cm zeigte Abweichungen von 3 kg und 21 kg zwischen dem geschätzten und dem tatsächlichen Gewicht. Die Korrelationen zwischen den geschätzten und den gewogenen Gewichten sind in Abbildung 23 dargestellt.

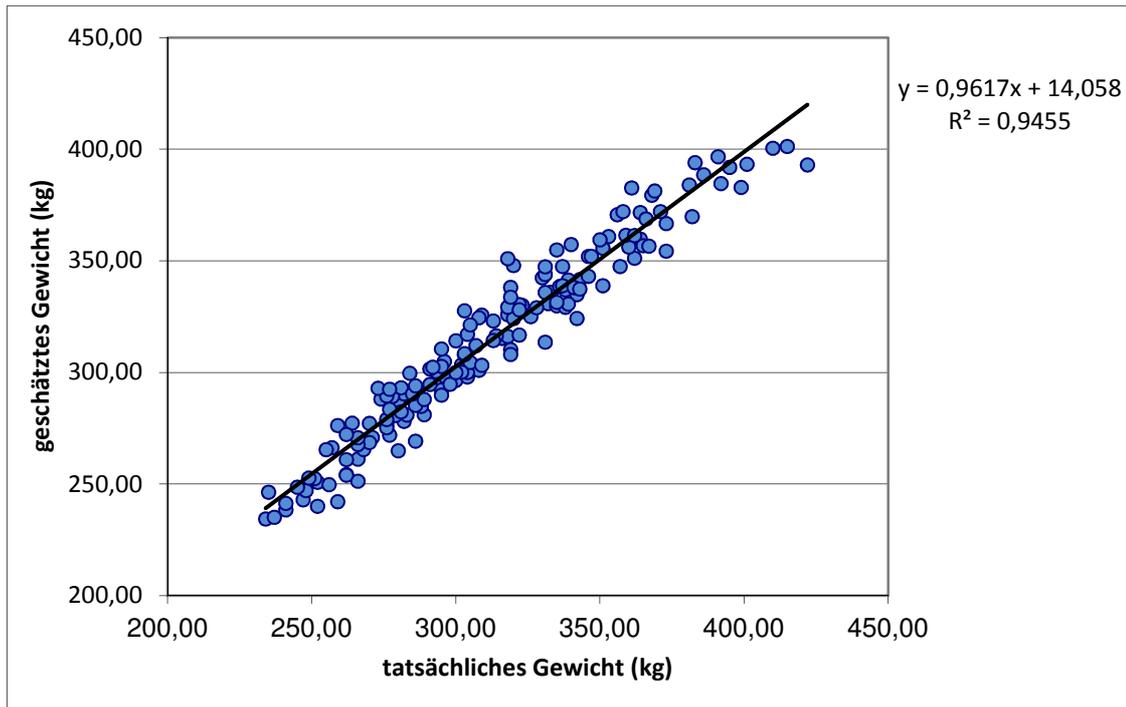


Abb. 23. : Korrelation zwischen geschätztem und tatsächlichem Gewicht

Vergleicht man die tatsächlich ermittelten Werte der vorliegenden Studie mit den Untersuchungen von HOIS (2004) und MACK (2007) fällt auf, dass die Fohlen von MACK (2007), die mehr Energie bekommen haben, im Alter von 190 Tagen schon schwerer waren als die Fohlen dieses Versuches, die in diesem Alter ein ähnliches Gewicht wie die Fohlen von HOIS (2004) aufwiesen. Im weiteren Altersverlauf waren die Fohlen der HAF Gruppe deutlich leichter als die Fohlen der zwei Gruppen von MACK (2007) und auch als die Fohlen von HOIS (2004).

Die Fohlen der Gruppen AS und SOJ folgten ungefähr der Gewichtsentwicklung der Fohlen der Basisgruppe von MACK (2007) und der Fohlen von HOIS (2004) bis zu einem Alter von etwa 275 Tagen. Dies ist ein Zeichen, dass Energie in dem vorliegenden Versuch limitierend war, da die Fohlen der Gruppe SOJ wesentlich mehr Protein erhalten haben und die Fohlen der Gruppe AS mit essentiellen Aminosäuren sehr gut versorgt waren. Hätten die Fohlen dieser beiden Gruppe mehr Energie erhalten, wären sie vermutlich schneller noch schwerer geworden, was nicht den Vorgaben einer moderaten und gesunden Aufzucht entsprechen würde.

Die Fohlen von MACK (2007), denen mehr Energie zugeführt wurde, wuchsen schneller und waren wesentlich schwerer, als die anderen Fohlen im gleichen Alter. Die Fohlen von HOIS (2004) waren ab einem Alter von 275 Tagen ähnlich schwer, was dafür spricht, dass die Fohlen in der Landespferdezucht ab diesem Alter wohl eher mit Energie überversorgt waren.

In der ersten Versuchsphase waren die Fohlen der Gruppe HAF eher untergewichtig und nicht die Fohlen der Gruppen AS und SOJ übergewichtig, was der Vergleich mit den Daten von HOIS (2004) und MACK (2007) verdeutlicht.

Daraus wird deutlich, dass Energie der erste limitierende Faktor für das Wachstum bzw. die Gewichtszunahme ist. Da die Fohlen der Gruppe HAF im Unterschied zu den anderen Fohlen, deutlich leichter waren, kann man davon ausgehen, dass Protein hier einen zusätzlichen limitierenden Faktor für das Wachstum darstellt. Da die Fohlen der HAF Gruppe deutlich leichter waren als alle anderen Fohlen, kann man davon ausgehen, dass das Protein in dieser Arbeit der erstlimitierende Faktor war.

Tab. 71: Vergleichen der Protein-Energie-Verhältnisse der Rationen

	Gruppe HAF	Gruppe AS	Gruppe SOJ	MACK (2007) Basis	MACK (2007) + Energie
Protein- Energie-Verhältnis	6:1	7:1	9:1	9:1	7:1

Stellt man das Protein-Energie-Verhältnis auf, so wird deutlich, dass bei den Fohlen von HOIS (2004) sowie den Fohlen der Gruppen AS und SOJ Energie als limitierender Faktor wirkt.

Bei den Fohlen von MACK (2007) kann die Energie als limitierender Faktor angesehen werden und bei höheren Energieaufnahmen wirkt Protein zusätzlich wachstumslimitierend. Bei MACK (2007) war teilweise Protein limitierend, weil die Fohlen die Energievorgaben nicht aufgenommen haben oder aufgrund der geringen Energiedichte im Grundfutter.

Bei den Fohlen der HAF Gruppe war das Protein der wachstumslimitierende Faktor.

Tab. 72: Vergleich der Gewichtsentwicklung in kg mit den Daten von MACK (2007) und HOIS (2004)

Alter in Lebenstagen	Gruppe HAF	Gruppe AS	Gruppe SOJ	MACK (2007) Basis	MACK (2007) + Energie	HOIS (2004)
< 190	254,5	252,3	260,0	263,2	272,6	260,2
190-214	258,8	269,4	264,5	283,6	291,6	280,9
215-244	265,9	294,9	288,0	305,4	312,9	301,9
245-275	284,3	315,9	310,0	318,1	329,3	322,7
276-305	294,6	333,9	328,2	332,2	347,3	346,7
306-335	302,0	339,4	335,6	353,2	351,8	355,3
336-365	320,0	351,8	366,5	---	---	358,2

5.5.2 Entwicklung der Körpermaße

Die Entwicklung des Stockmaßes verlief bei allen Fohlen gleich. Es gab keine Unterschiede zwischen den Gruppen. Das bedeutet, dass die Proteingehalte der gefütterten Rationen dieser Studie keinen Einfluss auf das Größenwachstum hatten.

In Tabelle 73 sind die Mittelwerte des Stockmaßes in Abhängigkeit vom Alter im Vergleich zu den Daten von MACK (2007) und HOIS (2004) dargestellt. Es wird deutlich, dass die Fohlen im Stockmaß alle ungefähr gleich groß waren. Da die Fohlen alle unterschiedlich gefüttert wurden, kann man sagen, dass die Fütterung keinen Einfluss auf das Größenwachstum hat.

Diesen Zusammenhang bezüglich der Supplementierung von zusätzlicher Energie stellten schon THOMPSON et al. (1988) fest. Zusätzliche Proteingaben scheinen ebenfalls keinen Einfluss auf das Größenwachstum zu haben.

Tab. 73: Vergleich der Entwicklung des Stockmaßes in cm mit den Daten von MACK (2007) und HOIS (2004)

Alter in Lebenstagen	Gruppe HAF	Gruppe AS	Gruppe SOJ	MACK (2007) Basis	MACK (2007) + Energie	HOIS (2004)
< 190	138,8	137,4	139,7	137,2	137,5	137,9
190-214	139,3	139,2	141,3	139,1	139,3	139,8
215-244	141,0	142,3	141,4	141,7	141,6	142,5
245-275	143,2	145,5	147,5	143,4	144,1	142,6
276-305	145,2	146,9	148,3	144,6	146,0	146,3
306-335	145,1	148,8	148,6	147,2	147,4	147,0
336-365	147,6	148,9	152,7	---	---	149,5
> 365	149,1	154,6	153,3	---	---	---

Bei der Entwicklung des Bandmaßes gab es ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen. Die Proteingehalte der Rationen wirken sich also in diesem Fall auch nicht auf das Bandmaß aus. Das zeigt sich auch bei den errechneten Differenzen zwischen Stockmaß und Bandmaß. Diese sind ebenfalls zu keinem Zeitpunkt signifikant. Im Vergleich zur Studie von MACK (2007) gibt es keine Unterschiede. Die Fohlen von HOIS (2004) hatten dagegen ein größeres Bandmaß. Da diese Fohlen aber nicht größer waren, müssen sie dicker gewesen sein, was sich auch durch die hohen Gewichte erklärt. Da es sich bei diesen Untersuchungen um eine Studie handelt, die normale Praxisbedingungen wiedergibt, kann von tendenziell überversorgten Fohlen in der Warmblutzucht ausgegangen werden.

Tab. 74: Vergleich der Entwicklung des Bandmaßes in cm mit den Daten von MACK (2007) und HOIS (2004)

Alter in Lebenstagen	Gruppe HAF	Gruppe AS	Gruppe SOJ	MACK (2007) Basis	MACK (2007) + Energie	HOIS (2004)
< 190	143,50	146,00	148,33	146,28	146,10	145
190-214	146,00	147,29	149,00	148,36	147,91	150,9
215-244	148,63	149,13	148,63	151,07	151,13	155,1
245-275	149,80	153,18	153,20	153,08	153,75	160,9
276-305	151,75	154,75	155,11	154,57	155,68	161,2
306-335	152,75	156,13	156,57	157,00	156,56	162,3
336-365	154,50	156,00	159,20	--	--	162,3
> 365	153,63	161,86	160,33	--	--	---

Bei der Körperlänge sind jedoch signifikante Unterschiede aufgetreten. Die Fohlen der HAF Gruppe waren tendenziell kürzer als die Fohlen der Gruppe SOJ. Der Proteingehalt wirkt sich nicht auf das vertikale Wachstum aus, da die Fohlen nicht kleiner geblieben sind. Aber es kann vermutet werden, dass bei einer weit ausreichenden Proteinversorgung ein schnelleres Längenwachstum stattfindet, oder umgekehrt betrachtet, dass Fohlen, die eher knapp versorgt werden, im horizontalen Wachstum nicht eingeschränkt sind, aber ihr Längenwachstum langsamer abläuft.

Hier kann spekuliert werden, ob es sich um ein ähnliches eingeschränktes Wachstum der Wirbelsäule handelt, wie es WATERLOW (1973) bei proteinmangelernährten Kinder beschreibt, die aufgrund hier Mängelernährung ein eingeschränktes Größenwachstum aufweisen.

Der Körperumfang macht das noch deutlicher. Hier sind die knapp gehaltenen Fohlen der Gruppe HAF doch deutlich den Fohlen der AS und SOJ Gruppe unterlegen. Dieser Effekt verschwindet jedoch mit zunehmendem Alter und während der Weideperiode. Auch hier kann ein kompensatorisches Wachstum vermutet werden.

Beim Brustumfang gibt es zwischen den Fohlen der einzelnen Gruppen Unterschiede. Durch diese Unterschiede lassen sich die signifikanten Unterschiede in der Gewichtsentwicklung erklären. Die Fohlen waren ja nicht größer, aber schwerer. Zum einen lässt sich diese durch die bereits beschriebene überlegene Körperlänge, zum anderen auch durch den hier deutlich signifikant höheren Brustumfang erklären. Der Rumpf der Fohlen wächst in die Länge und in die Breite. Die Körpergröße wird dadurch nicht beeinflusst.

MACK (2007) konnte einen ähnlichen Effekt bei unterschiedlichen Energiegaben feststellen. Durch höhere Energiegaben konnten nur beim Brustumfang, beim Körperumfang und beim Halsumfang höhere Wachstumsgeschwindigkeiten festgestellt werden. Bezüglich des Halsumfanges konnten die Beobachtungen von MACK (2007) durch die vorliegende Studie bestätigt werden. Die sehr gut versorgten Fohlen konnten einen größeren Halsumfang vorweisen als die eher knapp versorgten Fohlen.

Die Ergebnisse des Röhrbeinumfanges, des Fessel-Ellenbogenmaßes und des Oberarmmuskels zeigten keine signifikanten Unterschiede. Da die Fohlen der Gruppen AS und SOJ länger und schwerer waren, bedeutet das jedoch, dass das Gewicht der Fohlen vom gleichen Fundament getragen werden muss, wie bei den leichteren Fohlen der Gruppe HAF.

Zusätzlich zu den herkömmlichen Körpermessungen wurde an drei definierten Punkten die Hinterhandmuskulatur gemessen. Hier konnten Unterschiede zwischen den knapp versorgten Fohlen der Gruppe HAF und den gut versorgten Fohlen der Gruppen AS und SOJ festgestellt werden. Diese Fohlen hatten eine messbar besser ausgeprägte Muskulatur an der Hinterhand, was aus der Abbildung 24 ersichtlich wird. Unterschiede gab es auch zwischen den Hengst- und den Stutfohlen. Messpunkt 1 der die Kruppenmuskulatur abbilden sollte, war bei den Hengstfohlen besser ausgebildet. Messpunkt 3 war bei den Stuten besser ausgebildet.

Die Unterschiede zwischen den Gruppen deuten auf eine bessere Muskelausbildung bei höherer Protein- bzw. Aminosäurezufuhr hin. Die Unterschiede zwischen Hengst- und Stutfohlen können mit dem unterschiedlichen Bewegungsdrang der Geschlechter zusammenhängen. Hengstfohlen toben und spielen mehr als Stutfohlen, wodurch sich die Kruppenmuskulatur besser ausbilden kann.



Abb. 24: Vergleich der Hinterhandmuskulatur zwischen Fohlen der Gruppen HAF und SOJ

5.5.3 Body-Condition Score

Die Abbildung 25 zeigt den Gesamt-BCS der Fohlen der Gruppen HAF, AS und SOJ im Vergleich zu den von HOIS (2004) und MACK (2007) ermittelten Werten. Dabei fällt auf, dass die von MACK (2004) ermittelten durchschnittlichen Gesamt-BCS Werte bei beiden Gruppen deutlich höher liegen als der Gesamt-BCS der Fohlen der vorliegenden Studie. Auch die Werte des Gesamt-BCS von HOIS (2007) liegen deutlich über den eigenen Werten. Die niedrigeren BCS-Werte sind ein deutlicher Hinweis darauf, dass die Versorgung mit Energie knapp war.

Es fällt auf, dass der Wert der HAF Gruppe relativ konstant unter 4 verläuft, was dafür spricht, dass die Fohlen die zugeführte Energie in das Größen- und Längenwachstum investieren, ohne Reserven in Form von Fettauflagen zu bilden. Bei den Gruppen AS und SOJ steigen die Gesamt-BCS Werte über die gesamte Zeit an, wobei der Anstieg zum Versuchsende sehr deutlich wird, was dafür spricht, dass die Fohlen ab einem Alter von etwa 300 Tagen so versorgt waren, dass sie gewisse Fettreserven bilden konnten. Dies geschieht bei Gruppe SOJ deutlicher als bei Gruppe AS.

Es ist zu beachten, dass bei BCS Werten unter 5 die besser ausgeprägt Muskulatur ebenfalls mit zum Score dazu zählt.

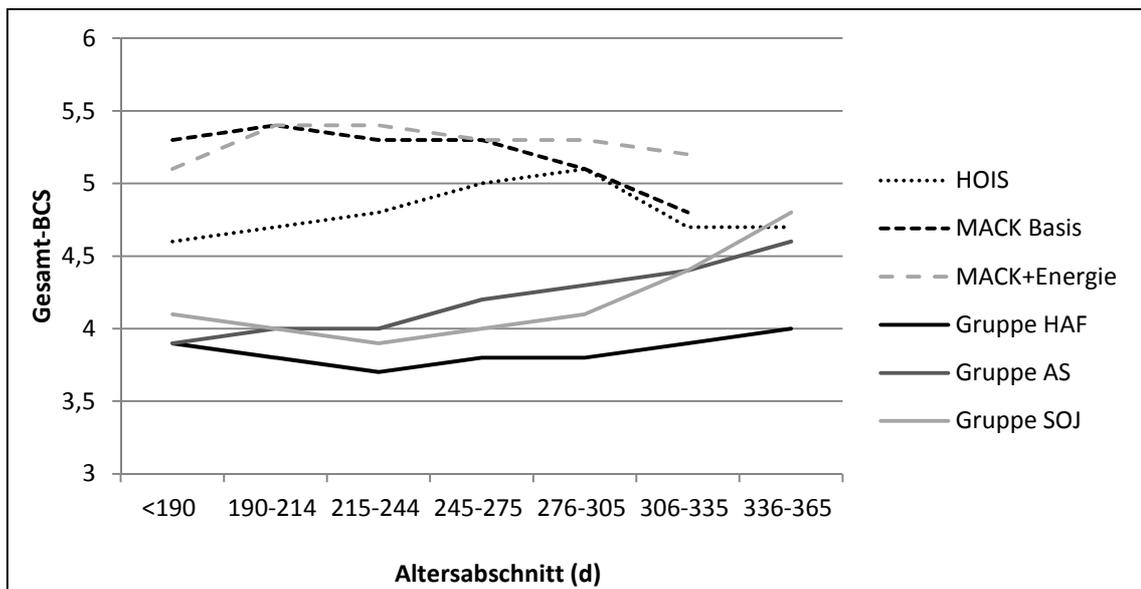


Abb. 25: Gesamt-BCS im Literaturvergleich

5.5.4 Hufhornwachstum

Das Hufhornwachstum kann nach PRIETZ (1985) durch die Fütterung erheblich beeinflusst werden. Diese Aussage kann mit der vorliegenden Studie nicht bestätigt werden. Zwischen den Gruppen konnte kein signifikanter Unterschied im Hornwachstum gefunden werden.

Nach MEYER et al. (2002) kann es bei einem Proteinmangel und bei einem Mangel an schwefelhaltigen Aminosäuren (Cystein und Methionin) zu einem verzögerten Wachstum des Hufhornes kommen. Auch dieser Sachverhalt konnte in der Studie nicht nachgewiesen werden. Das kann daran liegen, dass kein wirklicher Proteinmangel bei der HAF Gruppe vorlag und sich dieser Effekt erst bei erheblichen Mangelsituationen zeigt.

Auch MACK (2007) konnte bei ihren Untersuchungen keinen Einfluss unterschiedlicher Energiegehalte in der Ration auf das Hufhornwachstum feststellen.

Das Geschlecht scheint nach BUTLER und HINTZ (1977) sowie nach RICHTER (1990) ebenfalls keinen Einfluss auf das Wachstum des Hufhornes zu haben. In der vorliegenden Untersuchung zeigte sich jedoch ein signifikanter Unterschied zwischen den Hengst- und den Stutfohlen. Dieser kann zum einen mit den unterschiedlichen Bodenverhältnissen der zwei Standorte der Aufzucht zusammenhängen, zum anderen kann sich die gesteigerte Bewegungsaktivität der Hengstfohlen positiv auf das Hornwachstum auswirken. Aufgrund der geringen Stutenanzahl kann allerdings keine statistisch abgesicherte Aussage getroffen werden.

5.5.5 Haarmenge

Nach SCHLUPP (2003) ist das Haarwachstum stark von der Ernährung des Pferdes abhängig. Da die Keratinisierung von Haut und Haaren ca. 25 % des täglichen Proteinbedarfs eines Säugetieres ausmacht (MÜLLER, 1989; SCOTT, 1988), hat folglich auch eine länger andauernde Mangelernährung, sei es aus Krankheitsgründen oder aus mangelhafter Fütterung, einen Einfluss auf Wachstum, Aufbau und Zusammensetzung der Haare (LEWIS, 1995; SCOTT, 1988).

Dass sich der Proteingehalt der Fütterung auf das Haarwachstum auswirken kann, konnte auch in der vorliegenden Studie gezeigt werden. Bei der Gewichtsbestimmung der Haarmenge einer definierten Stelle auf der Kruppe der Fohlen zeigten sich signifikante Unterschiede. Das Fell der Fohlen aus der Gruppe HAF war signifikant leichter als das Fell der Fohlen der anderen beiden Gruppen.

Es ist bekannt, dass beim Cushing-Syndrom, bei dem es unter anderem zu einem extremen Fellwuchs kommt, hohe Cortisolwerte eine Rolle spielen. Das Cushing-Syndrom wird durch eine lang anhaltende und extreme Bildung des Hormons Cortisol hervorgerufen. Durch das Cortisol kommt es zu einem Anstieg des Blutzuckerspiegels, verursacht durch die Umwandlung von Glycogen und den Umbau von Fett und Protein in Glukose. Cortisol ist weiterhin ein Insulinantagonist. Zur Aufrechterhaltung des Blutzuckerspiegels wird mehr Insulin freigesetzt, was zur Minderung der Blutglukosewerte durch die Verwertung der Glukose im Gewebe und zur vermehrten Fettsynthese führt. Dieser verstärkte katabole Effekt von Cortisol an Protein, bewirkt eine Abnahme der Muskelmasse durch den Abbau des Muskelproteins und es kann zu einer Schädigung der Knochen und Haut kommen (MARTIN, 2010).

Bei den Fohlen der Gruppe HAF waren die Blutglukosewerte nicht auffällig hoch, aber es konnte eine höhere Tendenz im Vergleich zu den anderen beiden Gruppen festgestellt werden. Die geringen Fellgewichte könnten deshalb auf eine Proteinunterversorgung hinweisen.

Die unterschiedlich hohen Fellgewichte könnten zum einen damit zusammenhängen, dass die Fohlen der SOJ und AS Gruppe aufgrund der höheren Aminosäureaufnahme ein dichteres Fell bekommen haben.

Eine andere mögliche Erklärung wäre, dass die Fohlen der HAF Gruppe durch den höheren Blutglukosespiegel und die höheren Insulinwerte ein kürzeres, glattes Fell hatten. Da die Unterschiede auch zwischen den Gruppen AS und HAF auftraten, obwohl sie die gleiche Proteinmenge gefressen haben spricht dies dafür, dass durch die zugeführten Aminosäuren die Proteinverwertung ansteigen könnte und so keine Mangelsituation auftritt.

Wenn Fohlen an der Untergrenze der Proteinversorgung sind, könnte es zu einer geringgradigen Insulinresistenz kommen, was zu einem erhöhten Blutzuckerspiegel führen kann. Die signifikanten Unterschiede zwischen der HAF und der AS Gruppe deuten darauf hin, dass Protein hier einen Effekt hat, sonst wären die Unterschiede bei diesen beiden Gruppen nicht aufgetreten.

5.5.6 Klinische Chemie

5.5.6.1 Plasmaharnstoff

Parallel zum Versuch wurden die Plasmaharnstoffwerte analysiert. Die Plasmaharnstoffgehalte in Abhängigkeit der Proteinaufnahme zeigt Abbildung 26. Die Fohlen der HAF Gruppe hatten die niedrigsten Plasmaharnstoffwerte aufgrund der geringen Proteinzufuhr. Beim letzten Entnahmeterrain waren die Fohlen bereits einige Zeit auf der Weide, was sich aufgrund der gesteigerten Proteinaufnahme deutlich im Plasmaharnstoffgehalt widerspiegelt. Plasmaharnstoffwerte zwischen 20 und 35 mg/ dl sind normal. Es gab während der Untersuchung keine Werte unter 20 mg/ dl, was dafür spricht, dass keine wirkliche Unterversorgung aufgetreten ist. Während der Weideperiode und bei den Fohlen der Gruppe SOJ sind Plasmaharnstoffwerte über 46 mg/ dl aufgetreten was eine deutliche Überversorgung vermuten lässt.

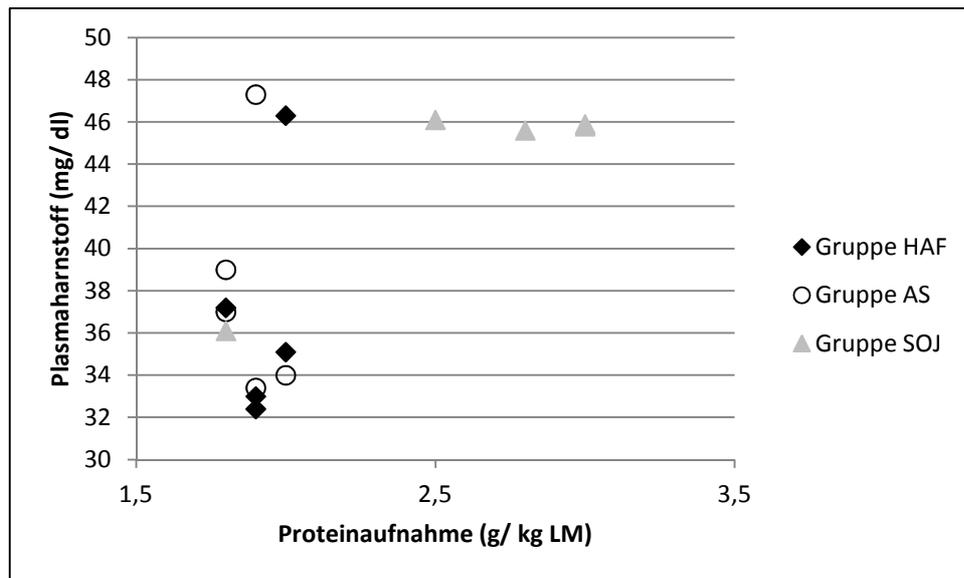


Abb. 26: Abhängigkeit der Plasmaharnstoffwerte von der Proteinzufuhr in g/ kg Lebendmasse

5.5.6.2 Serumchemie

Die Werte der Aspartat-Amino-Transferase zeigen keine Unterschiede zwischen den Gruppen. Die Fütterung von Rationen mit unterschiedlichen Proteingehalten hat auf diese Werte keinen Einfluss.

Die Albumingehalte im Blut können Auskunft über die Proteinversorgung geben. Bei den Werten des Albumins waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen festzustellen. Aus der Abbildung 16 (Seite 87) wird jedoch deutlich, dass im Laufe des Versuches die Tendenz einer Unterversorgung bei Fohlen der Gruppe HAF festzustellen war. Diese Tendenz konnte aber statistisch nicht abgesichert werden.

Die Werte der Kreatinkinase, der Gamma-Glutamyl-Transferase und der Glutamat-Dehydrogenase lassen keinen Einfluss der Fütterung auf die Gehalte im Plasma der Fohlen feststellen.

Auch bei der Glukose konnten keine signifikanten Effekte dargestellt werden. Eine Tendenz der Fohlen der Gruppe HAF zu höheren Blutglukosewerten ist allerdings feststellbar.

Der Gesamtproteingehalt im Serum kann Hinweise auf die Proteinversorgung geben. Werte unter 55 g/l sind ein Zeichen für eine Proteinmangelsituation. Die im Serum der Fohlen dieses Versuches festgestellten Gesamtproteinwerte wiesen in keiner Gruppe und zu keinem Zeitpunkt Werte unter 55g/l auf. Dies ist die Bestätigung dafür, dass keine absolute Mangelsituation bei den Fohlen der Gruppe HAF aufgetreten ist.

Der Gehalt an freien Fettsäuren lässt sich durch die Fütterung unterschiedlicher Proteingehalte in der Ration nicht beeinflussen. Es gab zu keiner Zeit Unterschiede zwischen den Gruppen.

5.5.6.3 Aminosäuren

Zur genaueren Betrachtung der Aminosäuregehalte wurden die Abweichungen zwischen den präprandialen Werten und den postprandialen Werten ermittelt. Je geringer die Zunahme der Werte nach der Fütterung im Verhältnis zu den Werten vor der Fütterung ist, desto eher kann davon ausgegangen werden, dass die jeweilige Aminosäure limitierend wirken kann. Dieser Sachverhalt wird besonders offensichtlich bei deutlicher Nüchterung der Fohlen und bei einer Aufnahme von großen Futtermengen. Dies war in der vorliegenden Studie nicht der Fall, dennoch lassen sich vorsichtige Aussagen über die Aminosäuregehalte im Serum treffen.

Die folgenden Abbildungen (27-32) zeigen die prozentualen Abweichungen der essentiellen Aminosäuren, sowie zusätzlich der nicht essentiellen Aminosäuren Cystein, Phosphoserin und Citrullin.

Bei der Darstellung der Threoninwerte (Abb. 27) wird deutlich, dass Threonin bei den Gruppen AS und SOJ nach der Fütterung im Serum erhöht zu finden ist. Es kann also davon ausgegangen werden, dass diese Aminosäure hier nicht limitierend gewirkt hat. Bei der Gruppe HAF sind die prozentualen Abweichungen geringer und sie gehen im Versuchsverlauf weiter zurück. Dies lässt vermuten, dass die Fohlen der Gruppe HAF einen Bedarf an Threonin hatten. Im weiteren Versuchsverlauf wäre dies eventuell noch deutlicher geworden. Hierzu liegen jedoch keine Daten vor.

Man könnte spekulieren, dass die Fohlen zum späteren Zeitpunkt einen höheren Bedarf hatten als am Anfang. Dies könnte z.B. mit einem höheren Wachstum in dieser Phase zusammenhängen.

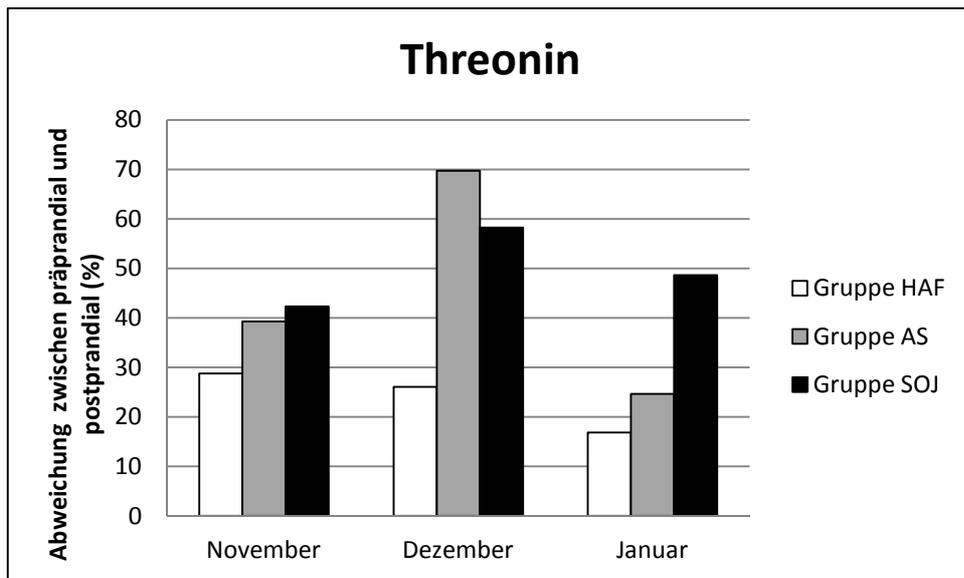


Abb. 27: Abweichungen in % zwischen den prä- und postprandialen Werten von Threonin im Serum

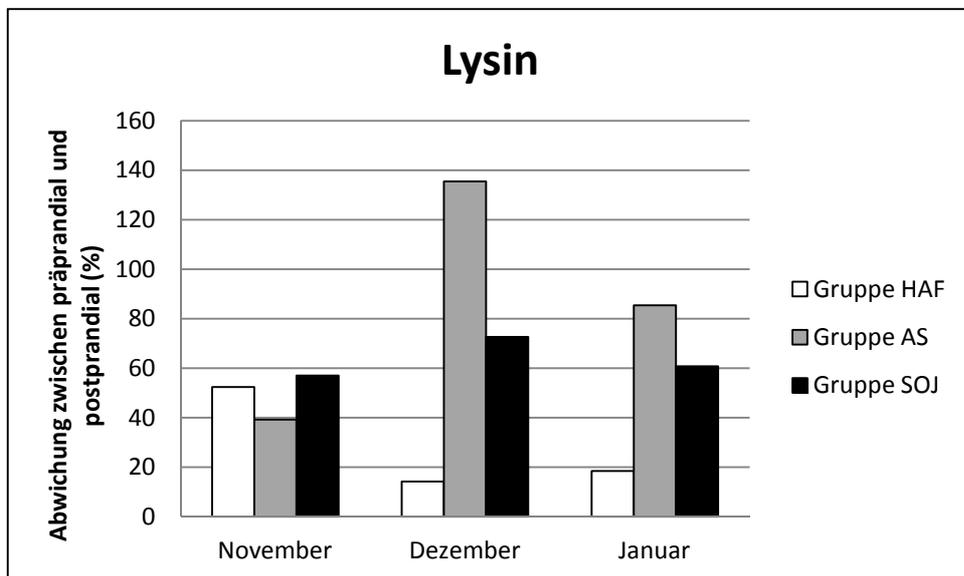


Abb. 28: Abweichungen in % zwischen den prä- und postprandialen Werten von Lysin im Serum

Die Abbildung 28 zeigt die Veränderungen der Gehalte des Lysins im Serum der Fohlen. Wieder wird deutlich, dass die Werte im Serum der Fohlen der Gruppen AS und SOJ nach der Fütterung ansteigen. Der Organismus der Fohlen hat also keinen extremen Bedarf an dieser Aminosäure. Die Serumgehalte des Lysins gehen bei den Fohlen der Gruppe HAF während des Versuchsverlaufes zurück, so dass hier ähnlich wie beim Threonin davon ausgegangen werden kann, dass Lysin limitierend wirken kann.

Beim Methionin sind die Ergebnisse ähnlich wie bei Threonin und Lysin. Jedoch sind die Werte nach der Futteraufnahme um ein Vielfaches höher, was die Vermutung zulässt, dass Methionin nicht limitierend gewirkt hat.

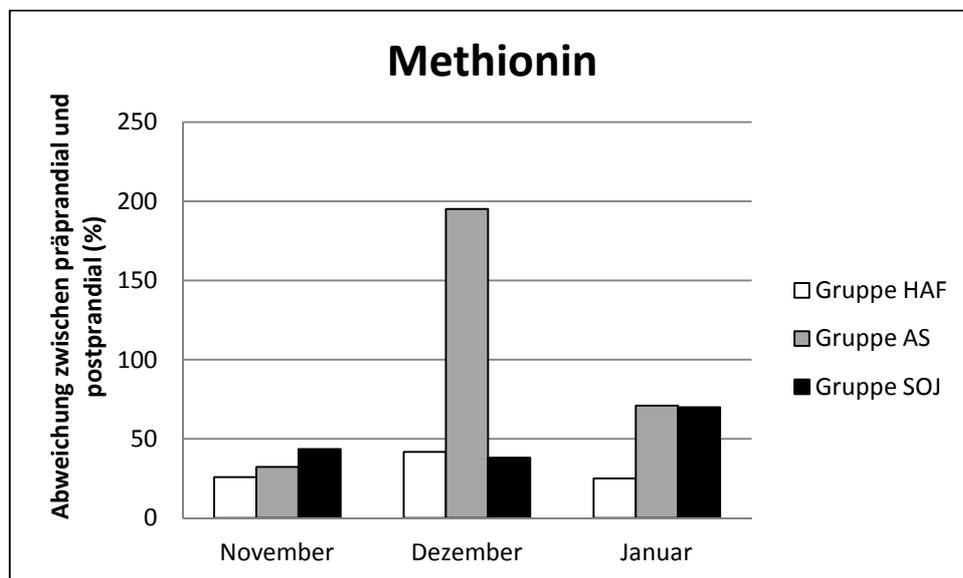


Abb. 29: Abweichungen in % zwischen den prä- und postprandialen Werten von Methionin im Serum

Bei den Konzentrationen der nicht essentiellen Aminosäure Cystein fällt auf, dass vor allem bei den Gruppen HAF und SOJ die Werte nach der Fütterung niedriger sind als vor der Futteraufnahme. Am deutlichsten ist dieser Effekt bei den Fohlen der Gruppe SOJ zu beobachten, die über das Futter am wenigsten mit Cystein versorgt wurden. In der Literatur wird beschrieben, dass die Bildung von Cystein aus Serin mit dem Abbau von Methionin verknüpft ist. Da Methionin anscheinend bei allen Gruppen ausreichend zur Verfügung stand, ist diese Verbindung hier nicht herstellbar. Es besteht die Möglichkeit, dass Cystein konditionell essentiell sein kann.

Dies könnte beispielsweise auftreten, wenn die Serinversorgung knapp ist. Es könnte aber auch möglich sein, dass Methionin sehr langsam abgebaut wird. In diesen Fällen könnte Cystein konditionell essentiell wirken.

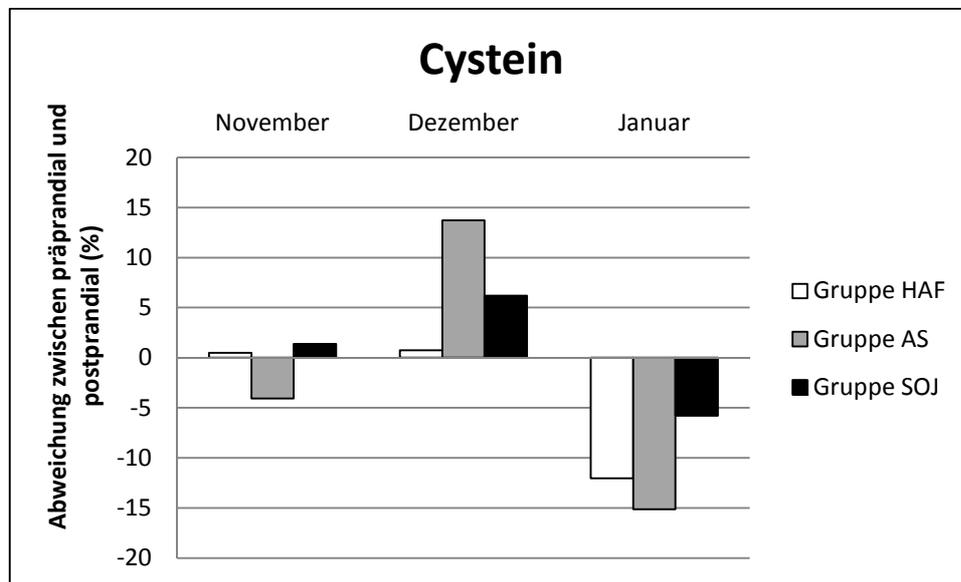


Abb. 30: Abweichungen in % zwischen den prä- und postprandialen Werten von Cystein im Serum

Bei den nicht essentiellen Aminosäuren Phosphoserin und Citrullin zeigten sich ebenfalls Effekte zwischen den Werten vor und nach der Fütterung. So sind bei diesen beiden Aminosäuren die Werte nach der Fütterung zum Teil auch niedriger als zuvor. Jedoch ist zu beachten, dass Citrullin keine proteinogene Aminosäure ist, sondern dass es sich hierbei um ein Metabolit des Harnstoffzyklus handelt.

Die postprandialen Zunahmen lassen sich bei den Gruppe AS und SOJ über die Zunahme des Harnstoffs im Stoffwechsel erklären. Die geringeren Proteinaufnahmen der Fohlen der Gruppe HAF könnten die niedrigeren postprandialen Werte im Serum dieser Fohlen erklären.

Die fallenden Werte bei den Fohlen der Gruppen AS und SOJ im Januar könnten damit zusammenhängen, dass die Fohlen in diesem Zeitraum das Protein gut angesetzt haben und es in dieser Zeit einen intensiven Muskelansatz gab.

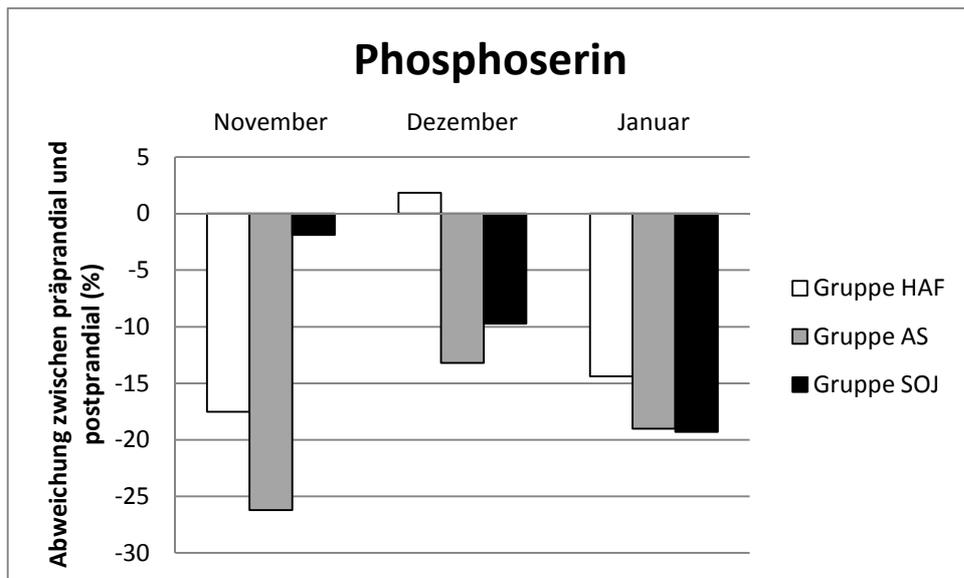


Abb.31: Abweichungen in % zwischen den prä- und postprandialen Werten von Phosphoserin im Serum

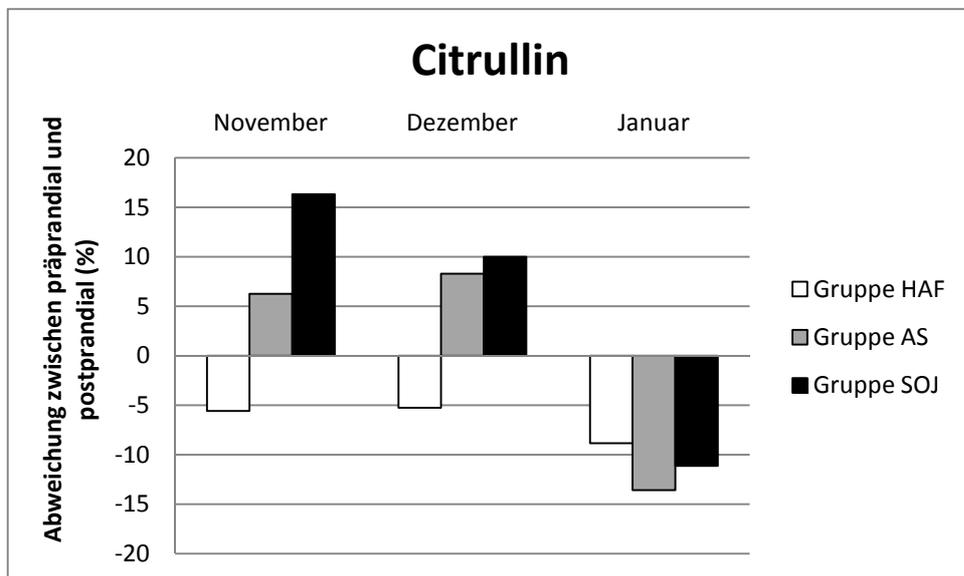


Abb.32: Abweichungen in % zwischen den prä- und postprandialen Werten von Citrullin im Serum

5.5.7 Beeinflussung der biochemischen Knochenmarker

5.5.7.1 Einfluss des Geschlechts

LEPAGE et al. (1998) und PRICE et al. (2001) sowie WINKELSETT (2003) konnten in ihren Untersuchungen keine Zusammenhänge zwischen der Konzentration der biochemischen Knochenmarker und dem Geschlecht der untersuchten Pferde feststellen. In der vorliegenden Studie konnte ebenfalls kein Einfluss des Geschlechts der Tiere auf die Konzentration der Knochenmarker Osteocalcin und der Crosslaps festgestellt werden.

5.5.7.2 Einfluss der Fütterung

In den Arbeiten von BORCHERS (2002) und GRANEL (2002) wurde u.a. die Fütterung der Fohlen im Hinblick auf die Energie- und Proteinversorgung der Tiere untersucht. Bei der Versorgung der Fohlen mit Energie und Protein traten während der Untersuchungsperiode keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Fütterung und dem Auftreten von OCD auf.

Die OCD wird häufig mit einem schnellen Wachstum und großrahmigen Pferden in Verbindung gebracht. In der Arbeit von BORCHERS (2002) gab es keine signifikanten Zusammenhänge zwischen erkrankten und gesunden Fohlen und der Entwicklung des Körpergewichts und der Körpergröße.

JELAN et al. (1996) konnten in einer früheren Studie ebenfalls keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Körpergewichts- und der Körpergrößenentwicklung bei Vollblutfohlen und dem Vorkommen von Knochenerkrankungen erkennen.

Es gibt nach BORCHERS (2002) mehrere Erklärungsansätze, ob und wie eine energie- und proteinreiche Fütterung zu Störungen beim Knochenwachstum führen kann. Beispielsweise stellte RALSTON (1996) fest, dass energiereiches Futter in Form von stärkereichen Rationen bei OCD positiven Pferden zu einer Hyperglykämie/Hyperinsulinämie führt.

PAGAN et al. (2001) stellten mit Hilfe eines Glukose-Toleranz-Testes fest, dass OCD positive Fohlen zwei Stunden nach der Aufnahme einer kohlenhydratreichen Ration einen signifikant höheren Plasmaglukose- und Insulinspiegel aufweisen als nicht an OCD erkrankte Fohlen.

DÄMMERICH (1985) stellte hingegen fest, dass eine übermäßige Energie- und Proteinzufuhr über das Futter das Skelettwachstum und die Muskelentwicklung fördert, was bei noch nicht belastungsfähigen Knochen negative Veränderungen hervorrufen kann.

Ein Einfluss der Fütterung auf den Knochenmarker Osteocalcin konnte in der vorliegenden Studie festgestellt werden. Die Fohlen der Gruppe AS hatten einen höheren Osteocalcingehalt im Serum, was für eine höhere Osteoblastenfunktion spricht und dies wiederum für hohe Knochenaufbauaktivitäten. Die Fohlen der Gruppe SOJ hatten hingegen eher niedrigere Osteocalcinwerte. Die Osteocalcinwerte der HAF Gruppe unterlagen großen Schwankungen.

Betrachtet man die Serumwerte der Crosslaps, fällt auf, dass die Serumwerte der Fohlen der AS Gruppe ebenfalls höher sind als die Werte der Fohlen der Gruppen HAF und SOJ. Hieraus wird deutlich, dass bei den Fohlen der Gruppe AS intensive Knochenumbauprozesse ablaufen. Bei den Fohlen der Gruppe SOJ ist der Knochenumbau weniger intensiv.

Die Fohlen der AS Gruppe hatten gute Werte im Knochenaufbau, aber auch im Knochenabbau. Die Fohlen der Gruppe SOJ hatten insgesamt einen verlangsamten Knochenaufbau und einen verlangsamten Abbau. Bei den Fohlen der Gruppe HAF konnte ein verlangsamter Knochenaufbau festgestellt werden, der mit einer schlechteren Proteinversorgung zusammenhängen könnte. Die Ursache könnte eine damit verbundene geringgradige Insulinresistenz sein

VI. SCHLUSSFOLGERUNG

Das Ziel der vorliegenden Studie war, den Bedarf von Protein und Aminosäuren zu untersuchen und eventuell diesen neu zu ermitteln, beziehungsweise die bestehenden Bedarfsempfehlungen an den tatsächlichen Bedarf anzupassen.

Die Ergebnisse aus dem Größenwachstum zeigen, dass die Proteinaufnahmen keinen Einfluss auf die Größe der Fohlen haben.

Bezüglich des Hornwachstums konnten ebenfalls keine Einflüsse von höheren Proteingaben oder zusätzlich supplementierten Aminosäuren festgestellt werden.

Die Ergebnisse der Gewichtsentwicklung zeigen, dass die durch die GFE (1994) empfohlenen Proteinmengen nicht benötigt werden, um Fohlen gesund und moderat aufzuziehen. Eine Gabe von täglich 610 g bis 680 g an verdaulichem Rohprotein, wie sie von der GFE (1994) empfohlen wird, haben die Fohlen der Gruppe HAF und AS nicht erhalten.

Die Ergebnisse der Untersuchung haben gezeigt, dass die Gruppe HAF eventuell einen subklinischen Mangel aufweisen könnte. Die Fohlen der Gruppe AS zeigten bei ähnlichen Proteinwerten wie die Gruppe HAF keinerlei Anzeichen für eine Mangelernährung.

Dies ist ein Zeichen dafür, dass der Zusatz von den essentiellen Aminosäuren Lysin, Threonin und Methionin in Verbindung mit Cystein, die Verwertung von Protein erhöhen kann. Die zugesetzten Aminosäuren waren in diesem Versuch aber eventuell zu hoch bemessen, da Lysin und Threonin, aber auch Methionin in relativ hohen Mengen im Blutserum der betreffenden Fohlen angereichert wurden.

Die Ergebnisse der Gewichtsentwicklung der mit zusätzlichem Sojaextraktionsschrot gefütterten Fohlen zeigen, dass die Fohlen doch relativ schnell an Gewicht zugelegt haben. Die Ergebnisse des Knochenturnovers zeigen zusätzlich, dass eine hohe Proteinversorgung in Anlehnung an die Empfehlungen des NRC (2007), wie sie bei der Gruppe SOJ eingesetzt wurde, ein besonderes Risiko im Bezug auf krankhafte Veränderungen bergen kann, da hier die ungünstige Knochenumbauraten festgestellt werden konnten. Hohe Plasmaharnstoffwerte sind ebenfalls ein Zeichen für eine Überversorgung mit Protein.

Proteingaben in der Höhe der amerikanischen Empfehlungen des NRC (2007) in Höhe von 676 g und 846 g bei 500 kg Endgewicht bzw. 811 g und 1015 g bei einem Endgewicht von 600 kg können nach den Ergebnissen des Wachstums der Fohlen der Gruppe SOJ dieser Studie nicht empfohlen werden.

Der tatsächliche Bedarf an Rohprotein für Warmblutfohlen mit einem Endgewicht um 550 kg liegt vermutlich zwischen diesen Werten. Die genauen Bedarfswerte sind wahrscheinlich auch von der Proteinqualität abhängig. Voraussichtlich sind Gaben zwischen 570 g und 680 g Rohprotein bzw. zwischen 430 g und 470 g verdauliches Rohprotein, mit einer Ergänzung der essentiellen Aminosäuren im Alter von sechs bis zwölf Monaten ausreichend, um die Fohlen bedarfsgerecht und gesund aufzuziehen. Die Fohlen der Gruppe AS zeigen, dass diese Mengen der täglichen Proteinzufuhr ausreichend sind, um gleichmäßig und gesund zu wachsen und eventuellen Wachstumsschüben durch kompensatorisches Wachstum vorzubeugen. Wie hoch der tatsächliche Bedarf an essentiellen Aminosäuren ist, kann nach den Ergebnissen dieser Studie nur vermutet werden. Die Ergebnisse der Serumanalysen haben gezeigt, dass der tägliche Bedarf von Lysin über 24 g und unter 42 g liegen muss. Der Threoninbedarf liegt vermutlich zwischen 21 g und 38 g pro Tag. Methionin und Cystein wurde bei der Fütterung gemeinsam betrachtet, wobei Methionin ausreichend und Cystein eher unzureichend supplementiert wurden. Eine Aussage zum tatsächlichen Bedarf kann so nur schwer getroffen werden.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung weisen darauf hin, dass nicht nur die gefressene Proteinmenge entscheiden ist, sondern auch die Qualität des Proteins eine Rolle spielt. Die Qualität ist also wichtiger wie die Quantität. Hierzu sind noch genauere Untersuchungen nötig.

VII. ZUSAMMENFASSUNG

Carina Nadja Krumbiegel: Studie zum Protein- und Aminosäurenbedarf bei Warmblutfohlen

In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss unterschiedlicher Protein- und Aminosäuregehalte in der Ration auf das Wachstum und die Entwicklung von Warmblutfohlen untersucht. Hierfür wurden 28 Fohlen nach dem Absetzen im Alter zwischen 5 und 9 Monaten (19 Hengstfohlen und 9 Stutfohlen) in drei Gruppen aufgeteilt. Eine Gruppe (HAF) erhielt eine praxisübliche Ration auf der Basis von Heu und Hafer. Die zweite Gruppe (AS) wurde mit einer Ration gefüttert, der die Aminosäuren Lysin, Threonin, Methionin und Cystein nach den Empfehlungen des NRC (2007) zugesetzt waren. Die dritte Gruppe (SOJ) wurde mit einer Ration gefüttert, die als zusätzliche Proteinquelle Sojaextraktionsschrot enthielt.

Über einen Zeitraum von neun Monaten wurden in vier- bis sechswöchigen Abständen das Körpergewicht, sowie einige Parameter des Wachstums wie das Stockmaß (STM) und der Body-Condition Score (BCS) erfasst.

Im Verlaufe des Versuchs wurden fünf Mal Plasmaharnstoff, Glukose (GLU) und Albumin (ALB) sowie einige weitere Parameter untersucht. Zusätzlich wurden die Proben hinsichtlich der Aminosäurenkonzentration und der Konzentration der Knochenmarker Osteocalcin (OC) und Crosslaps (CL) analysiert.

Die Proteinaufnahmen der Gruppen (HAF) und (AS) lagen deutlich unter den Empfehlungen der GFE (1994). Die Proteinaufnahme der Gruppe (SOJ) entsprach den Empfehlungen des NRC (2007). Während der gesamten Versuchszeit waren alle Fohlen klinisch gesund. Die Ergebnisse der Knochenmarker zeigen, dass sich hohe Proteingaben ungünstig auf das Verhältnis der Marker zueinander auswirken können (Tab. I). Die Plasmaharnstoffwerte lagen bei den Gruppen HAF und AS im Normbereich (Tab. I). Bei der Gruppe SOJ waren sie im oberen Normalbereich.

Das Größenwachstum wurde von den Proteingaben nicht beeinflusst (Tab. II). Die Fohlen der Gruppe (HAF) blieben in der Gewichtsentwicklung deutlich hinter den Fohlen der Gruppen (AS) und (SOJ) zurück, kompensierten diesen Rückstand allerdings bei gesteigerten Proteinaufnahmen in der anschließenden Weideperiode.

Tab. I: Energie-, Protein-, und Aminosäureaufnahme, Plasmaharnstoffwerte, Knochenmarker

	HAF	AS	SOJ
RP g/ d	543-595	579-637	891-1001
vRP g/ d	398-439	427-473	683-772
MJ DE/ d	63-86	63-86	67-88
MJ ME/ d	56-75	56-75	57-76
LYS g/ d	24-26	42-47	48-54
THR g/ d	21-23	38-42	35-39
MET+ CYS g/ d	19-21	31-35	16-17
Plasmaharnstoff mg/ dl	32,4-37,17	33,4-39,0	36,1-45,9
Osteocalcin ng/ ml	51-85	59-86	58-78
Crosslaps ng/ ml	0,19-0,39	0,23-0,45	0,23-0,31

Tab. II: Entwicklung des Körpergewichts (KG) und des Stockmaß (STM) sowie der täglicher Zuwachs

Alter in Lebenstagen	KG	KG	KG	STM	STM	STM
	HAF	AS	SOJ	HAF	AS	SOJ
< 190	255 ± 11 ^a	252 ± 24 ^a	260 ± 12 ^a	139 ± 0 ^a	137 ± 3 ^a	140 ± 3 ^a
190-214	259 ± 18 ^a	269 ± 16 ^a	265 ± 16 ^a	139 ± 3 ^a	139 ± 3 ^a	141 ± 3 ^a
215-244	266 ± 21 ^a	295 ± 22 ^a	288 ± 26 ^a	141 ± 3 ^a	142 ± 3 ^a	141 ± 3 ^a
245-275	284 ± 15 ^a	316 ± 26 ^b	310 ± 26 ^b	143 ± 4 ^a	146 ± 3 ^a	148 ± 3 ^a
276-305	295 ± 16 ^a	334 ± 18 ^b	328 ± 31 ^b	145 ± 4 ^a	147 ± 3 ^a	148 ± 3 ^a
306-335	302 ± 17 ^a	339 ± 35 ^b	336 ± 20 ^b	145 ± 5 ^a	149 ± 4 ^a	149 ± 3 ^a
336-365	320 ± 15 ^a	352 ± 26 ^{ab}	367 ± 19 ^b	148 ± 3 ^a	149 ± 3 ^{ab}	153 ± 2 ^b
> 365	360 ± 29 ^a	405 ± 30 ^b	401 ± 32 ^b	149 ± 4 ^a	155 ± 2 ^b	153 ± 5 ^b
Zuwachs pro Tag in g bzw. cm	486 ± 69 ^{1a}	618 ± 180 ^{1ab}	690 ± 95 ^{1b}	0,05 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,02 ^a	0,07 ± 0,01 ^a

¹ Hauptversuchsphase

Mittelwerte einer Zeile, die nicht mit dem gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Die Ergebnisse zeigen, dass unter moderater Energiezufuhr Protein bzw. die Aminosäuren Lysin, Threonin und Methionin wachstumslimitierend wirken können. Bei marginalen Rationen aus Heu und Hafer sind diese Aminosäuren limitierend. Zulagen von größeren Mengen an Sojaprotein übersteigen den Bedarf. Der Zusatz von Aminosäuren wirkt sich günstiger insbesondere auf den Plasmaharnstoff und die Knochenmarker aus als die Zugabe von Protein.

VIII. SUMMARY

Carina Nadja Krumbiegel: A investigation on the protein and amino acid requirement of warmblood foals

In the presented thesis, the influence of different protein and amino acids concentrations in the feed ration for young warmblood foals were analysed with particular regard to their development and growth rate. A total of 28 foals after weaning ages between 5 and 9 month (19 stallions and 9 mares) were subdivided into three groups. The first group (HAF) obtained a common standard feed ration in foal breeding which consisted out of hay and oat. The second group (AS) got an additional supplement with the amino acids lysine, threonine, methionine and cystine according to the recommendations from the NRC (2007). The third group (SOJ) was fed with soybean as protein source.

During a time period of nine months, body weight, height at withers and other measured were taken and evaluated every 4th to 6th weeks. Simultaneously, a body-condition scoring (BCS) was made.

Five fixed dates were determined on which blood samples were taken. The samples were analysed for plasma urea, glucose (GLU), albumin (ALB) and some other parameters. Furthermore, the samples were analysed for amino acids concentrations and the concentrations of both of the bone markers osteocalcin (OC) and crosslaps (CL).

The protein absorption of the groups (HAF) and (AS) was significantly beneath the GFE's (1994) recommendations. In contrast, the protein absorption of group (SOJ) was according to the NRC's (2007) recommendations.

During the trial period the foals were clinical healthy. The results of the bone markers indicate that high protein intakes adversely affect the relationship of the markers to each other (Tab. III). The plasma urea values show that the necessary recommendations for a moderate to high rearing (Tab. IV).

Growth rate was not influenced by any of the protein concentration rations, but foals of group (HAF) had significantly reduced weight gain compared with foals of group (AS) and (SOJ). (HAF) could compensate for that early backlog after increase of protein absorption when taken to graze in the pasture.

Tab. III: Energy-, protein- and amino acids intake, plasma urea, bone markers

	HAF	AS	SOJ
RP g/ d	543-595	579-637	891-1001
vRP g/ d	398-439	427-473	683-772
MJ DE/ d	63-86	63-86	67-88
MJ ME/ d	56-75	56-75	57-76
LYS g/ d	24-26	42-47	48-54
THR g/ d	21-23	38-42	35-39
MET+ CYS g/ d	19-21	31-35	16-17
Plasma urea mg/ dl	32.4-37.17	33.4-39.0	36.1-45.9
Osteocalcin ng/ ml	51-85	59-86	58-78
Crosslaps ng/ ml	0.19-0.39	0.23-0.45	0.23-0.31

Tab. IV: Development of body weight (BW) and height (STM) and the daily growth

age in daily live	BW HAF	BW AS	BW SOJ	STM HAF	STM AS	STM SOJ
< 190	255 ± 11 ^a	252 ± 24 ^a	260 ± 12 ^a	139 ± 0 ^a	137 ± 3 ^a	140 ± 3 ^a
190-214	259 ± 18 ^a	269 ± 16 ^a	265 ± 16 ^a	139 ± 3 ^a	139 ± 3 ^a	141 ± 3 ^a
215-244	266 ± 21 ^a	295 ± 22 ^a	288 ± 26 ^a	141 ± 3 ^a	142 ± 3 ^a	141 ± 3 ^a
245-275	284 ± 15 ^a	316 ± 26 ^b	310 ± 26 ^b	143 ± 4 ^a	146 ± 3 ^a	148 ± 3 ^a
276-305	295 ± 16 ^a	334 ± 18 ^b	328 ± 31 ^b	145 ± 4 ^a	147 ± 3 ^a	148 ± 3 ^a
306-335	302 ± 17 ^a	339 ± 35 ^b	336 ± 20 ^b	145 ± 5 ^a	149 ± 4 ^a	149 ± 3 ^a
336-365	320 ± 15 ^a	352 ± 26 ^{ab}	367 ± 19 ^b	148 ± 3 ^a	149 ± 3 ^{ab}	153 ± 2 ^b
> 365	360 ± 29 ^a	405 ± 30 ^b	401 ± 32 ^b	149 ± 4 ^a	155 ± 2 ^b	153 ± 5 ^b
growth per day in g or cm	486 ± 69 ^{1a}	618 ± 180 ^{1ab}	690 ± 95 ^{1b}	0.05 ± 0.00 ^a	0.07 ± 0.02 ^a	0.07 ± 0.01 ^a

¹ main experimental phase

Mean in one role not sharing as superscript letters diverse significantly

The results of the study show that the amino acids lysine, methionine and threonine seem to be growth-limiting by a moderate energy intake. Rations of hay and oats are marginal. The addition of amino acids has a beneficial effect especially on the plasma urea and the bone markers and the addition of protein.

IX. LITERATURVERZEICHNIS

APPELT, K. (2005):

Effekte der Gelatinesupplementierung auf den Knochen- und Knorpelstoffwechsel im Verlauf eines standardisierten Trainings beim Pferd
Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover

ASAI, Y. (2001):

Japanese Feeding Standard
In: Advances in Equine Nutrition II
Kentucky Equine Research, Nottingham University Press

BACKHAUS, K.; ERICHSON, B.; PLINKE, W.; WEIBER, R. (2006):

Multivariate Analysemethoden
Springer Verlag, Berlin

BECKER, C. (1998):

Untersuchungen zum Hornwachstum: Vergleichende Studie bei der Anwendung von äußerlich und oral anzuwendenden Mitteln
Dissertation, Freie Universität Berlin

BELL, R. A.; NIELSEN, B. D.; WAITE, K.; ROSENSTEI, D.; Orth, M. (2001):

Daily access to pasture turnout prevents loss of mineral in the third metacarpus of Arabian weanlings
Journal of Animal Science, Vol. 79: 1142-1150

BENDER, I. (2008):

Praxishandbuch Pferdefütterung
Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart

BIGOT, G.; MARTIN-ROSSET, W.; DUBROEUCQ, H. (1988):

Development of body conformation of saddle horses from birth to 18 months: criteria and methods of evaluation
Centre d'Étude et de Recherche sur l'Économie et l'Organisation des Productions Animales, 87-102

BLUM, J. W. (2002):

Wachstumsregulation bei Haustieren: Grundlagen, Regulation, Manipulation.
Abteilung für Ernährung und Physiologie der Haustiere,
Veterinärmedizinische Fakultät, Bern

BORCHERS, A. (2002):

Die Körpergewichts- und Körpergrößenentwicklung des Warmblutfohlens während des ersten Lebenshalbjahres in Bezug zur Energie- und Proteinzufuhr sowie zum Auftreten der Osteochondrose
Dissertation, Tierärztlichen Hochschule Hannover

BORNEMANN, A. (1977):

Untersuchungen über den Einfluss von Erbanlage und Umwelt auf Körpermaße des „ostpreußischen Warmblutpferdes Trakehner Abstammung“ in Ostpreußen und in Westdeutschland
Dissertation, Universität Kiel

BUDRAS, K.-D.; SCHIEL, C. (1996):

Hornqualität - Ein Vergleich zwischen dem Hauspferd (*Equus caballus*) und dem Wildpferd (*Equus przewalski*)
4. gemeinsame Hufbeschlagtagung für Hufschmiede und Tierärzte, Berlin

BUTLER, K. D.; HINTZ, H. F. (1977):

Effect of level of feed intake and gelatin supplementation on growth and quality of hoofs of ponies
Journal of Animal Science, Vol. 44 (2): 257-261

BRÜSSOW, N. A. S. (2006):

Effekte verschiedener Futtermittel und –bearbeitungsformen auf die Futteraufnahme, die Kaufrequenz und die Kauintensität beim Pferd
Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover

CAMARDA, A. J.; BUTLER, W. T.; FINKELMANN, R. D.; NANJI, A. (1987):

Immunocytochemical localization of gamma-carboxyglutamic acid-containing proteins (osteocalcin) in rat bone and dentin
Calcif Tissue International, Vol. 40 (6): 349-355

CAROLL, C. L.; HUNTINGTON, P. J. (1988):

Body condition scoring and weight estimation of horses
Equine Veterinary Journal, Vol. 20 (1): 41-45

CHIAPPE, A.; GONZALES, G.; FRADINGER, E.; IORIO, G.; FERRETI, J.-L.;

ZANCHETTA, J. (1999): Influence of age and sex in serum osteocalcin levels in thoroughbred horses
Arch. Physiol. Biochem., Vol. 107 (1): 50-54

CLARK, A. K.; RAKES, A. H. (1982):

Effect of methionine hydroxy analog supplementation on dairy cattle hoof growth and composition

Journal of dairy science, Vol. 65 (8): 1493-1502

COENEN, M. (2001):

German Feeding Standards

In: Advances in Equine Nutrition II

Kentucky Equine Research, Nottingham University Press

COENEN, M.; SPITZLEI, S. (1996):

Zur Zusammensetzung des Hufhorns in Abhängigkeit von Alter, Rasse und Hufhornqualität

Pferdeheilkunde, 12: 279-283

CVB (1996):

Centraal Voederbureau, Het definitieve VEP- en VREp- systeem

In Documentatierrapport Nr. 15

Lelystat, The Netherlands

CYMBALUK, N. F. (1990a):

Using canola meal in growing draft horse diets

Equine Practice, Vol. 12 (4): 13-19

CYMBALUK, N. F.; CHRISTISON, G. I.; LEACH, D. H. (1989):

Energy Uptake and Utilization by Limit- and Ad Libitum-Fed Growing Horses

Journal of Animal Science, Vol. 67 (2): 403-413

DÄMMRICH, K. (1985):

Wachstumsstörungen des Skeletts bei jungen Pferden

Pferdeheilkunde, Vol. 1 (1): 5-13

DE BEER, V.; DARON, D.; GABRIEL, A.; REMY, B.; DUFRANSE, I.; SERTEYN, D.;

ISTASSE, L. (2003): The course of some bone remodelling plasma metabolites in healthy horses and in horses offered a calcium-deficient diet

Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 87 (3-4): 149-159

DIETZ, O.; HUSKAMP, B. (1999):

Handbuch Pferdepraxis

Ferdinand Enke Verlag Stuttgart

DLG (1995):

Futterwerttabellen Pferde
3. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt/ Main

DUNNET, M. (2005):

The Diagnostic Potential of Equine Hair: A comparative review of hair analysis for assessing nutritional status, environmental poisoning, and drugs use and abuse
Royal Veterinary College, University of London, UK

DUŠEK, J. (1976):

Bewertung der Gewichtszunahme bei Fohlen
Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch, 53: 68-70

DUŠEK, J. (1976):

Standards zur Beurteilung des Wachstums der Fohlen des Hannoveraner Warmbluts
Züchtungskunde, 44: 270-278

ELLENBER, W.; BAUM, H.; DITTRICH, H. (1901):

Das Pferd
76 (4) Textheft, 20 Tafeln mit 88 Abb., Verlag unbekannt

ELLIS, R. N. W.; LAWRENCE, T. L. J. (1978):

Energy under-nutrition in the weanling filly foal. 1. Effects on subsequent live-weight gains and onset of oestrus
British Veterinary Journal, 134 (3): 205-211

ELLIS, R. N. W.; LAWRENCE, T. L. J. (1978):

Energy under-nutrition in the weanling filly foal. 2. Effects on body conformation and epiphyseal plate closure in the fore-limb
British Veterinary Journal 134 (4): 322-332

FINKLER-SCHADE, C. (1997):

Feldstudie während der Weideperiode zur Ernährung von Fohlenstuten und Saugfohlen sowie zum Wachstumsverlauf der Fohlen
Dissertation, Universität Bonn

- FLETCHER, K. L.; TOPLIFF, D. R.; COOPER, S. R.; FREEMAN, D. W.;
GEISERT, R. D. (2000): Influence of age and sex on serum osteocalcin
concentrations in horses at weaning and during physical conditioning
Journal of Equine Veterinary Science, Vol. 20 (2): 124-126
- FOSS, F. (1938):
Periodische Messungen an Fohlen des Württemberger Landgestüts Marbach a.
d. L.
Züchtungskunde 13: 376-390.
- FRAPE, D. (1998):
Equine nutrition & Feeding
Second Edition, Blackwell Science Ltd
- GEYER, H.; SCHULZE, J. (1994):
The long-term influence of biotin supplementation on hoof horn quality in the
horse
Schweizer Archiv für Tierheilkunde 136 (4): 137-149
- GfE (1994):
Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung des Pferdes
Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
2. Auflage DLG-Verlag, Frankfurt/Main
- GIBBS, P. G.; SIGLER, S. H.; GOEHRING, T. B. (1989):
Influence of diet on growth and development of yearling horses
Journal of Equine Veterinary Science, 9 (4): 215-218
- GLADE, M. J.; GUPTA, S.; REIMERS, T. J. (1984):
Hormonal responses to high and low planes of nutrition in weanling
thoroughbreds
Journal of Animal Science, 59 (3): 658-665
- GOSBEE, R. G.; SLADE, L. M. (1981):
The effect of urea or soybean meal on the growth and protein status of young
horses
Journal of Animal Science, 53 (3): 670-676

- GRAHAM, P. M.; OTT, E. A.; BRENDemuHL, J. H.; TENBROEK, S. H. (1994):
The effect of supplemental lysine and threonine on growth and development of yearling horses
Journal of Animal Science, 72 (2): 380-386
- GRANEL, M (2002):
Mengen- und Spurenelementversorgung von Warmblutfohlen während des ersten Lebenshalbjahres unter Berücksichtigung des Vorkommens der Osteochondrose
Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover
- GREEN, D. A. (1969):
A study of growth rate in thoroughbred foals
Irish Journal of Agricultural Research, Vol. 13 (1): 111-117
- HACKL, S.; VAN DEN HOVEN, R.; ZICKL, M.; SPONA, J.; ZENTEK, J. (2007):
The effects of short intensive exercise on plasma free amino acids in standardbred trotters
Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 93 (2): 165-173
- HACKLÄNDER, R. (1998):
Praxisorientierte Untersuchung zur Fütterung und zum Wachstum von Warmblutfohlen nachdem Absetzen während der Stallhaltungsperiode.
Dissertation, Universität Bonn
- HENNEKE, D. R. (1985):
A Condition Score System for Horses
Equine Practice, 7 (9): 13-15
- HENNEKE, D. R.; POTTER, G. D.; KREIDER, J. L.; YEATES, B. F. (1983):
Relationship between condition score, physical measurements and body fat percentage in mares,
Equine Veterinary Journal, 15 (4): 371-372
- HERTSCH, B.; KROLL, A. (1999):
Skelettreife beim Fohlen
In: Göttinger Pferdetage 1999
FN-Verlag, Warendorf: 215-222

- HEYMSFIELD, S. B.; MCMANUS, C.; STEVENS, V.; SMITH, J. (1982):
Muscle mass: reliable indicator of protein-energy malnutrition severity and outcome
The American Journal of Clinical Nutrition, Vol. 35 (5):1192-1199
- HINTZ, H. F.; HINTZ, R. L.; VAN VLECK, L. D. (1978):
Estimation of heritabilities for weight, height and front cannon bone circumference of thoroughbreds
Journal of Animal Science, 47 (6): 1243-1245
- HINTZ, H. F.; HINTZ, R. L.; VAN VLECK, L. D. (1979):
Growth rate of thoroughbreds, effects of age of dam, year and month of birth, and sex of foal
Journal of Animal Science 48 (3): 480- 487.
- HINZ, H. F.; CYMBALUK, N. F. (1994):
Nutrition of the Horse
Annual Review of Nutrition, Vol. 14: 243-267
- HOFFMANN, R. M.; KRONFELD, D. S.; HOLLAND, J. L.; GREIWE-CRANDELL, K. M. (1995): Prewaning diet and stall weaning method influences on stress response in foals
Journal of Animal Science, Vol. 73 (10): 2922-2930
- HOIS, C. (2004):
Feldstudie zur Gewichtsentwicklung und Gewichtsschätzung beim wachsenden Pferd
Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München
- HOIS, C.; KIENZLE, E.; SCHULZE, A. (2005):
Gewichtsschätzung und Gewichtsentwicklung bei Fohlen und Jungpferden
Pferdeheilkunde, 21: 552-558
- HOLLAND, J. L.; KRONFELD, D. S.; HOFFMANN, R. M.; GREIWE-CRANDELL, K. M.; BOYD, T. L.; COOPER, W.L.; HARRIS, P.A. (1996): Weaning stress is affected by nutrition and weaning methods
Pferdeheilkunde, 12: 257-260
- HOLLAND, J. L.; KRONFELD, D. S.; MEACHAM, T. N. (1996):
Behavior of horses in affected by soy lecithin and corn oil in the diet
Journal of Animal Science, Vol. 74 (6): 1252-1255

I.N.R.A.: (1990):

L'alimentation des chevaux, Institut National de la Recherche Agronomique
Edited by Martin-Rosset, W., Vol. 232 INRA Editions, Versailles

IWERSEN, E. (1926):

Die Körperentwicklung des holsteinischen Marschpferdes von der Geburt bis
zum Abschluss des Wachstums.
Züchtungskunde, 28: 430-435

JACKSON, S. G.; PAGAN, J. D. (1993b):

Growth management of young horses a key to the future
Journal of Equine Veterinary Science, Vol. 13 (1): 10-11

JEFFCOTT, L. B. (2005):

Developmental diseases affecting growing horses
In: The growing horse: nutrition and prevention of growth disorders
Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands

JEFFCOTT, L.B. (1991):

Osteochondrosis in the horse - searching for the key to pathogenesis
Equine Veterinary Journal, Vol. 23 (5): 331-338

JELAN, Z. A.; JEFFCOTT, L. B.; LUNDEHEIM, N.; OSBORNE, M. (1996):

Growth rates in Thoroughbred foals
Pferdeheilkunde, 12: 291-295

JOSSECK, H. (1991):

Hufprobleme bei Lipizzanerpferden und ein Behandlungsversuch mit Biotin
Dissertation, Universität Zürich

KAINER, R. A. (1989):

Clinical anatomy of the equine foot
The Veterinary Clinics of North America Equine Practice, 5 (1): 1-27

KIENZLE, E.; COENEN, M.; ZYENER, A. (2010):

Der Erhaltungsbedarf von Pferden an umsetzbarer Energie
Übersicht Tierernährung, 38: 33-54

KLINKE, K.H. (2004):

Relevance of the NRC to today`s horse industry

Symposium: re-imagining the feed industry, Lexington, Kentucky, USA, 23-26.05.2004

KNAAP, J.; GERDING, M. (1999):

Aufzucht und Osteochondrose im ersten Lebensjahr

In: Göttinger Pferdetage 1999

FN-Verlag, Warendorf: 223-233.

KOSLOWSKI, D. (2008):

Untersuchungen zur Aminosäurenbedarfsdeckung und Optimierung der Entwicklung von Junghengsten

Masterarbeit, Georg-August-Universität, Göttingen

Kraft, W; DÜRR, U. M. (2005):

Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin

6. Auflage, Schattauer Verlag

KRONFELD, D. S.; MEACHAM, T. N.; DONOGHUE, S. (1990):

Dietary aspects of developmental orthopedic disease in young horses

The Veterinary Clinics of North America Equine Practice, 6 (2): 452-465

KRÖNING, F. (1942):

Die Entwicklung des Brandenburger Warmblutpferdes von der Geburt bis zum Abschluss des Wachstums unter besonderer Berücksichtigung der

Futterverwertung bis zum Beginn des 4. Lebensjahres, Teil I

Zeitschrift für Tierzucht und Züchtungsbiologie, Vol. 52 (1): 45-111

KRÖNING, F. (1942):

Die Entwicklung des Brandenburger Warmblutpferdes von der Geburt bis zum Abschluss des Wachstums unter besonderer Berücksichtigung der

Futterverwertung bis zum Beginn des 4. Lebensjahres, Teil II

Zeitschrift für Tierzucht und Züchtungsbiologie, Vol. 52 (2): 168-194

KÜNZI, N.; STRANZIGER, G. (1993):

Allgemeine Tierzucht

Verlag Ulmer, Stuttgart

LAWRENCE, L. A. (2005):

Nutritional Assessment of Weanlings and Yearlings
In: Advances in Equine Nutrition III
Kentucky Equine Research, Nottingham University Press

LENSING, A. (1998):

Eine Pilotstudie zum Einfluss der Fütterung auf Knochenmarker beim Pferd
Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität, München

LEPAGE, O. M.; CARSTANJEN, B.; UEBELHART, D. (2001):

Non-invasive assessment of the bone: an update.
Veterinary Journal, Vol. 161 (1): 10-23

LEPAGE, O. M.; HARTMANN, D. J.; EICHER, R.; UEBELHART, B.; TSCHUDI P.;

UEBELHART, D. (1998):
Biochemical markers of bone metabolism in Draught and Warmblood horses
Veterinary Journal, Vol. 156 (3): 169-175

LEU, U. (1987):

Vergleichende Untersuchungen über den Einfluss von oral verabreichtem Biotin
auf das Hufhorn beim Pferd
Dissertation, Universität Zürich

LEWIS, L. D. (1995):

Equine clinical nutrition: feeding and care
Williams and Wilkins, London
zit. nach M. DUNNETT (2002)

LIESEGANG, A. (2000):

Anwendung von Knochenmarkern in der Veterinärmedizin.
Schweizer Archive für Tierheilkunde, Vol. 142 (11): 613-623

LIESEGANG, A.; CHIAPPI, C.; RISTELI, J.; KESSLER, J.; Hess, H. D. (2007):

Influence of different calcium contents in diets supplemented with anionic salts
on bone metabolism in periparturient dairy cows
Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, Vol. 91 (1-3): 120-129

- LIESEGANG, A.; GIEZENDANNER, R.; TANNER, S.; VON RECHENBERG, B.; AUER, J. A. (2010): Systemic and local effects of disproportional longitudinal growth of bones in foals and lambs and the impact on bone mineral density and content
Pferdeheilkunde, 26 (4): 495-502
- LIESEGANG, A.; RISTELI, J.; WANNER, M. (2007):
Bone metabolism of milk goats and sheep during second pregnancy and lactation in comparison to first lactation
Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, Vol. 91 (5-6): 217-225
- MABINTI-BISCHE, S. (2005):
Die Implementierung der Selektion gegen Osteochondrose in ein Zuchtprogramm beim Warmblutpferd
Dissertation, Georg-August-Universität, Göttingen
- MACK, J. K. (2007):
Einfluss des Kraftfutterangebots auf Parameter des Wachstums bei Warmblutfohlen
Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München
- MARTI, E.; GERBER, V.; WILSON, A. D.; LAVOIE, J. P.; HOROHOV, D.; CRAMERI, R.; LUNN, D. P.; ANTCZAK, D.; BJÖRNSDÓTTIR, S.; BJÖRNSDÓTTIR, T. S.; CUNNINGHAM, F.; DÉRER, M.; FREY, R.; HAMZA, E.; HORIN, P.; HEIMANN, M.; KOLM-STARK, G.; ÓLAFSDÓTTIR, G.; RAMERY, E.; RUSELL, C. (2007):
Report of the 3rd Havemeyer workshop on allergic diseases of the Horse, Hólar, Iceland, June 2007
Veterinary Immunology and Immunopathology, Vol. 126 (3-4): 351-361
- MARTIN, R. (2010):
Equines Cushing-Syndrom (ECS)-Cortisolüberschuss, ACTH, Hufrehe
www.suite101.de/content/equines-cushing-syndrom-ecs-cortisolueberschuss-acth-hufrehe-a92294
- MARTIN-ROSSET, W.; VERMOREL, M.; DOREAU, M. TISSERAND, J. L.; ANDRIEU, J. (1994): The French horse feed evaluation systems and recommended allowances for energy and protein
Livestock Production Science, 40 (1): 37-56

MARTIN-ROSSET, W. (2004):

Growth and development in the equine

Paper presented at 2nd European workshop on equine nutrition, Dijon: 3-48

MARTIN-ROSSET, W. (2001):

Feeding Standards for Energy and Protein for Horses in France

In: Advances in Equine Nutrition II

Kentucky Equine Research, Nottingham University Press

MARTIN-ROSSET, W. (2005):

Growth and development in the equine

In: The Growing Horse: Nutrition and Prevention of Growth Disorders

Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands

MARTIN-ROSSET, W.; BOCCARD, B.; JUSSIAUX, M.; ROBELIN, J.; TRILLAUD-

GEYL, C.; NICOLAS, N.; JAILLER, R.; DEHALLE, C.; CUYLLE G. (1983):

Croissance relative des différents tissus, organes et régions corporelles entre

12 et 30 mois chez le cheval de boucherie de différentes races lourdes

Ann Research, Vol. 32 (2): 15

MCDONELL, S. M.; FREEMAN, D. A.; CYMBALUK, N. F.; SCHOTT, H. C.;

HINCHCLIFF, K.; KYLE, B. (1999): Behavior of stabled horses provided

continuous or intermittent access to drinking water

American Journal of Veterinary Research, 60 (11): 1451-1456

MEYER, H. (1986):

Probleme der Fohlenfütterung.

Züchtungskunde, 58: 442-448

MEYER, H. (1996):

Das neugeborene Fohlen- alles startklar?

Pferdeheilkunde, 12: 171-178

MEYER, H.; COENEN, M. (2002):

Pferdefütterung.

4 Auflage, Parey Buchverlag, Berlin

MILLIGAN, J. D.; COLEMAN, R. J.; BURWASH, L. D. (1985):

Relationship of energy intake to weight gain in yearling horses

Proc. 9th Nutrition and Physiology Symposium: 8 - 13

MIRAGLIA, N. (2005):

Influence of management and nutrition on growth in the young horse
In: The growing horse: nutrition and prevention of growth disorders
Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands

MÜLLER, G. H. (1989):

Small animal dermatology
WB Saunders Company, Philadelphia
zitiert nach M. DUNNETT (2002)

NICOL, C.J. (1998):

Understanding equine stereotypies,
Equine Veterinary Journal Suppl., Vol. 28 (4): 20–25

NICOL, C. J.; BANDELLI-WATERS, A. J.; BICE, R.; KELLAND, A.; WILSON, A.D.;
HARRIS, P.A. (2005): The effects of diet and weaning method on the behaviour
of young horses
Animal Behaviour Science, Vol. 95 (3/4): 205-221

NICOL, C. J.; DAVIDSON, H. P. D.; HARRIS, P. A.; WATERS, A. J.; WILSON, A. D.
(2002): Study of crib-biting and gastric inflammation and ulceration in young
horses
The Veterinary Record, Vol.151 (22): 658–662

NRC (1978):

Nutrients requirement of Horses National Research Council
4th Edition. National Academy of Sciences, Washington, DC

NRC (1989):

Nutrient requirement of horses; National Research Council
5th edition, National Academy of Sciences, Washington, DC

NRC (2007):

Nutrient requirement of horses; National Research Council
Nutrient requirement of horses; National Research Council
6th edition, National Academy of Sciences, Washington, DC

ORTON, R. K.; HUME, I. D.; LENG, R. A. (1985):

Effects of level of dietary protein and exercise on growth rates of horses
Equine Veterinary Journal, Vol. 17 (5): 381-385

- OTT, E. A.; ASQUITH, R. L.; FEASTER, J. P.; MARTIN, F. G. (1979):
Influence of Protein Level and Quality on the Growth and Development of
Yearling Foals
Journal of Animal Science, Vol. 49 (3): 620-628
- OTT, E. A. (1990):
Dietary nutrient allowances for horses
Feedstuff, 63 (31): 88-91
- OTT, E. A. (2001):
Energy, Protein and Amino Acid Requirements for Growth of Young Horses
In: Advances in Equine Nutrition II
Kentucky Equine Research, Nottingham University Press
- OTT, E. A. (2005):
Energy and protein metabolism of normal growth
In The growing horse: nutrition and prevention of growth disorders, edited by
Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands
- OTT, E. A.; ASQUITH, R. L.; FEASTER, J. P.; (1981):
Lysine supplementation of diets for yearling horses
Journal of Animal Science, Vol. 53 (6): 1496-503
- OTT, E. A.; ASQUITH, R. L. (1986):
Influence of level of feeding and nutrient content of the concentrate on growth
and development of yearling horses
Journal of Animal Science, 62 (2): 290-299
- OTT, E. A.; ASQUITH, R. L. (1985):
Influence of level of feeding and nutrient content of the concentrate on growth
and development of yearling horses
Proc. 9th Nutrition and Physiology Symposium: 1-7
- PAGAN, J. D.; JACKSON, S. G. (1996):
The incidence of developmental orthopaedic disease on Kentucky
Thoroughbred
Pferdeheilkunde, 12: 351-354.

- PAGAN, J. D.; JACKSON, S. G.; CADDEL, S. G. (1996):
A summary of growth rates of thoroughbreds in Kentucky
Pferdeheilkunde 12: 285-289
- PAGAN, J. D.; GEOR, R. J. (2001):
Advances in Equine Nutrition II
Kentucky Equine Research, Nottingham University Press
- PAGEN, J. D. (2005):
Advances in Equine Nutrition III
Kentucky Equine Research, Nottingham University Press
- PALSSON (1955):
zit. nach Künzi N. u. G. Stranzinger (1993)
- PRICE, J. S.; JACKSON, B. F.; GRAY, A.; HARRIS, P. A.; WRIGHT, I. M.; PFEIFFER, D. U.; ROBINS, S. P.; EASTELL, R.; RICKETTS, S. W. (2001): Biochemical markers of bone metabolism in growing thoroughbreds: a longitudinal study
Research in Veterinary Science 71 (1): 37-44
- PRICE, J. S.; JACKSON, B.; EASTELL, R.; WILSON, A. M.; RUSSELL, R. G. G.; LANYON, L. E.; GOODSHIP, A. E. (1995): The response of the skeleton to physical training: a biochemical study in horses
Bone, Vol. 17 (3): 221-227
- PRIETZ, G. (1985):
Huf- und Klauenkunde
Verlag Fischer, Jena
- PROUDMAN, C. J.; EDWARDS, G. B. (1992):
Validation of a centrifugation/flotation technique for the diagnosis of equine cestodiasis
Veterinary Record, Vol. 131 (4): 71-72
- RALSTON, S. L. (1997):
Feeding the rapidly growing foal
Journal of equine veterinary science, Vol. 17 (12): 634-636
- RASCH, D. (1965):
Biometrische Methoden zur Beschreibung des Wachstums
Archive Tierzucht, Vol. 8: 397-404.

RICHTER, G. (1990):

Untersuchungen zum Hornwachstum und bestimmter Parameter am Huf beim
Haflinger Pferd
Diplomarbeit, Universität Leipzig

ROSE-MEIERHÖFER, S.; STANDKE, K.; HOFFMANN, G. (2010):

Auswirkungen verschiedener Gruppengrößen auf Bewegungsaktivität, Body
Condition Score, Liege- und Sozialverhalten bei Jungpferden
Züchtungskunde, Vol. 82 (4): 282–291

SAASTAMOINEN, M. T. (1990a):

Factors affecting growth and development of foals and young horses
Acta Agric. Scand. 40, 387-396

SAASTAMOINEN, M. T. (1990b):

Heritabilities for Body Size and Growth Rate and Phenotypic Correlations
among Measurements in Young Horses
Acta Agric. Scand. 40: 377-386

SAASTAMOINEN, M. T. (1996):

Protein, amino acid and energy requirements of weanling foals and yearlings
Pferdeheilkunde, 12 (3): 1996, 297-302

SANDGREN, B.; DALIN, G.; CARLSTEN, J.; LUNDEHEIM, N. (1993):

Development of osteochondrosis in the tarsocrural joint and osteochondral
fragments in the fetlock joints in Standardbred trotters. II Bodymeasurements
and clinical findings
Equine Veterinary Journal, Vol. 25 (S16): 48-53

SCAN (2002):

Scientific Committee for Animal Nutrition

SCOTT, D. W. (1988):

Large animal dermatology
WB Saunders, Philadelphia
zit. nach M. DUNNETT (2002)

SCHLUPP, A. (2003):

Nachweis von Anabolika im Schweif- und Mähnenhaar von Pferden
Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover

SCHOBBER, M. (2003):

Schätzung von genetischen Effekten beim Auftreten von Osteochondrosis dissecans beim Warmblutpferd
Dissertation, Universität Göttingen

SCHORM, G. (1983):

Analyse der phänotypischen Entwicklung des Warmblutpferdes von der Geburt bis zum dreijährigen Pferd und Einflüsse von genetischen sowie umweltbedingten Faktoren
Dissertation, Universität Leipzig

SCHRAMME, C. S. (2003):

Body Condition Score und biometrische Daten zur Abschätzung des Körpergewichtes bei Warmblutpferden
Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität, München

SCHROTH, S. (2000):

Anatomische und histologische Untersuchungen an den Hufen von Connemara-Ponys, Irischen Hunttern und Englischen Vollblütern
Dissertation, Universität Leipzig

SCHREYER, J. (1997):

Untersuchungen zum Hufhornwachstum und zur Hufform bei Pferden der Rasse Deutsches Reitpferd
Dissertation, Universität Leipzig

SCHRYVER, H. F.; MEAKIM, D. W.; LOWE, J. E.; WILLIAMS, J.; SODERHOLM, L. V.;

HINTZ, H. F., (1987): Growth and calcium metabolism in horses fed varying levels of protein

Equine Veterinary Journal, Vol. 19 (4): 280-287

SHETTY, P. S.; JUNG, R. T.; WATRASIEWICZ, K. E.; JAMES, W. P. T. (1979):

Rapid-Turnover Transport Proteins: An Index of Subclinical Protein-Energy Malnutrition

The Lancet, Vol. 314 (8136): 230-232

SNOW, M. H. L. (1981):

Growth and its Control in Early Mammalian Development.
British Medical Bulletin, Vol. 37 (3): 221-226

SPIESS, R. P. (1983):

Wachstumsverlauf von Hengstfohlen des edlen Warmbluts von der Geburt bis zum 3. Lebensjahr

Leipziger Tierzucht-Symposien, IV. Internationales wissenschaftliches Symposium: Züchtung, Ernährung und Wachstum von Pferden, Band II: 575-583

SPITZLEI, S. (1996):

Untersuchungen zur Zusammensetzung des Hufhorns beim Pferd, deren Bedeutung für die Stabilität und Beziehung zur Nährstoffversorgung. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover

STANIAR, W. B.; KRONFELD, D. S.; WILSON, J. A.; LAWRENCE, L. A.; COOPER, W. L.; HARRIS, P. A. (2001): Growth of thoroughbreds fed a low-protein supplement fortified with lysine and threonine
Journal of Animal Science, Vol. 79 (8): 2143-2151

STANIAR, W. B. (2002):

Growth and the Somatotropic Axis in Young Thoroughbreds
Dissertation, Blacksburg, Virginia.

STANIAR, W. B.; KRONFELD, D. S.; TREIBER, K. H.; SPLAN, R. K.; HARRIS, P. A. (2004): Growth rate consists of baseline and systematic deviation components in Thoroughbreds
Journal of Animal Science, Vol. 82 (4): 1007-1015

STAUN, H.; LINNEMANN, F.; ERIKSEN, L.; NIELSEN, K.; SONNICHSEN, H. V.; FALK-RONNE, J.; SCHAMBYE, P.; HENKEL, P.; FRAER, E. (1987):
Influence of feeding intensity on the development of the young growing horse until 18 months of age
Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsorg 630: 79

STEGEN, H. (1929):

Die Entwicklung der Hannoverschen Hengstfohlen im Hengstauzuchtgestüt Hunnesrück
Züchtungskunde, 4: 273-288

STOCK, K. (2004):

Radiographic findings in the limb of Hanoverian Warmblood horses: Genetic analyses and relationship with performance in sports
Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover

STRØMBERG, B. (1979):

A review of the salient features of osteochondrosis in the horse
Equine Veterinary Journal, Vol. 11 (4): 211-214

SUSTMANN, - (1913):

Ein Beitrag zum Kapitel 'Hufmessungen und Hufmeßapparate'
Der Hufschmied 31, 81-83, 96

SWEETING, M. P.; HOUP, C. E.; HOUP, K. A. (1985):

Social facilitation of feeding and time budgets in stabled ponies
Journal of Animal Science, Vol. 60 (2): 369-374

TAKAGI, H.; YONEMOCHI, C.; HASHIMOTO, Y.; MATSUI, A.; ASAI, Y.; WATANABE, R.; ISHIBASHI, T (2004): Response of plasma concentration of free amino acid to change of dietary protein and amino acid levels in adult thoroughbreds.
Journal of Equine Science, Vol. 15 (4): 93-98

THOMPSON, K. N. (1995):

Skeletal Growth Rates of Weanling and Yearling Thoroughbred Horses
Journal of Animal Science, Vol. 73 (9): 2513-2517

THOMPSON, K. N.; SMITH, B. P. (1994):

Skeletal growth patterns of Thoroughbred horses
Journal of Equine Veterinary Science, Vol. 14 (3): 148-151

THOMPSON, K. N., JACKSON, S. G.; BAKER, J. P. (1988):

The influence of high planes of nutrition on skeletal growth and development of weanling horses
Journal of Animal Science, 66 (10): 2459-2467

TOPLIFF, D. R.; BOREN, S. R.; FREMAN, D. W.; BAHR, R. J.; WAGNER, D. G.

(1988): Growth of weanling Quarter Horses fed varying energy and protein levels
Equine Nutrition and Physiology Society, Vol. 8 (5): 371-375

- TRILLAUD-GEYL, C.; MARTIN-ROSSET, W. (2005):
Feeding in the young horses managed with moderate growth
In: The Growing Horse: Nutrition and Prevention of Growth Disorders
Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands
- VAN TILLBURG, G. M.; ELLIS, A. D. (2002):
Growth rates in Dutch Warmblood horses in relation to Osteochondrosis
53. Jahrestagung der EAAP, Cairo
- VAN WEEREN, P. R.; SLOET VON OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN, M.
M.; BARNEVERL, A. (1999): The influence of birth weight, rate of weight gain
and final achieved height, and sex on development of osteochondrosis lesions
in a population of genetically predisposed Warmblood foals
Equine Veterinary Journal, Vol. 31 (S31): 26-30
- VERVUERT, I.; COENEN, M.; BORCHERS, A.; GRANEL, M.; WINKELSETT, S.
(2007): Growth rates in Hanoverian Warmblood foals and the development of
osteochondrosis
American Journal of Veterinary Research, Vol. 68 (12): 1319-1323
- VERVUERT, I.; WINKELSETT, S.; CHRISTMANN, L.; BRUNS, E.; HOPPEN, H. O.;
DISTL, O.; HERTSCH, B.; COENEN, M. (2007): Evaluation of the influences of
exercise, birth date, and osteochondrosis on plasma bone marker
concentrations in Hanoverian Warmblood foals
American Journal of Veterinary Research, Vol. 68 (12): 1319-1323
- VERVUERT, I.; BORCHERS, A.; GRANEL, M.; WINKELSETT, S.; CHRISTMANN, L.;
DISTL, O.; BRUNS, E.; HERTSCH, B.; COENEN, M. (2005): Estimation of
growth rates in warmblood foals and the incidence of osteochondrosis
Pferdeheilkunde, 21: 129-130
- VON SCHEIDT, K. (2004):
Kurz- und mittelfristige Effekte der intermittierenden Applikation von humanem
Parathormon hPTH (1-37) auf den Calcium-, Phosphor- und
Knochenstoffwechsel beim Pferd
Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover

VOSSWINKEL, L. (2009):

Einfluss der Bewegungsaktivität auf Wachstums und Ausdauerparameter beim Pferd

Dissertation, Christian-Albrechts-Universität, Kiel

WALKER, S. (2007):

Monitoring zum Wachstum und zu Gliedmaßenveränderungen von Junghengsten in Schleswig Holstein

Dissertation, Christian-Albrechts-Universität, Kiel

WALKER, S.; ZEITLER-FEICHT, M.; BUXADÉ, C.; REITER, K. (2004):

Untersuchungen verschiedener Formen der Heuvorlage bei Pferden unter ethologischem Aspekt

Internationale Ethologie-Tagung, 17.-20.11.2004, Freiburg

WALKER, S.; STAMER, E.; KALM, E. (2008):

Monitoring zum Wachstum und zu Gliedmaßenveränderungen von Junghengsten in Schleswig-Holstein. 1. Mitteilung: Analyse der

Wachstumsentwicklung von Junghengsten in Schleswig-Holstein

Züchtungskunde, 80: 186-202

WATERLOW, J.C. (1973):

Note on the Assessment and Classification of Protein-Energy Malnutrition in Children

The Lancet Vol. 302 (7820): 87-89

WENINGER, H. (1980):

Wachstum und Fleischbildung

In Tierzuchtungslehre

Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart

WIATER, F. (2007):

Feldstudie zur Wirkung einer Tyrosin-Supplementierung auf die Intensität der Haarpigmentierung beim Pferd

Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität, München

WILKE, A. (2003):

Der Einfluss von Aufzucht und Haltung auf das Osteochondrose (OC) beim Reitpferd

Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover

WINKELSETT, S. (2003):

Biochemische Knochenmarker und Parathormon bei Warmblutfohlen unter Berücksichtigung des Vorkommens der Osteochondrose.
Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover

WINKELSETT, S.; VERVUERT, I.; GRANDEL, M.; BORCHERS, A.; COENEN, M.

(2005): Feeding practice in warmblood mares and foals and the incidence to osteochondrosis
Pferdeheilkunde, 21: 124-126

WINTZER, H. J. (1986):

Der Einfluss einer Vitamin-H-Substitution auf Wachstum und Beschaffenheit des Hufhorns
Tierärztliche Praxis, 14: 495-500

WISSDORF, H.; HERTSCH, B.; WILKENS, H. (1987):

Beitrag zur Nomenklatur am Pferdehuf (Capsula ungulae)
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr., 100, 400-404

YOAKAM, S. C., KIRKHAM, W. W.; BEESON, W. M. (1978):

Effect of protein level on growth in young ponies
Journal of Animal Science, Vol. 46(4): 983-991

ZEYNER, A.; BESSERT, J.; GROPP, J. M. (2011):

Effect of feeding exercised horses either a high starch or a high-fat diet for 390 days
Persönliche Mitteilung

ZEYNER, A.; KIRCHHOF, S.; SUSENBETH, A.; SÜDEKUM, K.-H.; KIENZLE, E.

(2010): Protein evaluation of horse feed - a novel concept
Proceedings of the Society of Nutrition Physiology, 19

X. ANHANG

Tab. A 1: Aufteilung der Fohlen auf die Versuchsgruppen

<u>Pferd Nr.</u>	<u>Geschlecht</u>	<u>Geburtsdatum</u>	<u>Gruppe</u>	<u>Gewicht bei Versuchsbeginn in kg</u>	<u>Stockmaß bei Versuchsbeginn in cm</u>
01	Hengst	10.03.2008	SOJ	292	146
02	Hengst	10.04.2008	HAF	302	144,5
03	Stute	20.05.2008	HAF	247	139
04	Hengst	19.05.2008	HAF	262	138,5
05	Hengst	14.05.2008	AS	262	139,5
06	Hengst	26.02.2008	HAF	271	136
07	Hengst	15.04.2008	SOJ	304	137,5
08	Hengst	26.03.2008	SOJ	323	145,5
09	Hengst	20.06.2008	SOJ	251	138
10	Hengst	26.02.2008	AS	300	145
11	Hengst	09.04.2008	AS	322	146,5
12	Hengst	20.03.2008	HAF	280	144,5
13	Stute	14.03.2008	HAF	286	141
14	Stute	28.05.2008	SOJ	274	143
15	Stute	22.03.2008	SOJ	331	149
16	Stute	31.05.2008	AS	237	135
17	Stute	25.04.2008	HAF	276	140
18	Stute	09.05.2008	SOJ	235	140
19	Hengst	14.06.2008	AS	273	139,5
20	Hengst	24.04.2008	AS	276	136
21	Stute	06.05.2008	AS	280	145
22	Hengst	02.05.2008	SOJ	259	135,5
23	Hengst	31.05.2008	AS	241	134
24	Hengst	01.05.2008	HAF	234	135
25	Stute	15.03.2008	AS	339	146
26	Hengst	18.05.2008	SOJ	266	143
27	Hengst	23.04.2008	HAF	252	143
28	Hengst	25.03.2008	AS	313	141

Nr.	Gr.	m/w	Alter (d)	KG (kg)	STM (cm)	BM (cm)	KöL (cm)	KU (cm)	HU (cm)	BU (cm)	RB (cm)	FEM (cm)	MBE (cm)	BCS
8	SOJ	m	241	323	145,5	154	156	336	101	158	18	71	32	3,50
8	SOJ	m	259	339	149	154	166	346	106	158	18	77	33	3,75
8	SOJ	m	277	357	150,5	157	166	346	109	158	18,5	78	34	4,00
8	SOJ	m	302	373	150,5	158	171	353	109	159	18,5	83	34	4,50
8	SOJ	m	346	399	154	162	177	359	112	166	19	83	35	5,00
8	SOJ	m	392	415	158	162	177	364	112	169	20	83	36	5,08
8	SOJ	m	446	448										
9	SOJ	m	157	251	138	145	154	314	93	141	17	70	31	4,50
9	SOJ	m	175	255	138	147	158	324	97	141	17	75	28	3,83
9	SOJ	m	193	270	140,5	150	161	326	97	145	17	75	29	4,00
9	SOJ	m	218	282	140,5	152	163	326	97	149	18	76	30	4,33
9	SOJ	m	262	318	146	155	165	336	98	153	18,5	77	33	5,00
9	SOJ	m	308	331	150	157	165	348	102	154	18,5	80	35	5,00
9	SOJ	m	362	371										
10	AS	m	272	300	145	153	152	327	92	154	18	77	32	4,00
10	AS	m	290	309	149	157	152	331	93	154	18	79	34	4,00
10	AS	m	308	319	151	158	156	334	95	155	18	80	34	4,00
10	AS	m	333	336	152	162	165	344	100	159	18,5	82	35	4,25
10	AS	m	377	366	155	162	172	357	103	164	19	84	36	4,83
10	AS	m	423	386	158	166	174	360	103	168	20	84	36	4,83
10	AS	m	477	430										
11	AS	m	229	322	146,5	153	161	340	100	157	18	73	30	4,00
11	AS	m	247	335	149	155	161	341	100	157	18	76	31	4,08
11	AS	m	265	351	150,5	159	165	342	101	159	18,5	78	33	4,25
11	AS	m	290	364	151	159	167	354	106	166	19	81	33	4,50
11	AS	m	334	395	153,5	162	178	367	106	166	19	81	36	5,00
11	AS	m	380	410	157	167	180	369	106	167	19,5	83	36	5,00
11	AS	m	434	458										
12	HAF	m	249	280	144,5	147	157	131	94	148	18	76	30	3,67
12	HAF	m	267	288	148	153	158	324	93	150	18	78	32	3,33
12	HAF	m	285	295	149	154	158	329	94	150	18	79	34	3,67
12	HAF	m	310	309	149	159	164	339	99	156	18,5	80	34	3,33
12	HAF	m	354	337	152	159	172	352	101	156	19	81	35	3,83
12	HAF	m	400	358	153	161	173	360	104	160	20	84	36	4,00
12	HAF	m	454	407										
13	HAF	w	256	286	141	146	156	317	92	150	17	73	32	4,00
13	HAF	w	277	295	142	150	158	329	95	150	17	74	32	3,67
13	HAF	w	308	298	143	151	158	332	95	150	17	74	32	4,00
13	HAF	w	343	313	145	151	162	339	96	154	17,5	75	34	4,17
13	HAF	w	391	333	149	156	168	342	106	158	18	78	34	4,17
13	HAF	w	432	360	150,5	156	174	354	106	160	18,5	81	36	4,17
14	SOJ	w	181	274	143	153	153	327	93	151	17	75	31	4,00
14	SOJ	w	202	281	144,5	152	153	328	94	153	17	75	31	3,83
14	SOJ	w	233	293	144,5	155	162	331	97	153	17	76	32	3,83
14	SOJ	w	268	303	148	155	164	333	101	154	17	76	33	4,00
14	SOJ	w	316	337	151	159	168	346	106	156	18	79	35	4,00
14	SOJ	w	357	364	154	159	168	350	108	161	19	80	37	4,33
15	SOJ	w	248	331	149	157	164	325	95	162	18	76	33	3,67
15	SOJ	w	269	342	149,5	157	164	332	96	162	18	76	33	3,75

XI. DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich den Menschen danken, ohne die diese Arbeit nie entstanden wäre. Als erste möchte ich mich bei Frau Professor Dr. Kienzle für die Überlassung des Themas, die freundliche Betreuung und die wertvollen Hilfestellungen bei der Bearbeitung des Themas bedanken.

Danken möchte ich auch Frau Professor Dr. Zeyner für die wissenschaftliche Betreuung und die Analysen der Blutproben sowie Privatdozentin Dr. Liesegang für die Analysen der Knochenmarker.

Sehr herzlich danken möchte ich auch Frau Dr. von Velsen-Zerweck, Landoberstallmeisterin des Haupt- und Landgestüts Marbach, für das entgegengebrachte Vertrauen und die großzügige Unterstützung.

Von ganzem Herzen möchte ich Herrn Dr. Raue danken, der sich bereiterklärt hat diese Arbeit als Mentor zu betreuen und mir mit vielen aufmunternden Worten zur Seite gestanden hat.

Bedanken möchte ich mich auch bei der Firma MARSTALL für die Bereitstellung des Futters und die Überlassung der mobilen Pferdewaage.

Mein weiterer Dank gilt der Firma LOHMANN für die Bereitstellung der Aminosäuren und die Veranlassung der Analysen der Plasmaamino-säuren.

Für die Unterstützung bei der Versuchsdurchführung möchte ich mich ganz herzlich bei Frau Dr. Julia Fritz und den Mitarbeitern vom Oberwiesefeld bedanken.

Mein ganz besonderer Dank gilt den Mitarbeitern des Haupt- und Landgestüts Marbach, vor allem HSM Rainer Strobel, HSM Werner Tautermann, GHW Rüdiger Statnik und Dr. Albert Röhm sowie Simon Weilach, ohne die dieser Versuch nie durchzuführen gewesen wäre.

Danken möchte ich auch meinen Kollegen vom Fachbereich Landwirtschaft am Landratsamt in Sigmaringen für die schöne Zeit und die vielen aufmunternden Worte.

Mein besonderer Dank gilt meinen Freunden, die mich jederzeit tatkräftig beim Wiegen und Messen unterstützt haben und mir während der ganzen Zeit zur Seite gestanden sind. Ganz besonders möchte ich mich bei Dr. Heike Knörzer und Gertrud Wenz bedanken, die mich in der Endphase dieser Arbeit sehr unterstützt haben.

Als letztes möchte ich mich ganz herzlich bei meiner Familie bedanken, die jederzeit ein offenes Ohr für mich hat, immer für mich da ist und mich während der ganzen Zeit unterstützt hat.