

#### IV. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Die Hornqualität des Pferdehufes wird multifaktoriell beeinflusst. Deshalb erfolgten im Rahmen dieser Studie umfangreiche Untersuchungen der im Zuge der Probennahme gesammelten Hufclippings. Neben der adspektorischen und mikroskopischen Untersuchung des Hufhornes wurden auch physikalische Untersuchungsmethoden, Fettsäureanalysen des Hornes und der Futtermittel, Blutuntersuchungen sowie Messungen der verschiedenen Hufparameter durchgeführt.

##### **1. Fotografische Dokumentation der Hufe**

###### **1.1 Einleitende Beschreibung der untersuchten Pferdehufe und deren Defekte**

Einleitend sollen die wichtigsten vorgefundenen Hufhorndefekte exemplarisch kurz beschrieben werden, um das Verständnis des folgenden Hufscorings zu erleichtern. Diese Charakterisierung soll einen Eindruck über die zu Anfang der Studie festgestellten wichtigsten Hufhorndefekte vermitteln. Die Abbildungen zur weiteren Entwicklung dieser Defekte über den Zeitraum eines Jahres sind im Abbildungsteil dargestellt (Abbildungen 1 bis 7). Zu Beginn der Studie wurden bei 14 von 20 Pferden Hufhorndefekte festgestellt. Davon hatten sechs Pferde Hornspalten, sechs Pferde Tragrandausbrüche und bei zwei Pferden wiesen die Hufe Substanzverluste im Bereich der Nagellöcher auf. Bei vier Pferden aus dem Stall 2 konnte Strahlfäule und bei drei Pferden schuppenartige Veränderungen des Hufhornes festgestellt werden. Ferner besaßen drei Pferde eine schiefe Zehenachse, zwei Pferde untergeschobene Trachten in Verbindung mit Flachhufen und ein Pferd wies einen Bockhuf auf. Hornringe waren bei dreizehn Pferden in unterschiedlichem Ausmaß zu Anfang der Studie sichtbar.

**Tabelle 10 a: Verteilung der Hufhornqualität der untersuchten Pferde**

Rasse	Hornqualität	
	nicht beanstandet	beanstandet
Warmblut	2	10
Pony	4	3
Traber	---	1

**Tabelle 10 b: Verteilung der Hufhornqualität der untersuchten Pferde**

Alter (in Jahren)	Hornqualität	
	nicht beanstandet	beanstandet
6 - 10	1	10
11 - 15	2	3
16 - 20	2	1
> 20	1	---

### 1.1.1 Tragrandausbrüche

Textabbildung 13 zeigt den linken Vorderhuf eines Warmblutwallaches aus dem Stall 2. Dieses Pferd war zu Anfang der Studie (Sommer 2003) unbeschlagen und wies an allen vier Hufen Tragrandausbrüche auf. Einen Monat nach Beginn der Studie wurden alle vier Hufe dieses Pferdes mit herkömmlichen Hufeisen beschlagen und nach einem halben Jahr (Winter 2003/2004) zeigte das Hufhorn aller Hufe ein festes Gefüge und keinerlei Tragrandausbrüche mehr. Ein Jahr nach Beginn der Studie (Sommer 2004) wies das Pferd an allen vier Hufen erneut leichte Tragrandausbrüche auf. Solche Ausbrüche waren bei fünf weiteren unbeschlagenen Pferden zu Anfang der Studie vorhanden. Eine Besserung zeigte sich vor allem bei zwei Pferden, nachdem diese beschlagen wurden.



**Textabb. 13:**  
**Tragrand-**  
**ausbrüche**  
**am linken**  
**Vorderhuf**  
**eines neun-**  
**jährigen**  
**Warmblut-**  
**wallaches**

### 1.1.2 Hornspalten

Die Textabbildung 14 zeigt den linken Vorderhuf einer Warmblutstute aus dem Stall 1. Medial, im Bereich des ersten Nagelloches, ist eine vom Tragrand bis hin zum Kronrand reichende Hornspalte sichtbar. Diese Hornspalte blieb über den gesamten Untersuchungszeitraum bestehen und war nach einem Jahr zu etwa einem Drittel herausgewachsen. Dieses Pferd besaß zu Beginn der Studie außerdem an zwei weiteren Hufen Hornspalten, die nach Beendigung der Studie nicht mehr vorhanden waren. Des Weiteren wiesen fünf andere Pferde zu Anfang der Studie Hornspalten auf. Lahmheiten konnten in Zusammenhang mit solchen Hornspalten bei den untersuchten Pferden nicht beobachtet werden.



**Textabb. 14:**

**Hornspalte am linken Vorderhuf einer siebenjährigen Warmblutstute**

### 1.1.3 Hornschuppen

Die Textabbildung 15 zeigt den linken Vorderhuf eines Warmblutwallaches aus dem Stall 2. Dieses Pferd wurde, nachdem ein Pferd aufgrund Verkaufs schon zu Beginn der Studie ausschied, im Nachhinein in die Studie aufgenommen. Beide Vorderhufe dieses Pferdes wiesen zu Beginn (November 2003) Hornschuppenbildung in Kronrandnähe auf. Im Bereich dieser „Schuppen“ ließ sich das Horn oberflächlich leicht ablösen und besaß einen übel riechenden, fauligen Geruch. Drei Monate nachdem das Pferd in die Studie aufgenommen wurde, war eine leichte Verringerung dieser Hornschuppen sichtbar, welche ein dreiviertel Jahr (Sommer 2004) nach Aufnahme in die Studie vollständig verschwunden waren. Solche Hornschuppen waren auch bei zwei weiteren Pferden im Stall 2 deutlich ausgeprägt.



**Textabb. 15:**

**Hornschuppen nahe des Kronrandes am linken Hinterhuf eines siebenjährigen Warmblutwallaches**

#### 1.1.4 Verformungen

Die folgenden Textabbildungen 16 und 17 zeigen, beispielhaft für Abweichungen von einem regelmäßig geformten Pferdehuf, einen Bockhuf einer Traberstute (vorne rechts) aus dem Stall 1 und einen Flachhuf mit untergeschobenen Trachten (vorne links) derselben Stute zu Beginn der Studie. Das Erscheinungsbild dieser Hufe änderte sich im Verlauf der Studie, trotz gewissenhafter, regelmäßiger Schmiedearbeit und orthopädischen Hufbeschlages, nicht. Weitere Bilder, die diese Hufe im Verlauf eines Jahres zeigen, sind dem Abbildungsteil zu entnehmen. Andere fehlerhafte Hufformen der in dieser Studie teilnehmenden Pferde waren Hufe mit Trachtenzwang, Flachhufe und schiefe Zehenachsen.



**Textabb. 16:**  
**Bockhuf einer**  
**sechsjährigen**  
**Traberstute**



**Textabb. 17:**  
**Huf mit unter-**  
**geschobenen**  
**Trachten**  
**derselben**  
**Traberstute wie**  
**in Textabb. 16**

### 1.1.5 Hornringe

Die folgende Textabbildung 18 zeigt den Huf eines Ponywallaches aus dem Stall 1 mit ausgeprägten physiologischen Hornringen (so genannten Futterringen), die parallel zueinander und zum Tragrand verlaufen. Diese Hornringe waren in den Sommermonaten deutlicher ausgeprägt als in den Wintermonaten. Bei den Pferden in Offenstallhaltung (Stall 1) war diese Ringbildung vergleichsweise stärker ausgeprägt als bei den Pferden in reiner Boxenhaltung (Stall 2). So waren im Stall 1 über den gesamten Untersuchungszeitraum bei allen Pferden Hornringe sichtbar. Im Stall 2 hingegen besaßen zu Anfang der Studie nur drei Pferde leichte Hornringe. Nach einem halben Jahr wiesen sieben Pferde in diesem Stall Futterringe auf, wobei diese nur bei einem Pferd deutlich ausgeprägt waren. Ein Jahr nach Beginn der Studie waren solche Hornringe im Stall 2 bei sechs Pferden vorhanden, wobei diese wieder nur bei einem Pferd deutlich sichtbar waren.



**Textabb. 18:**  
**Physiologische  
Hornringe am  
linken Hinter-  
huf eines acht-  
zehnjährigen  
Ponywallaches**

### 1.1.6 Ausgerissene Nagellöcher

In der Textabbildung 19 ist der rechte Vorderhuf eines Ponywallaches aus dem Stall 1 abgebildet. Im Bereich der Nagellöcher sind Substanzverluste des Hufhornes sichtbar. Das Horn wies in diesem Bereich eine bröckelige und weiche Konsistenz auf. Zu Beginn der Studie zeigte das Pferd im Bereich der Nagellöcher leichte bis mittelgradige Ausbrüche, wobei diese Ausbrüche in den Wintermonaten stärker ausgeprägt waren. Ein Jahr nach Beginn der Studie zeigte das Hufhorn noch immer leichte Horndefekte in diesem Bereich. Ein weiteres Pferd wies ebenfalls einen solchen Substanzverlust im Bereich der Nagellöcher auf.



**Textabb. 19:**  
**Ausgerissene**  
**Nagellöcher am**  
**rechten Vorder-**  
**huf eines neun-**  
**zehnjährigen**  
**Ponywallaches**

## 1.2 Pflegezustand der Pferdehufe im Stallvergleich

Die Hufpflege ist ein nicht zu unterschätzender Faktor mit Einfluss auf die Hornqualität. Sie wurde in beiden Ställen dokumentiert. Im Stall 1 wurden die Hufe der Pferde nur gelegentlich ausgekratzt, nicht aber gewaschen oder gefettet. Im Stall 2 bestand die Hufpflege aus täglichem Säubern der Hufe. Dabei wurden die Hufe vor und nach dem Reiten ausgekratzt, regelmäßig gewaschen und gefettet. Im Stall 1 wurden die Hufe im Abstand von acht bis zehn Wochen einer Korrektur unterzogen, wohingegen im Stall 2 eine Hufkorrektur durch den Hufschmied im Abstand von sechs bis acht Wochen durchgeführt wurde. Die Textabbildung 20 zeigt beispielhaft den typischen Pflegezustand eines Hufes einer Warmblutstute aus dem Stall 1 und die Textabbildung 21 zeigt den Huf eines Warmblutwallaches aus dem Stall 2 nach der täglichen Hufpflege.



**Textabb. 20:**

**Linker Hinterhuf einer Warmblutstute aus dem Stall 1**



**Textabb. 21:**

**Linker Vorderhuf eines Warmblutwallaches aus dem Stall 2**

### **1.3 Ergebnisse des Hufscorings**

Anhand der zu Anfang (Sommer 2003), in der Mitte (Winter 2003/2004) und zu Ende (Sommer 2004) der Studie angefertigten Huffotos und anhand des erstellten Hufscorings konnte eine objektive Beurteilung der adspektorisch erfassbaren Hornqualität durchgeführt werden. Dazu wurden alle Hufe sämtlicher Pferde fotografiert und daraufhin anonymisiert benotet. Zunächst wurden für jedes Pferd jeweils für beide Vorder- und beide Hinterhufe separate Hufscores erstellt, welche danach gemittelt wurden (arithmetisches Mittel), um so den Hufstatus jedes Pferdes mit einer Gesamtnote charakterisieren zu können.

#### **1.3.1 Vergleich der Hornqualität zwischen Vorder- und Hinterhufen anhand des Hufscorings**

Um einen Vergleich der Hornqualität zwischen Vorder- und Hinterhufen der untersuchten Pferde vornehmen zu können, wurde das Hufscoring zunächst separat für die Vorder- bzw. Hinterhufe durchgeführt. Die folgenden Hufscores sind das arithmetische Mittel aller Vorder- bzw. Hinterhufe pro Untersuchungstermin. Der verwendete Score reicht von 0 bis 100, wobei ein Score von 100 einen Huf ohne jegliche Defekte beschreibt. Für die Vorderhufe aller Pferde wurde an Termin 1 im Mittel (arithmetischer Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung) ein Score von  $59,76 \pm 27,08$ , für die Hinterhufe ein Score von  $70,24 \pm 22,10$  berechnet. Der Score der Vorderhufe lag an Termin 2 bei  $65,71 \pm 18,25$ , der Score der Hinterhufe bei  $75,24 \pm 14,53$ . Ein Jahr nach Beginn der Studie (Termin 3) besaßen die Vorderhufe einen mittleren Score von  $74,50 \pm 16,29$  und die Hinterhufe von  $73,75 \pm 18,55$ . Die mittlere Gesamtnote aller Vorderhufe (arithmetisches Mittel der Scores aller drei Termine) lag bei  $66,53 \pm 21,66$ , wobei die Hinterhufe eine Gesamtnote von  $73,07 \pm 18,47$  aufwiesen. Demnach liegt der Mittelwert des Gesamtscores, der die adspektorisch erfassbaren Hornqualitätskriterien beschreibt, bei den untersuchten Hinterhufen über dem der untersuchten Vorderhufe.

#### **1.3.2 Vergleich der Hornqualität zwischen den Ställen im Jahresverlauf anhand des Hufscorings**

Die Gesamthufscores der Pferde beider Ställe sind aus der Tabelle 11 zu entnehmen. Diese mittleren Gesamthufnoten lagen an jedem Termin in beiden Ställen in einem ähnlichen Bereich. Insgesamt war in beiden Ställen ein leichter Anstieg der Mittelwerte der Hufscores im Laufe des Untersuchungsjahres zu beobachten.

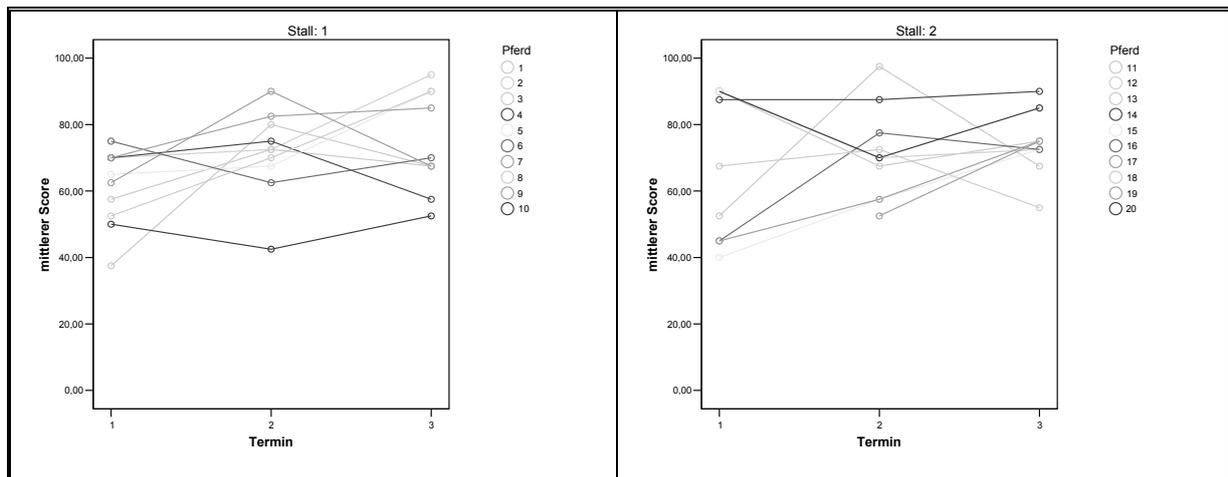
**Tabelle 11: Arithmetische Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD) der Hufscores der Pferde beider Ställe**

Stall	Termin 1 n = 18		Termin 2 n = 20		Termin 3 n = 20	
	MW	SD	MW	SD	MW	SD
1	61,00	11,61	71,50	12,86	74,25	14,72
2	68,64	21,22	69,55	14,04	74,00	9,36

Termin 1 = Juli/August 2003, Termin 2 = Januar/ Februar 2004,

Termin 3 = Juli/August 2004

**Grafik 1: Verlauf der Hufscores der einzelnen Pferde im Verlauf eines Jahres im Stallvergleich**

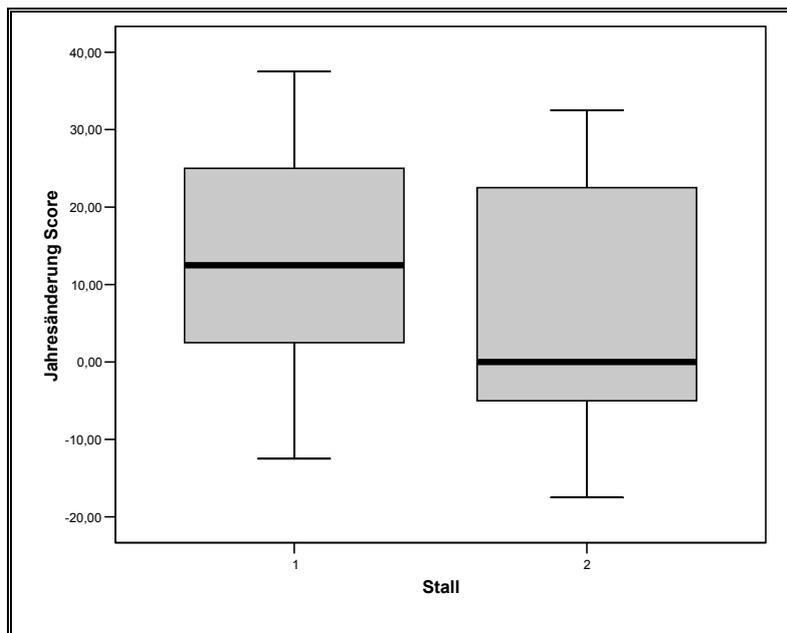


Termin 1 = Juli/August 2003, Termin 2 = Januar/Februar 2004, Termin 3 = Juli/August 2004

Im Stall 1 zeigten sieben von zehn Pferden einen Anstieg ihres Gesamthufscores (gemittelt aus den Einzelscores der Vorder- und Hinterhufe) in der Zeitspanne zwischen Termin 1 und Termin 2. Bei einem Pferd dieses Stalles fiel in dieser Zeit die Gesamthufnote ab und bei zwei Pferden veränderte sich diese nicht. Im Zeitraum zwischen Termin 2 und 3 stiegen die Hufscores bei sechs von zehn Pferden weiter an. Die anderen vier Pferde wiesen einen Abfall ihrer Hufnoten auf. Der Gesamthufscore verbesserte sich bei insgesamt acht Pferden in Offenstallhaltung im Verlauf der Studie, wobei zwei Pferde eine Verschlechterung ihrer adspektorisch erfassbaren Hornqualität aufwiesen. Im Stall 2 standen zum Termin 1 nur acht Pferde zur Bewertung zur Verfügung. Ein Pferd musste noch vor Anfertigung der ersten Huffotos aufgrund eines Unfalles euthanasiert werden, während ein anderes Pferd verkauft

## Untersuchungsergebnisse

wurde. An den Terminen 2 und 3 standen zehn Pferde zur Verfügung, da zwei Pferde im Nachhinein in diese Gruppe aufgenommen wurden. So zeigten fünf von acht Pferden zwischen dem Termin 1 und dem Termin 2 eine Verbesserung ihrer Hufnoten, während bei zwei Tieren eine Verminderung dieser Noten zu vermerken war. Bei einem Pferd änderte sich die Gesamtnote für den Zustand der Hufe nicht. Zwischen den Terminen 2 und 3 wiesen sieben von zehn Pferden eine Verbesserung der Hufscores auf. Gleichzeitig kam es bei den drei anderen Pferden zu einem Abfall der Scores in diesem Zeitraum. Die Gesamthufnoten stiegen im Verlauf der Studie bei fünf Pferden an. Bei vier Tieren verschlechterte sich die Hornqualität. Ein Pferd zeigte während des gesamten Untersuchungszeitraumes keine nennenswerten Schwankungen der Hufnoten. Dieses Pferd besaß von Beginn an eine sehr gute Hornqualität, welche sich über den gesamten Zeitraum dieser Studie nicht veränderte.

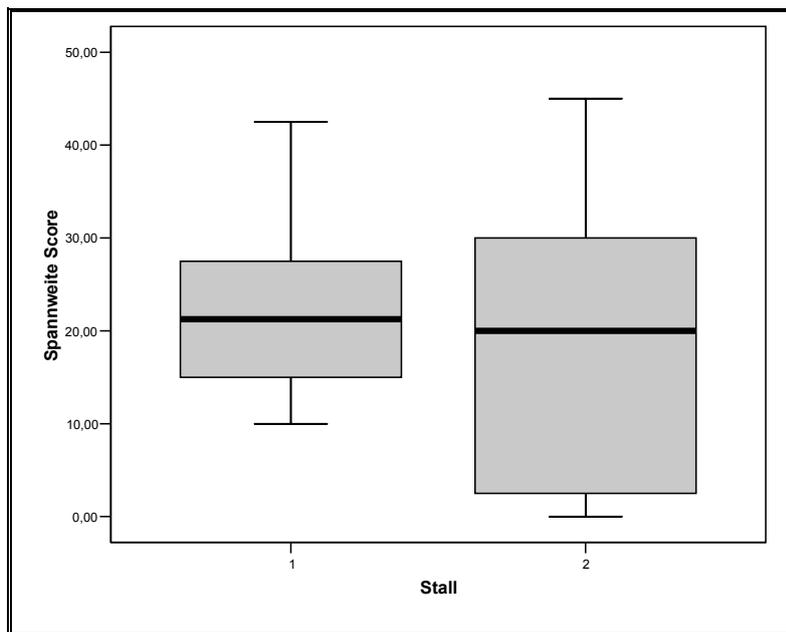


**Grafik 2:**  
**Änderung der Gesamthufscores im Verlaufe eines Jahres zwischen Sommer 2003 und Sommer 2004 im Stallvergleich**

Im Stallvergleich konnte bezüglich einer Änderung der mittleren Hufscores zwischen Sommer 2003 und Sommer 2004 kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Dafür wurden zunächst die Gesamtscores jedes einzelnen Pferdes für jeden Untersuchungstermin getrennt berechnet. Diese Änderungswerte der Pferde aus dem Stall 1 und der Pferde aus dem Stall 2 (Differenz der Noten zwischen erstem und letztem Untersuchungstermin) wurden in Form von Boxplots grafisch dargestellt (Grafik 2) und in einer explorativen Datenanalyse mittels U-Test miteinander verglichen. Der Median liegt bei den Pferden aus dem Stall 1 auf einem höheren Niveau als in dem Stall 2. Hier liegt der Median nicht in der Mitte der Box,

## Untersuchungsergebnisse

d. h. es liegt eine schiefe Verteilung vor. Auch die größten und kleinsten Beobachtungswerte liegen bei den Tieren im Stall 1 auf einem höheren Niveau als im Stall 2. Die Niveaunterschiede der Gruppen sind aber gering und es liegt eine Überschneidung der Boxen vor. Unterschiede in der Ab- oder Zunahme der Hufnoten ergaben sich nur bei den Einzeltieren. Die statistische Auswertung mittels U-Test ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied der Jahresänderung zwischen den Ställen, da die Ergebnisse der einzelnen Pferde eine zu große Streuung aufwiesen.



**Grafik 3:**

**Die Spannweite der mittleren Gesamthufscores im Stallvergleich**

Die Spannweite der Gesamthufscores der Pferde (Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten ermittelten Wert) zeigte im Vergleich zwischen dem Stall 1 und dem Stall 2 keinen Unterschied. Aus den Gesamtscores der drei Termine wurden für jedes Pferd der minimale und der maximale Score ermittelt. Aus diesen Werten wurde die Spannweite berechnet und in Form von Boxplots in Grafik 3 im Stallvergleich grafisch dargestellt. Der Median liegt hierbei in beiden Boxen auf einem ähnlichen Niveau, wobei die Streuung der Werte im Stall 2 größer ist als im Stall 1. Die Spannweiten der Hufnoten beider Ställe wurden mittels U-Test miteinander verglichen. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Ställen in Bezug auf die Spannweite der Hufscores beider Ställe festgestellt werden.

### **1.3.3 Einfluss des Alters, des Geschlechtes und der Pigmentierung der Hufe auf die Hornqualität**

Um einen Einfluss des Alters untersuchen zu können, wurden die Pferde in folgende Altersgruppen eingeteilt: 6 - 10 Jahre, 11 - 15 Jahre, 16 - 20 Jahre und > 20 Jahre. In der Altersgruppe der sechs- bis zehnjährigen Pferde ( $n = 11$ ) lag der mittlere Hufscore über dem gesamten Untersuchungszeitraum bei  $73,25 \pm 11,04$ . Bei den elf- bis fünfzehnjährigen Pferden ( $n = 5$ ) betrug dieser  $62,51 \pm 12,38$ , in der Altersgruppe zwischen sechzehn und 20 Jahren ( $n = 3$ ) bei  $64,44 \pm 8,86$  und bei dem 22-jährigen Pferd bei 74,16.

Der mittlere Hufscore lag bei den Stuten ( $n = 6$ ) bei  $73,15 \pm 13,63$  und bei den Wallachen ( $n = 14$ ) bei  $68,31 \pm 15,00$ .

Unpigmentierte Hufe ( $n = 11$ ) wiesen im Mittel einen Score von  $64,38 \pm 23,97$  auf, wobei pigmentierte Hufe ( $n = 54$ ) eine mittlere Hufnote von  $66,85 \pm 21,52$  besaßen. Damit konnte weder ein Einfluss des Alters oder des Geschlechtes der Pferde noch der Pigmentierung der Hufe auf die adspektorisch erfassbare Hornqualität festgestellt werden. Individuelle Schwankungen waren hier weitaus größer als Unterschiede innerhalb der Altersgruppen, zwischen den Geschlechtern oder in Abhängigkeit vom Pigmentierungsgrad des Hufhornes.

## **2. Untersuchung der Hufform**

Zur Untersuchung der Hufform wurden, soweit möglich, alle vier Hufe der an dieser Studie teilnehmenden Pferde und Ponys vermessen. Die Lokalisation der einzelnen Messstrecken ist im Kapitel „Material und Methoden“ beschrieben und grafisch abgebildet. Dabei konnten jedoch nicht an jedem Termin von allen Pferden die Hufparameter ermittelt werden, da eine Messung nur durchführbar war, wenn eine Hufkorrektur durch den Hufschmied vorgenommen und dabei die Hufeisen entfernt wurden. Da die Hornbildungsrate bei einigen Pferden deutlich geringer war als bei anderen, wurden die Hufe dieser Pferde nicht alle acht Wochen einer Korrektur unterzogen. Von den gemessenen Daten wurden jeweils für die Vorder- und Hinterhufe jedes Pferdes der arithmetische Mittelwert (MW) und die Standardabweichung (SD) zur Charakterisierung ermittelt, wobei diese Werte lediglich eine Aussage über die im Rahmen dieser Studie untersuchten Pferdehufe machen sollen. Aus den Tabellen im Anhang können die Einzelwerte aller Pferde entnommen werden.

## 2.1 Die Form der Vorderhufe

Der Zehenrückenwinkel der untersuchten Pferdehufe (arithmetischer Mittelwert aller Messungen) betrug beim Warmblut ( $n = 61^*$ ) am Vorderhuf im Mittel  $52,35^\circ \pm 1,84$ , beim Traber ( $n = 8^*$ )  $53,56^\circ \pm 1,32$  und beim Pony ( $n = 47^*$ )  $51,65^\circ \pm 2,41$ . Die mittlere Hufbreite der Vorderhufe lag beim Warmblut bei  $13,15 \text{ cm} \pm 1,21$ , beim Traber bei  $10,87 \text{ cm} \pm 0,14$  und beim Pony bei  $11,86 \text{ cm} \pm 0,77$ . Die mittlere Huflänge betrug beim Warmblut bei  $13,93 \text{ cm} \pm 1,23$ , beim Traber bei  $12,08 \text{ cm} \pm 0,14$  und beim Pony bei  $12,37 \text{ cm} \pm 0,99$ . Weiterhin wurde die Trachtenhöhe gemessen. Diese betrug beim Warmblut  $3,62 \text{ cm} \pm 0,59$ , beim Traber  $3,08 \text{ cm} \pm 0,3$  und beim Pony  $3,40 \text{ cm} \pm 0,38$ . Einen Überblick der gemessenen Hufparameter der Vorderhufe im Laufe des gesamten Untersuchungszeitraumes gibt die Tabelle 12. Die Mittelwerte wurden aus den Einzelwerten der Tabellen im Anhang errechnet. Für jede Rasse wurden alle regelmäßig erfassten Daten zusammengefasst und das arithmetische Mittel (MW) und die Standardabweichung (SD) berechnet.

\*  $n$  = Anzahl der vermessenen Hufe über den gesamten Untersuchungszeitraum

**Tabelle 12: Arithmetischer Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) des Zehenrückenwinkels, der Hufbreite, der Huflänge und der Trachtenhöhe der Vorderhufe bei den verschiedenen untersuchten Pferderassen ( $n$  = Anzahl vermessener Hufe)**

Pferderasse	mittlerer Zehenrückenwinkel [°]		mittlere Hufbreite [cm]		mittlere Huflänge [cm]		mittlere Trachtenhöhe [cm]	
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
Warmblut ( $n = 61$ )	52,35	1,84	13,15	1,21	13,93	1,23	3,62	0,59
Pony ( $n = 47$ )	51,65	2,41	11,86	0,77	12,37	0,99	3,40	0,38
Traber ( $n = 8$ )	53,56	1,32	10,87	0,14	12,08	0,14	3,08	0,31

## 2.2 Die Form der Hinterhufe

Der bei den untersuchten Pferden gemessene Zehenrückenwinkel (arithmetischer Mittelwert aller Messungen über den gesamten Untersuchungszeitraum) betrug beim Warmblut (n = 61\*) am Hinterhuf im Mittel  $52,54^\circ \pm 2,16$ , beim Traber (n = 8\*)  $50,31^\circ \pm 1,60$  und beim Pony (n = 47\*)  $52,05^\circ \pm 2,38$ . Die mittlere Hufbreite der Hinterhufe maß beim Warmblut  $12,41 \text{ cm} \pm 0,78$ , beim Traber  $10,53 \text{ cm} \pm 0,20$  und beim Pony  $10,88 \text{ cm} \pm 0,79$ . Die mittlere Huflänge lag beim Warmblut durchschnittlich bei  $13,59 \text{ cm} \pm 1,16$ , beim Traber bei  $12,06 \text{ cm} \pm 0,39$  und beim Pony bei  $11,90 \text{ cm} \pm 0,97$ . Zudem wurde für die Hinterhufe in gleicher Weise wie für die Vorderhufe die Trachtenhöhe ermittelt. Diese betrug beim Warmblut  $3,20 \text{ cm} \pm 0,70$ , beim Traber  $2,23 \text{ cm} \pm 0,28$  und beim Pony  $2,84 \text{ cm} \pm 0,41$ . Eine Übersicht über die gemessenen Hufparameter der Hinterhufe über den gesamten Untersuchungszeitraum gibt die Tabelle 13. Auch hier sind die errechneten Mittelwerte das Ergebnis der Einzelwerte aus den Tabellen im Anhang. Für jede Rasse wurden hier ebenfalls die monatlichen Daten zusammengefasst und das arithmetische Mittel (MW) und die Standardabweichung (SD) berechnet.

\* n = Anzahl der vermessenen Hufe über den gesamten Untersuchungszeitraum

**Tabelle 13: Arithmetischer Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) des Zehenrückenwinkels, der Hufbreite, der Huflänge und der Trachtenhöhe der Hinterhufe bei den verschiedenen untersuchten Pferderassen (n = Anzahl vermessener Hufe)**

Pferderasse	mittlerer Zehenrückenwinkel [°]		mittlere Hufbreite [cm]		mittlere Huflänge [cm]		mittlere Trachtenhöhe [cm]	
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
Warmblut (n = 61)	52,54	2,16	12,41	0,78	13,59	1,16	3,20	0,70
Pony (n = 47)	52,05	2,38	10,88	0,79	11,90	0,97	2,84	0,41
Traber (n = 8)	50,31	1,60	10,53	0,20	12,06	0,39	2,23	0,28

### 2.3 Vergleich der Form von Vorder- und Hinterhufen

Die Vorderhufe der untersuchten Pferde sind im Allgemeinen runder und breiter als die Hinterhufe. Die Textabbildungen 22 und 23 zeigen exemplarisch den rechten Vorder- und Hinterhuf einer Warmblutstute aus dem Stall 2. Diese Bilder veranschaulichen beispielhaft die runde, breitere Form eines Vorderhufes bzw. die ovale, schmalere Form eines Hinterhufes.



**Textabb. 22:**  
**Rechter Vorderhuf einer**  
**Warmblutstute aus dem Stall 2**



**Textabb. 23:**  
**Rechter Hinterhuf desselben**  
**Pferdes wie in Textabb. 22**

Hinsichtlich der gemessenen Winkel- und Längenmaße wurden zwischen Vorder- und Hinterhufen nur geringfügige Unterschiede deutlich. Die Mittelwerte der Vorder- und Hinterhufe der verschiedenen Pferderassen werden hier nicht erneut aufgeführt, sondern sind aus den Tabellen 12 und 13 zu entnehmen.

## 2.4 Jahreszeitliche Änderungen der Hufform

Um die jahreszeitlichen und die durch die Hufschmiedearbeit bedingten Veränderungen der Hufform zu dokumentieren, wurden die Hufe über den Zeitraum eines Jahres im Abstand von sechs bis acht Wochen parallel zur Hornprobennahme vermessen. Für eine bessere Übersicht wurden die Monatsmittelwerte und die Standardabweichung der einzelnen Parameter für jeden Stall aus den Einzelwerten jedes Pferdes berechnet und in den Tabellen 14 bis 17 aufgeführt. Hierbei muss beachtet werden, dass der Probenumfang von Monat zu Monat verschieden war, da nicht bei jedem Termin von allen Pferden eine Hornprobennahme und anschließende Vermessung möglich war. Die Einzelwerte der Pferde können aus den Tabellen im Anhang entnommen werden.

**Tabelle 14: Arithmetischer Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) der verschiedenen Hufparameter der Vorderhufe aller Pferde in den einzelnen Untersuchungsmonaten im Stall 1 (Offenstallhaltung)**

Monat	Juli/ Aug.	Sept.	Okt.	Nov./ Dez.	Jan./ Feb.	März/ April	Mai/ Juni	Juli/ Aug
Hufparameter	n = 10	n = 9	n = 10	n = 10	n = 10	n = 10	n = 10	n = 10
<b>Zehenrückwinkel (°)</b>								
MW	51,75	51,33	51,55	51,30	51,30	52,35	52,75	51,90
SD	2,11	1,98	1,48	2,22	2,16	2,92	1,90	2,28
<b>Hufbreite (cm)</b>								
MW	12,02	11,93	11,84	11,87	11,91	11,85	11,91	11,88
SD	0,96	0,98	0,85	0,79	0,81	0,97	0,83	0,91
<b>Huflänge (cm)</b>								
MW	12,43	12,71	12,67	12,62	12,60	12,56	12,27	12,40
SD	0,88	1,01	0,96	0,99	0,81	1,07	0,86	0,82
<b>Trachtenhöhe (cm)</b>								
MW	3,19	3,01	3,30	3,46	3,05	3,24	3,53	3,62
SD	0,41	0,19	0,41	0,42	0,31	0,38	0,26	0,39

## Untersuchungsergebnisse

Wesentliche Unterschiede in Abhängigkeit von der Jahreszeit konnten in Bezug auf die Hufform der untersuchten Pferde nicht festgestellt werden. Da sich der saisonale Verlauf der Hufform bei den einzelnen Pferderassen (Warmblut, Traber, Pony) nicht unterschied, wurden im Rahmen der Dokumentation der jahreszeitlichen Veränderungen die Daten nicht nach Rassen getrennt.

Im Bezug auf die regelmäßig gemessenen Winkel- und Längenparameter der Vorderhufe der Pferde aus dem Stall 1 konnten im Verlauf eines Jahres keine auffallenden Schwankungen festgestellt werden. Die arithmetischen Mittelwerte der Zehenrückenwinkel an den Vorderhufen der Pferde in Offenstallhaltung unterlagen innerhalb des Untersuchungszeitraumes von einem Jahr mit einem Höchstwert von  $52,75^\circ$  im Frühsommer 2004 und einem Tiefstwert von  $51,30^\circ$  in den Wintermonaten 2003 nur geringen Schwankungen. Auch die Mittelwerte der Hufbreite blieben bei den untersuchten Pferden mit einem Maximum von 12,02 cm im Sommer 2003 und einem Minimum von 11,84 cm im Herbst 2003 stabil. In Bezug auf die mittlere Huflänge mit einem Mittelwert von 12,71 cm im Herbst 2003 und 12,27 cm im Frühsommer 2004 sind deutliche saisonale Schwankungen nicht zu beobachten. Die mittlere gemessene Trachtenhöhe liegt mit einem maximalen Mittelwert von 3,62 cm im Sommer 2004 und einem minimalen von 3,01 cm im Herbst 2003 im Vergleich zu den beiden anderen Messwerten in einem geringgradig erweiterten Bereich.

**Tabelle 15:** Arithmetischer Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) der verschiedenen Hufparameter der Vorderhufe aller Pferde in den einzelnen Untersuchungsmonaten im Stall 2 (Boxenhaltung)

Monat	Juli/ Aug.	Sept.	Okt.	Nov./ Dez.	Jan./ Feb.	März/ April	Mai/ Juni	Juli/ Aug.
Hufparameter	n = 4			n = 3	n = 4	n = 9	n = 8	n = 9
<b>Zehenrückenwinkel (°)</b>		*	*					
MW	53,00			52,33	52,62	52,94	54,25	52,11
SD	1,58			2,02	3,09	1,50	1,75	1,55
<b>Hufbreite (cm)</b>		*	*					
MW	13,82			14,33	13,63	13,53	13,68	13,59
SD	1,37			1,12	1,41	0,90	1,25	1,20
<b>Huflänge (cm)</b>		*	*					
MW	14,48			15,05	14,32	14,40	14,47	14,68
SD	1,67			1,38	1,17	1,19	1,01	1,21
<b>Trachtenhöhe (cm)</b>		*	*					
MW	3,62			3,73	3,91	3,98	4,10	3,82
SD	0,35			0,68	0,56	0,53	0,61	0,48

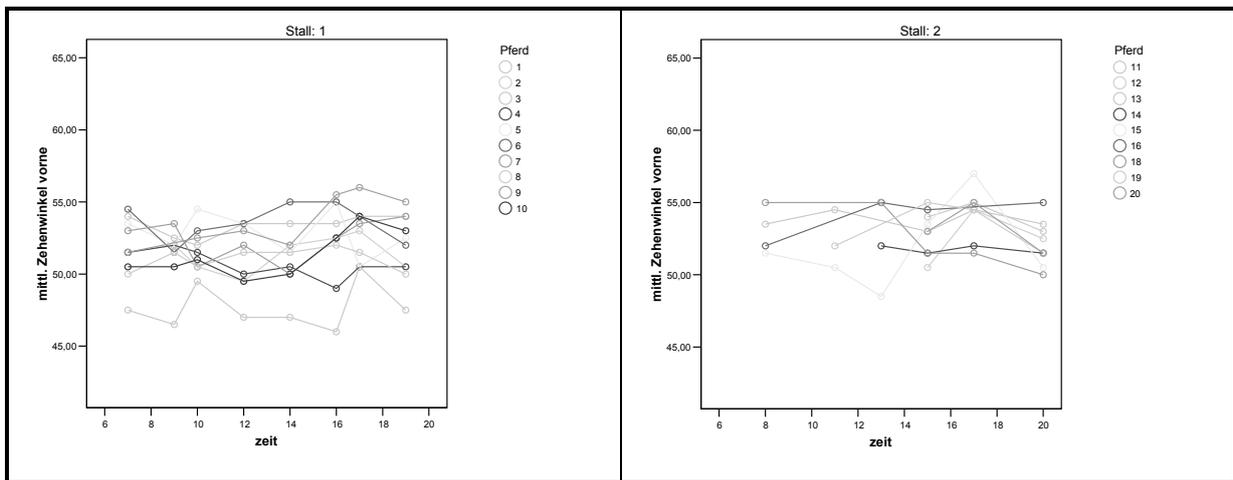
\* keine Probenentnahme möglich, da übermäßige Abnutzung des Hufhornes durch abschleifende Wirkung eines neuen Reithallenbodens

Auch im Stall 2 zeigten die arithmetischen Mittelwerte der vermessenen Vorderhufe in Bezug auf ihre Winkel- und Längenparameter keine auffälligen Schwankungen. Der Mittelwert des Zehenrückenwinkels der Vorderhufe der Pferde in Boxenhaltung unterlag innerhalb eines Jahres mit einem Höchstwert von 54,25° im Frühsommer 2004 und einem Tiefstwert von 52,11° im Sommer 2004 geringen Schwankungen, wobei in diesem Fall die Differenz dieser Mittelwerte größer war, als im Stall 1. Die mittlere Hufbreite schwankte bei den untersuchten Pferden mit einem mittleren Höchstwert von 14,33 cm im Winter 2003 und einem Tiefstwert von 13,53 cm im Frühjahr 2004 nur wenig. In Bezug auf die mittlere Huflänge mit 15,05 cm im Dezember 2003 und 14,32 cm im Februar 2004 sind nur geringe Schwankungen zu

## Untersuchungsergebnisse

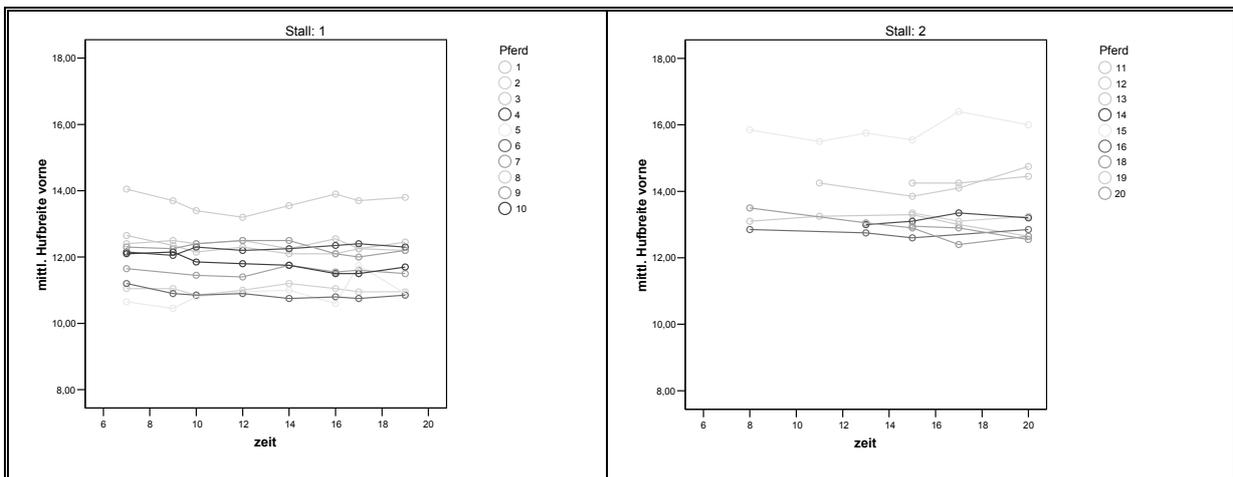
beobachten. Die arithmetischen Mittelwerte der gemessenen Trachtenhöhe lagen zwischen maximal 4,10 cm im Frühsommer 2004 und minimal 3,62 cm im Sommer 2003 auch in einem engen Bereich.

**Grafik 4 a:** Schwankungen des mittleren Zehenrückenwinkels der Vorderhufe [°] im Verlauf eines Jahres im Stallvergleich



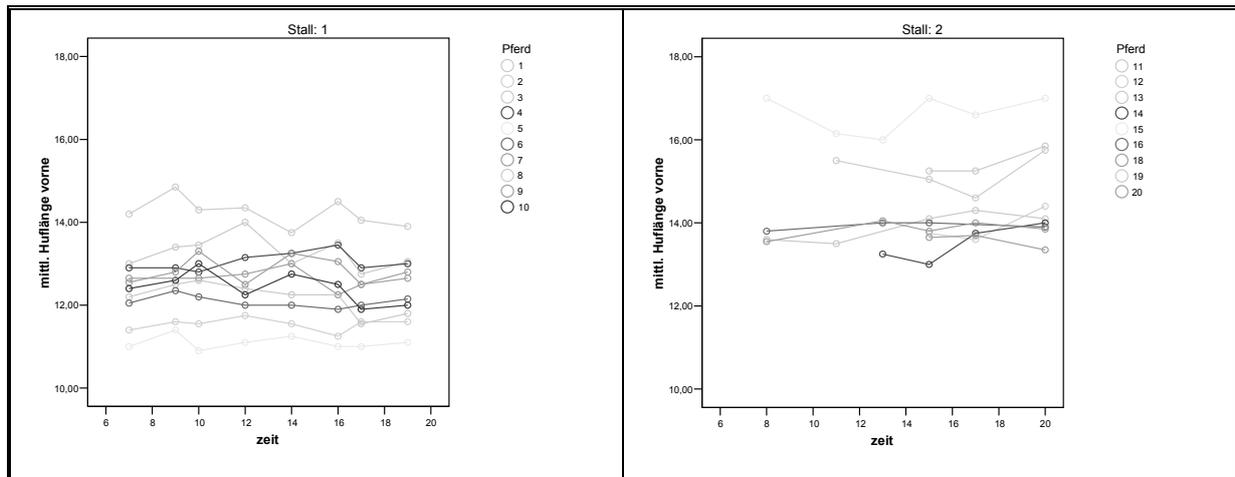
Zeit: 6 = Juni 2003, 8 = August 2003, 10 = Oktober 2003, 12 = Dezember 2003, 14 = Februar 2004, 16 = April 2004, 18 = Juni 2004, 20 = August 2004

**Grafik 4 b:** Schwankungen der mittleren Hufbreite der Vorderhufe [cm] im Verlauf eines Jahres im Stallvergleich



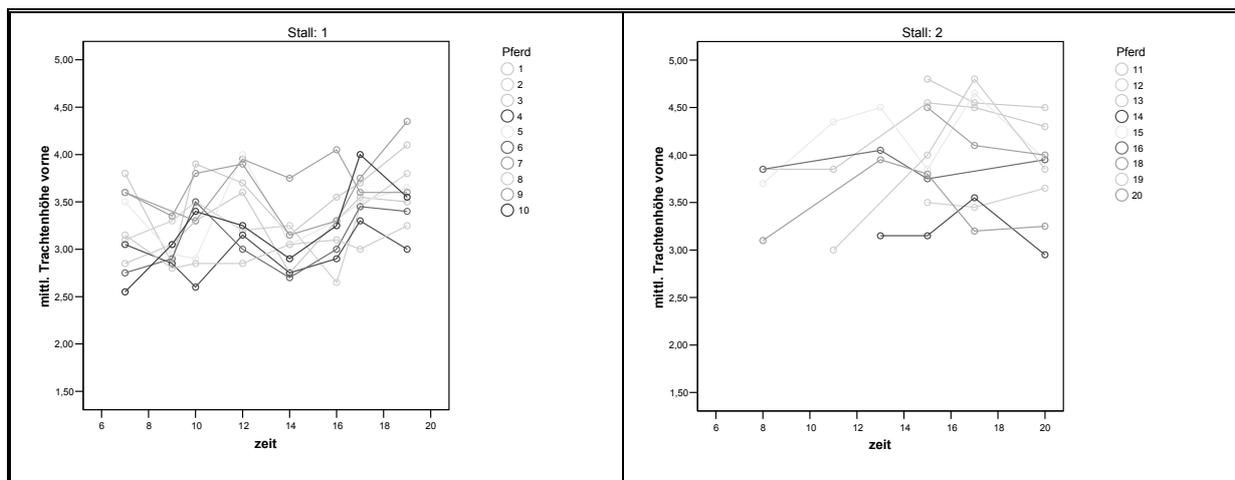
Zeit: 6 = Juni 2003, 8 = August 2003, 10 = Oktober 2003, 12 = Dezember 2003, 14 = Februar 2004, 16 = April 2004, 18 = Juni 2004, 20 = August 2004

**Grafik 4 c: Schwankungen der mittleren Huflänge der Vorderhufe [cm] im Verlauf eines Jahres im Stallvergleich**



Zeit: 6 = Juni 2003, 8 = August 2003, 10 = Oktober 2003, 12 = Dezember 2003, 14 = Februar 2004, 16 = April 2004, 18 = Juni 2004, 20 = August 2004

**Grafik 4 d: Schwankungen der mittleren Trachtenhöhe der Vorderhufe [cm] im Verlauf eines Jahres im Stallvergleich**



Zeit: 6 = Juni 2003, 8 = August 2003, 10 = Oktober 2003, 12 = Dezember 2003, 14 = Februar 2004, 16 = April 2004, 18 = Juni 2004, 20 = August 2004

Zur Darlegung von saisonalen und individuellen Schwankungen der untersuchten Winkel- und Längenparameter der Vorderhufe wurden die Daten, einzeln für jedes Pferd, in den Grafiken 4 a bis d graphisch dargestellt. Dabei weisen Zehenwandwinkel und Trachtenhöhe größere *individuelle* Schwankungen auf als Hufbreite und Huflänge, die sowohl im Jahresverlauf als auch individuell nur sehr geringen Änderungen unterliegen.

**Tabelle 16: Arithmetischer Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) der verschiedenen Hufparameter der Hinterhufe aller Pferde in den einzelnen Untersuchungsmonaten im Stall 1 (Offenstallhaltung)**

Monat	Juli/ Aug.	Sept.	Okt.	Nov./ Dez.	Jan./ Feb.	März/ April	Mai/ Juni	Juli/ Aug.
Hufparameter	n = 10	n = 9	n = 10	n = 10	n = 10	n = 10	n = 10	n = 10
<b>Zehenrückenwinkel (°)</b>								
MW	51,35	51,72	51,45	52,50	51,55	52,05	52,20	50,30
SD	2,50	1,93	1,27	1,95	1,70	2,46	2,67	2,45
<b>Hufbreite (cm)</b>								
MW	11,27	11,23	11,20	11,16	11,13	11,13	11,22	11,22
SD	0,93	0,99	1,03	0,85	0,94	0,88	1,01	0,91
<b>Huflänge (cm)</b>								
MW	12,31	12,33	12,45	12,40	12,02	12,24	12,13	12,18
SD	1,05	1,13	0,95	0,95	1,13	0,94	1,06	0,99
<b>Trachtenhöhe (cm)</b>								
MW	2,37	2,45	2,66	2,79	2,70	2,67	2,75	3,08
SD	0,28	0,34	0,36	0,32	0,46	0,28	0,33	0,36

Die arithmetischen Mittelwerte der untersuchten Hufparameter der Hinterhufe zeigten im Stall 1 keine großen Schwankungen. Der Mittelwert der Zehenrückenwinkel lag mit einem Maximalwert im Winter 2003 bei 52,50° und einem Minimalwert von 50,30° im Sommer 2004 in einem engen Bereich. Die mittlere Hufbreite erreichte bei diesen Pferden einen mittleren Höchstwert von 11,27 cm im Sommer 2003 und einen Tiefstwert von 11,13 cm im Winter und Frühjahr 2004. Auch bei der mittleren Huflänge mit 12,45 cm im Herbst 2003 und 12,02 cm im Winter 2003/2004 waren keine nennenswerten Schwankungen zu beobachten. Die Mittelwerte der Trachtenhöhe bewegten sich zwischen maximal 3,08 cm im Sommer 2004 und minimal 2,37 cm im Sommer 2003.

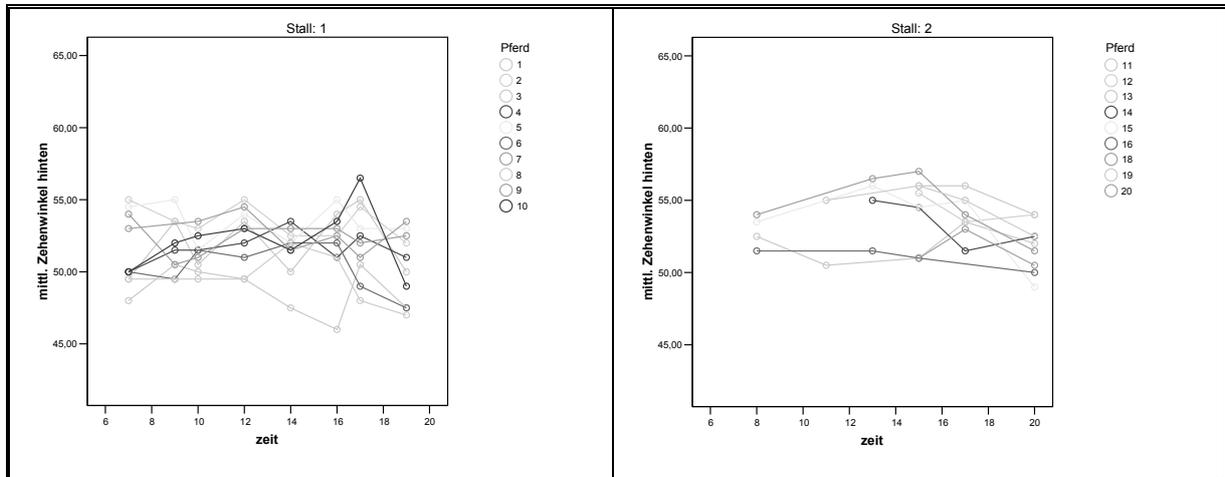
**Tabelle 17: Arithmetischer Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) der verschiedenen Hufparameter der Hinterhufe aller Pferde in den einzelnen Untersuchungsmonaten im Stall 2 (Boxenhaltung)**

Monat	Juli/ Aug. n = 4	Sept.	Okt.	Nov./ Dez. n = 3	Jan./ Feb. n = 4	März/ April n = 9	Mai/ Juni n = 8	Juli/ Aug. n = 9
<b>Zehenrückenwinkel (°)</b>		*	*					
MW	52,87			53,50	54,75	54,05	53,93	51,77
SD	1,10			2,59	2,25	2,41	1,39	1,71
<b>Hufbreite (cm)</b>		*	*					
MW	12,55			13,10	12,75	12,55	12,73	12,57
SD	0,80			1,11	0,92	0,77	0,71	0,83
<b>Huflänge (cm)</b>		*	*					
MW	13,98			14,26	13,67	13,92	13,98	14,00
SD	1,49			1,12	1,59	1,49	1,18	1,16
<b>Trachtenhöhe (cm)</b>		*	*					
MW	2,82			3,61	3,47	3,71	3,91	3,80
SD	0,53			0,40	0,35	0,60	0,50	0,39

\* keine Probenentnahme möglich, da übermäßige Abnutzung des Hufhornes durch abschleifende Wirkung eines neuen Reithallenbodens

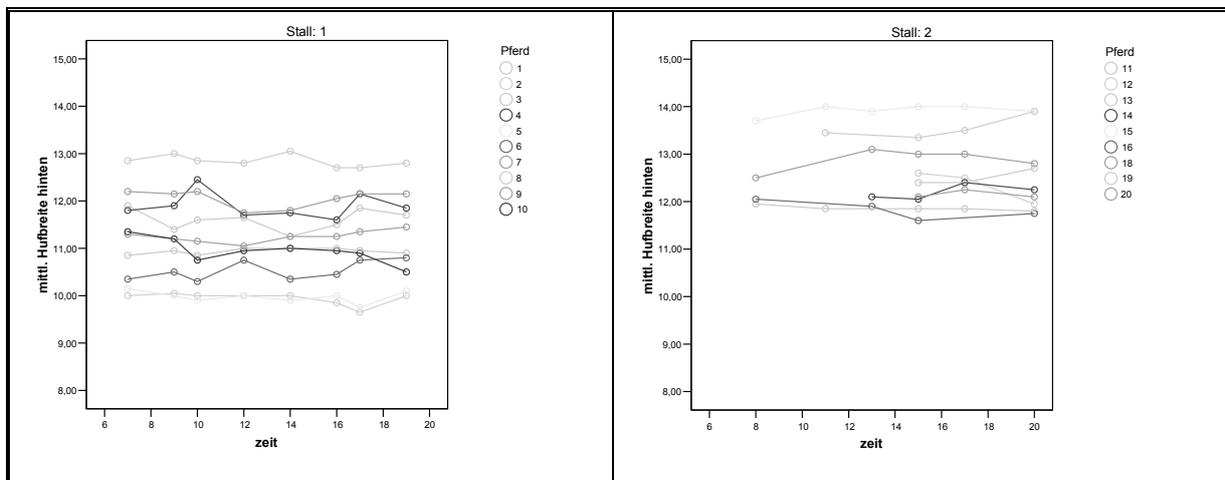
Der mittlere Zehenrückenwinkel (arithmetisches Mittel) der Hinterhufe der Pferde in Boxenhaltung (Stall 2) lag innerhalb des Untersuchungszeitraumes von einem Jahr zwischen einem Höchstwert von 54,75° in den Wintermonaten 2003/2004 und einem Tiefstwert von 51,77° im Sommer 2004. Die Mittelwerte der Hufbreite blieben bei den untersuchten Pferden mit einem Höchstwert von 13,10 cm im Winter 2003/2004 und einem Tiefstwert von 12,55 cm im Sommer 2003 und 12,55 cm im Frühjahr 2004 stabil. Die mittlere Huflänge lag bei einem Maximalwert von 14,26 cm im Winter 2003/2004 und einem Minimalwert von 13,67 cm zwei Monate später. Die gemessene mittlere Trachtenhöhe betrug zwischen 3,91 cm im Frühsommer 2004 und 2,82 cm im Sommer 2003.

**Grafik 5 a:** Schwankungen des mittleren Zehenrückenwinkels der Hinterhufe [°] im Verlauf eines Jahres im Stallvergleich



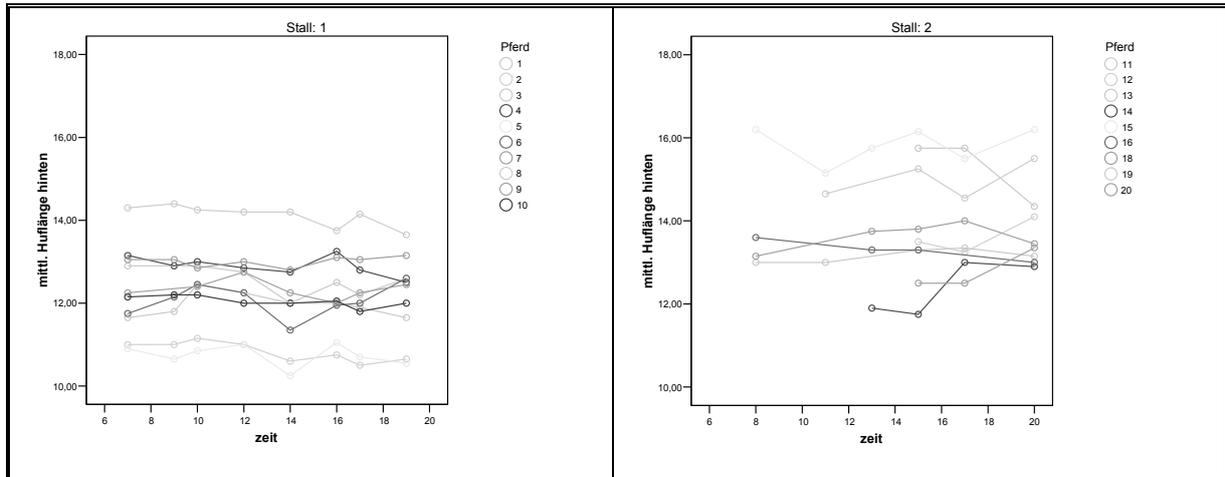
Zeit: 6 = Juni 2003, 8 = August 2003, 10 = Oktober 2003, 12 = Dezember 2003, 14 = Februar 2004, 16 = April 2004, 18 = Juni 2004, 20 = August 2004

**Grafik 5 b:** Schwankungen der mittleren Hufbreite der Hinterhufe [cm] im Verlauf eines Jahres im Stallvergleich



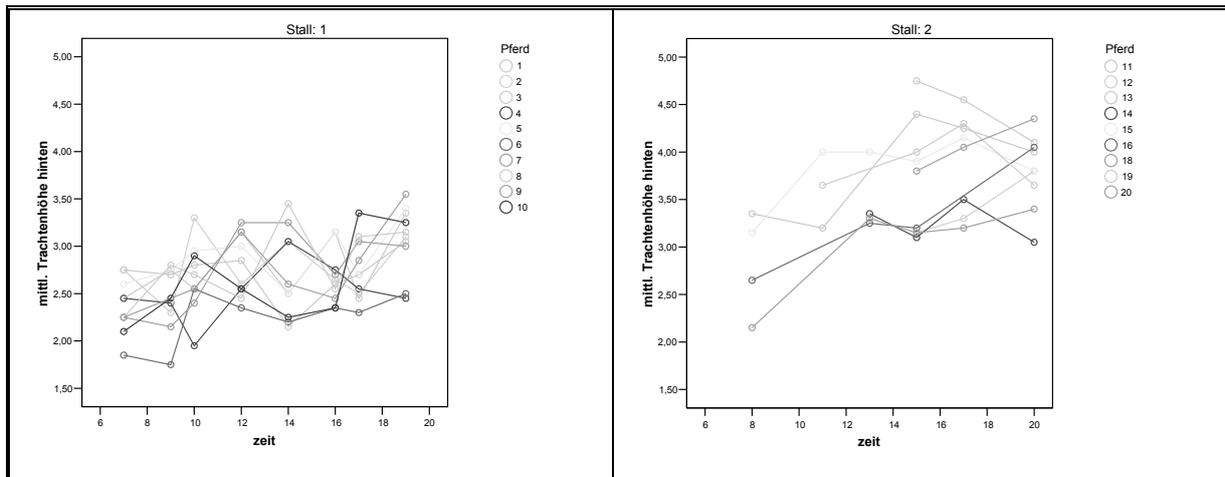
Zeit: 6 = Juni 2003, 8 = August 2003, 10 = Oktober 2003, 12 = Dezember 2003, 14 = Februar 2004, 16 = April 2004, 18 = Juni 2004, 20 = August 2004

**Grafik 5 c: Schwankungen der mittleren Huflänge der Hinterhufe [cm] im Verlauf eines Jahres im Stallvergleich**



Zeit: 6 = Juni 2003, 8 = August 2003, 10 = Oktober 2003, 12 = Dezember 2003, 14 = Februar 2004, 16 = April 2004, 18 = Juni 2004, 20 = August 2004

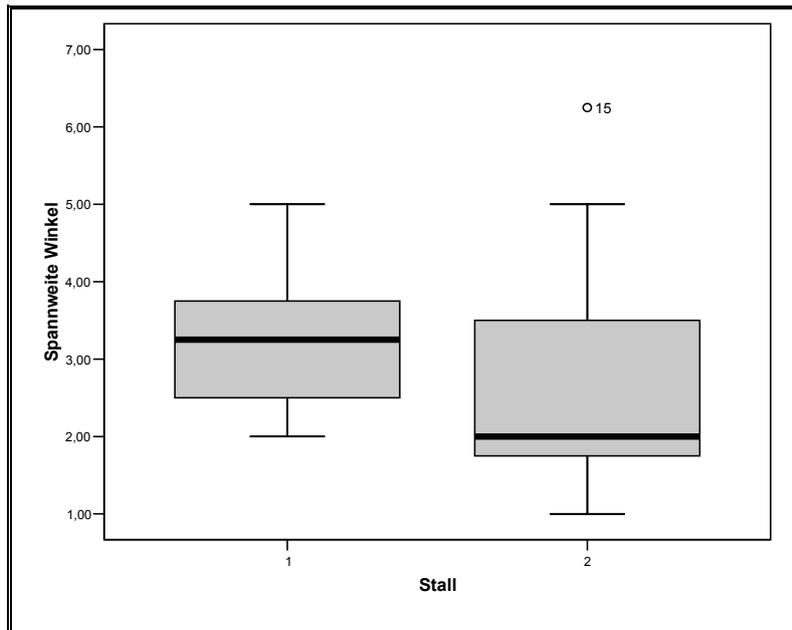
**Grafik 5 d: Schwankungen der mittleren Trachtenhöhe der Hinterhufe [cm] im Verlauf eines Jahres im Stallvergleich**



Zeit: 6 = Juni 2003, 8 = August 2003, 10 = Oktober 2003, 12 = Dezember 2003, 14 = Februar 2004, 16 = April 2004, 18 = Juni 2004, 20 = August 2004

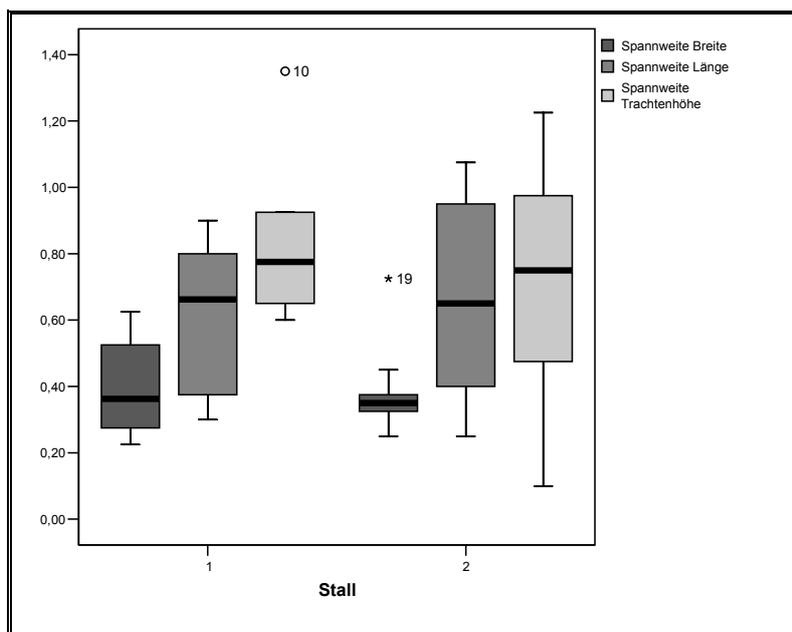
Die saisonalen und individuellen Schwankungen der untersuchten Winkel- und Längenparameter der Hinterhufe wurden, einzeln für jedes Pferd, in den Grafiken 5 a bis d graphisch dargestellt. Auch an den Hinterhufen weisen Zehenwandwinkel und Trachtenhöhe größere *individuelle* Schwankungen auf als die Hufbreite und Huflänge.

## Untersuchungsergebnisse



**Grafik 6 a:**

**Spannweite des Zehenrückenwinkels [°] im Stallvergleich**



**Grafik 6 b:**

**Spannweite der Hufbreite, der Huflänge und der Trachtenhöhe [cm] im Stallvergleich**

Bezüglich der Spannweite (Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten gemessenen Wert) des Zehenrückenwinkels, der Hufbreite, der Huflänge und der Trachtenhöhe konnte im Stallvergleich mittels U-Test kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Hierfür wurden die Vorder- und Hinterhufe nicht getrennt betrachtet, sondern für jedes Pferd die Einzelwerte der Vorder- und Hinterhufe gemittelt, so dass für jedes Pferd ein Gesamtwert pro Parameter und Termin ermittelt wurde. Aus diesen Werten wurde zunächst für jeden Parameter der maximale und der minimale Messwert ermittelt und die Differenz dieser Werte

## Untersuchungsergebnisse

(Spannweite) in Form von Boxplots in den Grafiken 6 a und b dargestellt. In der grafischen Darstellung der Spannweite der Zehenrückenwinkel liegt der Median im Stall 1 höher als im Stall 2. Dieser Median liegt, insbesondere im Stall 2, nicht in der Mitte der Box, d. h. es liegt eine schiefe Verteilung vor. Die größten Beobachtungswerte liegen in beiden Gruppen auf einem ähnlichen Niveau. Der kleinste Beobachtungswert liegt im Stall 1 auf höherem Niveau als im Stall 2 und zudem liegt eine Überschneidung der Boxplots vor. Die statistische Auswertung mittels U-Test ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied der Spannweite der Zehenrückenwinkel zwischen den Ställen, da die Ergebnisse der einzelnen Pferde eine große Streuung aufwiesen. Das Ergebnis von Pferd 15 ist als Extremwert mit einem Kreis gekennzeichnet. Der Median der Hufbreite, Huflänge und Trachtenhöhe liegt in beiden Ställen jeweils auf einem ähnlichen Niveau. Bei den Pferden aus dem Stall 1 ist Streuung der Hufbreite größer als im Stall 2, wobei die Pferde aus dem Stall 2 eine größere Streuung der Huflänge und Trachtenhöhe aufweisen. Die Ergebnisse von Pferd 10 und Pferd 19 sind als Extremwerte mit einem Kreis bzw. einem Stern gekennzeichnet.

### **3. Bestimmung der Hornbildungsrate**

Zur Bestimmung der Hornbildungsrate konnten lediglich zwei Pferde aus dem Stall 1 beispielhaft herangezogen werden, da die Pferdebesitzer einer Markierung der Pferdehufe nicht zustimmten (siehe Kapitel Material und Methoden). Bei einem Warmblutwallach mit qualitativ gutem Horn lag die Hornbildungsrate zwischen Juli 2003 und Oktober 2003 bei durchschnittlich 13 mm pro Monat, zwischen Oktober 2003 und Januar 2004 im Mittel bei lediglich 5 mm pro Monat. Ab Januar 2004 konnte die Hornbildungsrate dieses Pferdes nicht weiter ermittelt werden, da die horizontale Hornkluft, deren Abstand zum Kronrand als Messparameter diente, herausgewachsen war (siehe Kapitel „Abbildungen“, Abbildung 8). Die Hornbildungsrate des anderen Warmblutwallaches mit qualitativ minderwertigem Horn lag in den Sommermonaten 2003 im Mittel bei 10 mm pro Monat und in den Wintermonaten 2003/2004 im Mittel bei 5 mm pro Monat. In den Sommermonaten 2004 konnte aufgrund der bereits herausgewachsenen Hornspalte die Messung ebenfalls nicht fortgeführt werden. Einen Hinweis auf die Hornbildungsrate gab außerdem die reduzierte Anzahl der Pferde, von denen in den Wintermonaten überhaupt Hornproben gesammelt werden konnten. So war im Stall 1 in den Wintermonaten von der Hälfte der Pferde keine Probennahme möglich, da die Hornbildungsrate so gering war, dass lediglich die Hufeisen ausgetauscht wurden und eine Hufkorrektur nur aus dem Abraspeln des Tragrandes der Hufe bestand. Auch im Stall 2

konnten im November 2003 nur von zwei Pferden und im Januar 2004 von nur vier Pferden Hufclippings gesammelt werden.

#### **4. Bestimmung des Körpergewichtes**

Das mittels eines handelsüblichen Wägebendes ermittelte Körpergewicht der an dieser Studie teilnehmenden Pferde und Ponys blieb über den gesamten Untersuchungszeitraum nahezu konstant. Dabei lag das Körpergewicht der untersuchten Warmblüter im Mittel bei 515 kg und das Körpergewicht der untersuchten Ponys bei durchschnittlich 368 kg. Die an der Studie teilnehmende Traberstute wies im Mittel ein Gewicht von 385 kg auf. Bei den Pferden und Ponys beider Haltungformen wurden im Laufe des Jahres lediglich sehr geringe individuelle Schwankungen des Körpergewichtes beobachtet. Diese Körpergewichtsschwankungen waren stets geringer als 25 kg.

#### **5. Physikalische Materialprüfung**

##### **5.1 Bestimmung des Wassergehaltes im Hufhorn**

Der physiologische Wassergehalt im Hufhorn wurde durch Trocknung der Proben bei 50°C bis zur Gewichtskonstanz ermittelt. Dazu wurden Kronhornproben aus dem Zehenrückenteil, der Seitenwand und dem Trachtenteil der gesammelten Hufclippings verwendet. Zunächst wurden die Einzelwerte der drei Hufplattenteile für alle vier Hufe getrennt berechnet. Zum Zwecke einer besseren Übersicht wurden dann aus diesen Einzelwerten für jedes Pferd der arithmetische Mittelwert und die Standardabweichung aller Hufe für jeden Hufplattenteil (Zehenrücken, Seitenwand und Trachte) getrennt berechnet, um somit den mittleren prozentualen Wassergehalt pro Hufplattenteil pro Individuum zu bestimmen. Der mittlere Gesamtwassergehalt (arithmetisches Mittel aller gemessenen Werte) der Pferde aus dem Stall 1 (n = 180\*) lag bei  $19,69 \pm 4,12$  %, der mittlere Wassergehalt der Pferde aus dem Stall 2 (n = 108\*) bei  $25,13 \pm 3,68$  %. Der mittlere prozentuale Wassergehalt des Zehenrückenteiles aller Pferde (n = 103\*) betrug im Mittel  $21,82 \pm 4,88$  %. Im Seitenteil der Hufe (n = 95\*) betrug dieser  $21,45 \pm 4,65$  %, während im Trachtenteil (n = 90\*) der mittlere Wassergehalt  $21,93 \pm 4,76$  % ausmachte. Beim Warmblut lag der mittlere Gesamtwassergehalt (n = 55\*) bei  $23,27 \pm 4,96$  %, beim Pony (n = 40\*) bei  $20,72 \pm 4,31$  % und beim Traber (n = 8\*) bei  $17,34 \pm 2,83$  %. Die für das Horn der drei Hufplattenteile separat ermittelten Wassergehalte im jahreszeitlichen Verlauf sind den Tabellen 18 und 19 zu entnehmen.

\* n = Anzahl der untersuchten Proben

**Tabelle 18: Mittlerer prozentualer Wassergehalt des Zehenrücken-, des Seiten- und des Trachtenteiles im Verlauf eines Jahres im Stall 1 (n = Anzahl der Pferde)**

Monat	Juli/ Aug.	Sept.	Okt.	Nov./ Dez.	Jan./ Feb.	März/ April	Mai/ Juni	Juli/ Aug.
Hufplattenteil	n = 10	n = 9	n = 10	n = 5	n = 5	n = 8	n = 10	n = 10
Zehenrückenteil								
MW	17,88	18,09	16,87	23,25	18,48	17,01	20,24	23,60
SD	2,58	3,08	2,19	2,03	1,62	2,46	2,15	3,76
Seitenteil								
MW	16,06	18,26	18,71	23,55	19,83	16,01	21,62	23,95
SD	1,61	3,63	4,00	1,53	3,73	1,93	3,28	3,95
Trachtenteil								
MW	16,98	18,42	18,12	27,18	23,98	15,76	22,42	23,81
SD	3,10	3,14	2,15	0,36	6,49	2,92	2,79	4,32

Bei den Pferden in Offenstallhaltung (Stall 1) schwankten die Mittelwerte des Wassergehaltes aller drei Hufplattenteile im Laufe des Untersuchungsjahres. So wurde vom Sommer 2003 zum Winter 2003/2004 ein Anstieg der arithmetischen Mittelwerte des Wassergehaltes im Hufhorn gemessen. Im Frühjahr 2004 fielen diese Mittelwerte ab, um in den Sommermonaten 2004 erneut anzusteigen. Diese saisonalen Schwankungen der Mittelwerte des prozentualen Wassergehaltes verhielten sich in allen drei Hufplattenteilen ähnlich.

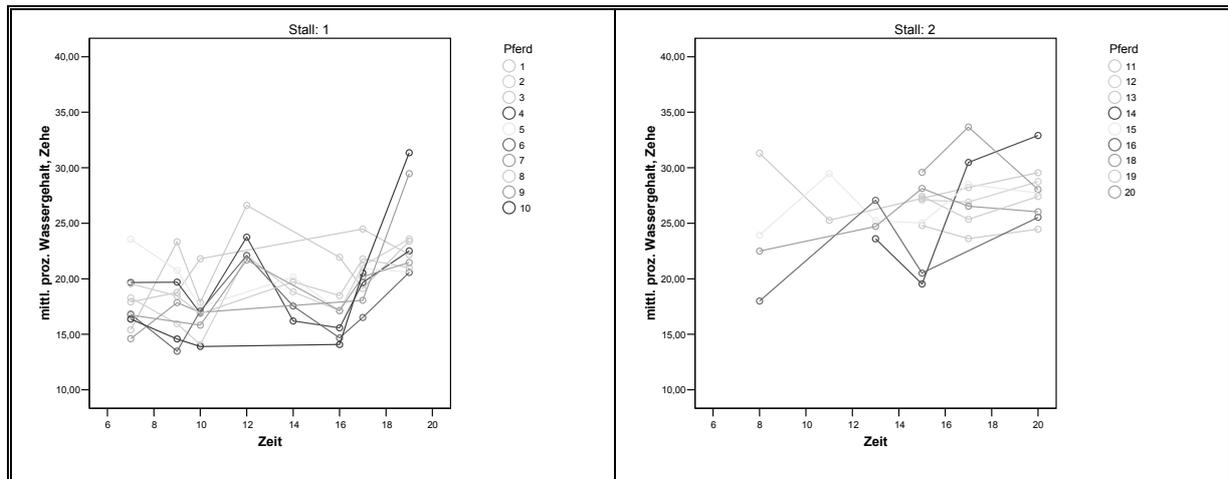
**Tabelle 19: Mittlerer prozentualer Wassergehalt des Zehenrücken-, des Seiten- und des Trachtenteiles im Verlauf eines Jahres im Stall 2 (n = Anzahl der Pferde)**

Monat	Juli/ Aug.	Sept.	Okt.	Nov./ Dez.	Jan./ Feb.	März/ April	Mai/ Juni	Juli/ Aug.
Hufplattenteil	n = 4			n = 2	n = 4	n = 9	n = 8	n = 9
Zehenrückenteil		*	*					
MW	23,93			27,36	25,15	25,48	27,90	27,82
SD	5,52			2,97	1,44	3,43	3,11	2,49
Seitenteil		*	*					
MW	24,89			26,04	22,81	23,94	25,34	25,02
SD	7,78			1,53	1,94	3,47	1,70	3,33
Trachtenteil		*	*					
MW	22,78			26,22	23,71	22,04	24,12	27,91
SD	5,17			0,50	3,77	4,69	2,21	2,62

\* keine Probenentnahme möglich, da übermäßige Abnutzung des Hufhorns durch abschleifende Wirkung eines neuen Reithallenbodens

Das Hufhorn der Pferde, welche in reiner Boxenhaltung (Stall 2) untergebracht waren, wies in Bezug auf die arithmetischen Mittelwerte seines Wassergehaltes innerhalb eines Jahres, speziell im Vergleich zu den Pferden aus der Offenstallhaltung, nur geringfügige Schwankungen auf. Aber auch hier stiegen die Mittelwerte des prozentualen Wassergehaltes aller drei Hufplattenteile von Sommer 2003 zu Winter 2003/2004 geringfügig an, sanken dann im Frühjahr 2003 leicht ab und zeigten zum Sommer 2004 erneut einen leichten Anstieg.

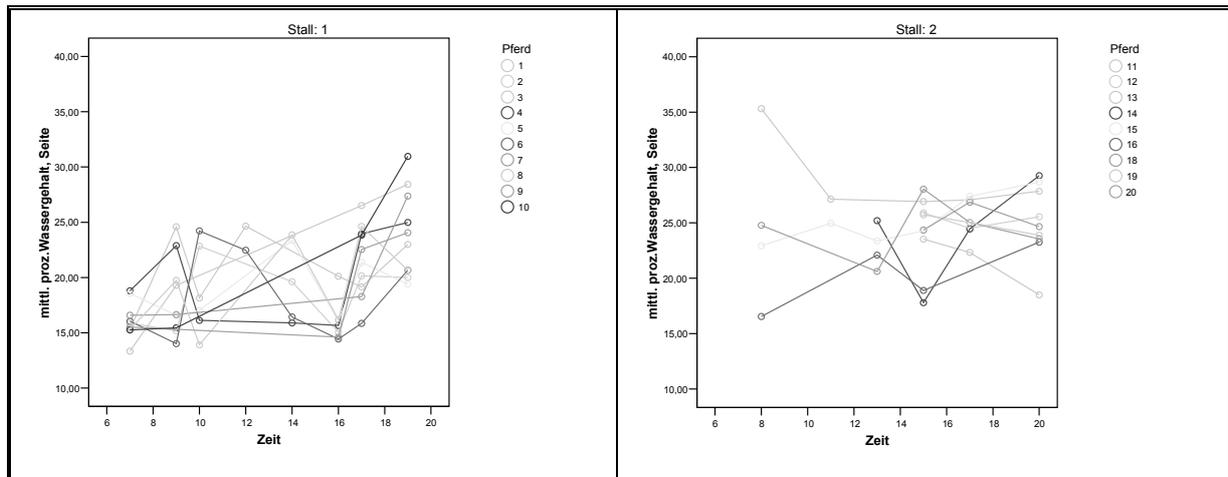
**Grafik 7 a: Verlauf des mittleren prozentualen Wassergehaltes im Zehenrückenteil der Hufe beider Ställe über den Zeitraum eines Jahres**



Zeit: 6 = Juni 2003, 8 = August 2003, 10 = Oktober 2003, 12 = Dezember 2003, 14 = Februar 2004, 16 = April 2004, 18 = Juni 2004, 20 = August 2004

Im Stall 1 war ein deutlicher Anstieg des Wassergehaltes im Zehenrückenteil des Hufhornes aller fünf Pferde, von denen eine Probennahme möglich war, im Dezember 2003 zu beobachten. Die ganzjährige Freilandhaltung bedingte, dass diese Pferde in den Wintermonaten auf tiefem, nassem und matschigem Boden liefen. Der Wassergehalt stieg zum Sommer 2004 erneut an, wobei hierbei zu erwähnen ist, dass im Sommer 2004 eine feuchtere Witterung herrschte als im Sommer 2003. Insgesamt waren eine Erhöhung des Wassergehaltes zwischen Sommer 2003 und Sommer 2004 sowie deutliche individuelle Schwankungen bei den einzelnen Pferden ersichtlich. Im Stall 2 waren insgesamt geringere saisonale Schwankungen des Wassergehaltes im Zehenrückenteil des Hufhornes als bei den Pferden im Stall 1 zu beobachten. Zwar ergaben die Messungen auch hier individuelle Unterschiede, jedoch konnten bei den Pferden in Boxenhaltung keine so deutlichen saisonalen Schwankungen des Wassergehaltes wie in Offenstallhaltung vermerkt werden. Zudem war ein offensichtlicher Anstieg des Wassergehaltes in diesem Stall zwischen Sommer 2003 und Sommer 2004 nicht zu beobachten. Allerdings muss betont werden, dass in diesem Stall bei nur vier von zehn Pferden eine Hornprobenentnahme zum Termin 1 (August 2003) aufgrund eines neuen Reithallenbodens mit abschleifender Wirkung auf das Hufhorn möglich war.

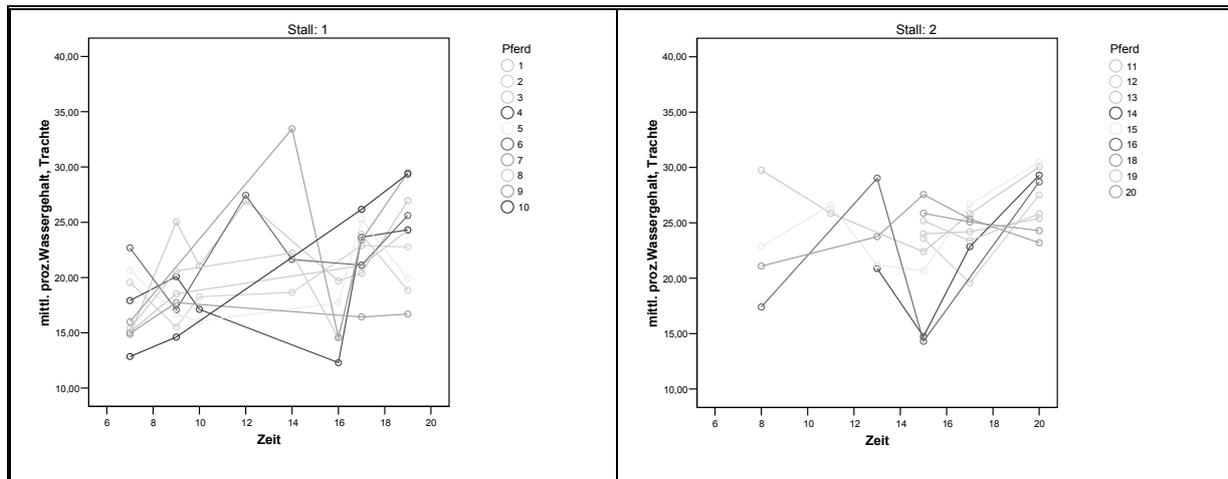
**Grafik 7 b: Verlauf des mittleren prozentualen Wassergehaltes im Seitenteil der Hufe beider Ställe über den Zeitraum eines Jahres**



Zeit: 6 = Juni 2003, 8 = August 2003, 10 = Oktober 2003, 12 = Dezember 2003, 14 = Februar 2004, 16 = April 2004, 18 = Juni 2004, 20 = August 2004

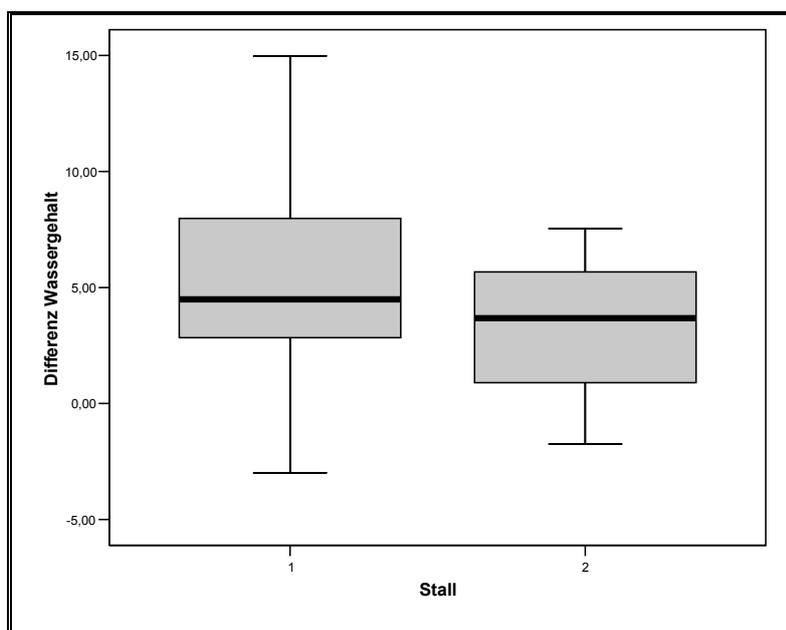
Im Stall 1 wiesen fünf Pferde zwischen Monat 10 und Monat 14 (Oktober 2003 bis Februar 2004) einen Anstieg des Wassergehaltes im Seitenteil ihrer Hufe auf, wobei dieser Anstieg weniger deutlich als im Zehenrückenteil des Hufhornes war. Auch im Vergleich zwischen Sommer 2003 und Sommer 2004 war ein Anstieg des Wassergehaltes, ähnlich wie im Zehenrückenteil, zu beobachten. Im Stall 2 konnten, wie bereits erläutert, zu Anfang der Studie von nur vier Pferden Hufclippings gesammelt werden. Dennoch war, wie auch im Zehenrückenteil, bei diesen Pferden keine deutliche Differenz des Wassergehaltes zwischen Sommer 2003 und Sommer 2004 festzustellen. Zudem konnten keine offensichtlichen saisonalen Schwankungen beobachtet werden.

**Grafik 7 c: Verlauf des mittleren prozentualen Wassergehaltes im Trachtenteil der Hufe beider Ställe über den Zeitraum eines Jahres**



Zeit: 6 = Juni 2003, 8 = August 2003, 10 = Oktober 2003, 12 = Dezember 2003, 14 = Februar 2004, 16 = April 2004, 18 = Juni 2004, 20 = August 2004

Bei den Pferden im Stall 1 zeigte sich bezüglich des Wassergehaltes des Trachtenteiles der Hufe ein ähnliches Bild wie im Zehenrücken- und im Seitenteil der Hufe. Zwischen Monat 10 und Monat 14 (Oktober 2003 bis Februar 2004) war ein Anstieg des Wassergehaltes im Trachtenteil bei fünf Pferden deutlich. Zudem konnte ein Anstieg des Wassergehaltes zwischen Sommer 2003 und Sommer 2004 registriert werden. Im Stall 2 wurden im Trachtenteil der Hufe keine deutlichen saisonalen Schwankungen des Wassergehaltes beobachtet. Allerdings zeigten zwei Pferde einen Anstieg des Wassergehaltes im Trachtenteil des Hufhornes in den Wintermonaten.



**Grafik 8:**  
**Jahresänderung des mittleren prozentualen Wassergehaltes im Hufhorn des Zehenrückenteiles im Stallvergleich zwischen Sommer 2003 und Sommer 2004**

Im Vergleich zwischen den Ställen konnte bezüglich einer Änderung des prozentualen Wassergehaltes im Zehnrückenteil des Hufplattenhornes zwischen Sommer 2003 und Sommer 2004 kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Diese Änderungswerte (Differenz des Wassergehaltes zwischen erstem und letztem Untersuchungstermin) wurden in Form von Boxplots grafisch dargestellt und in einer explorativen Datenanalyse mittels U-Test miteinander verglichen. Mit Hilfe dieser Boxplots konnten die Ergebnisse aus dem Stall 1 und dem Stall 2 in Bezug auf die Änderung des Wassergehaltes im Zehnrückenteil nebeneinander dargestellt und verglichen werden. Dafür wurden die Messwerte des Wassergehaltes des Zehnrückenteiles aller vier Hufe gemittelt, um einen Gesamtwert für jedes Pferd zu erhalten. Dann wurde für jeden Stall aus diesen Werten der Monatsmittelwert gebildet. Um die Veränderung im Laufe eines Jahres zu berechnen, wurde die Differenz zwischen dem mittleren Wassergehalt von Sommer 2003 und Sommer 2004 gebildet. Der Median des prozentualen Wassergehaltes liegt bei den Pferden aus dem Stall 1 auf einem geringfügig höheren Niveau als im Stall 2. Der größte Beobachtungswert liegt im Stall 1 auf einem höheren Niveau und der kleinste Beobachtungswert auf einem niedrigeren Niveau als im Stall 2. Insgesamt sind die Niveauunterschiede zwischen den beiden Ställen aber gering und eine Überschneidung der Boxen des Boxplots liegt auch in diesem Fall vor. Zudem weisen die Ergebnisse der einzelnen Pferde eine große Streuung auf. Zwar kann eine Erhöhung der Mittelwerte des prozentualen Wassergehaltes zwischen Sommer 2003 und Sommer 2004 beobachtet werden (siehe Tabellen 18 und 19), die allerdings durch die ausgeprägte Streuung der Werte der einzelnen Pferde im Stallvergleich mittels U-Test nicht statistisch signifikant ist.

## **5.2 Bestimmung der Hornhärte**

### **5.2.1 Bestimmung der Hornhärte bei physiologischem Wassergehalt des Hufhornes**

Zur Bestimmung des Härtegrades im Hufhorn wurden Kronhornproben aus dem Zehnrückenteil der gesammelten Hufclippings untersucht. Die Hornhärte lässt sich mittels der Härtemessung nach Shore-C (siehe Kapitel „Material und Methoden“) objektivieren und wird in Shore-C-Härtegraden angegeben, wobei ein Härtegrad von 100 der maximal messbaren Härte entspricht. Um den Einfluss der auf das Hufhorn einwirkenden Druckkräfte nachzuahmen, wurde die Härtemessung parallel zur Hornröhrchenlängsachse durchgeführt. Es konnten jedoch nicht alle Hufclippings für Härtegradmessung verwendet werden, da die Hornblöckchen für diese Messungen gewisse Mindestmaße besitzen müssen. Eine Härtemessung des Hornes aus dem Seiten- und Trachtenteil konnte deshalb nicht

## Untersuchungsergebnisse

durchgeführt werden, da die gesammelten Proben in diesen Hufplattenteilen diese geforderten Mindestmaße meist nicht besaßen. Zunächst wurden die Einzelwerte für alle vier Hufe getrennt notiert, um dann für eine bessere Übersicht aus diesen Einzelwerten für jedes Pferd den arithmetischen Mittelwert aller Hufe zu berechnen. Der Härtegrad (arithmetisches Mittel aller gemessenen Werte  $\pm$  Standardabweichung) aller Pferde aus dem Stall 1 ( $n = 64^*$ ) lag bei  $79,87 \pm 5,00$  Shore-C-Härtegraden, der mittlere Härtegrad aller Pferde aus dem Stall 2 ( $n = 35^*$ ) bei  $76,80 \pm 3,23$ . Das Horn der untersuchten Warmblüter wies einen Härtegrad ( $n = 54^*$ ) von  $78,53 \pm 4,69$  auf. Beim Pony lag dieser ( $n = 37^*$ ) bei  $78,71 \pm 4,94$  Shore-C-Härtegraden und beim Traber ( $n = 8^*$ ) bei  $80,91 \pm 2,98$ . Die Ergebnisse der Härteprüfung im jahreszeitlichen Verlauf sind in den Tabellen 20 und 21 zusammengefasst. Hierfür wurde aus den Einzelwerten der Pferde für den jeweiligen Monat das arithmetische Mittel aller Pferde eines Stalles berechnet.

\*  $n$  = Anzahl der untersuchten Hornproben

**Tabelle 20: Mittlerer Shore-C-Härtegrad des Hufhornes im Zehenrückenteil im Verlauf eines Jahres im Stall 1 ( $n$  = Anzahl der Pferde)**

Monat	Juli/ Aug	Sept.	Okt.	Nov./ Dez.	Jan./ Feb.	März/ April	Mai/ Juni	Juli/ Aug.
Shore-C-Härtegrad	$n = 10$	$n = 9$	$n = 9$	$n = 5$	$n = 5$	$n = 7$	$n = 9$	$n = 10$
MW	81,51	79,48	83,09	67,10	78,61	78,68	81,68	81,91
SD	1,49	1,43	2,32	7,62	2,09	3,33	1,88	3,77

Die gemessene Hornhärte der Pferde in Offenstallhaltung wies im November und Dezember 2003 den niedrigsten Wert von  $67,10 \pm 7,62$  auf. Parallel dazu konnte im Dezember 2003, wie oben bereits beschrieben, die höchsten Wassergehalte im Bereich des Zehenrückenteiles der Hufplatte vermerkt werden. Diesen Abfall der Hornhärte veranschaulicht auch die Grafik 9. Die Mittelwerte der Hornhärte waren im Sommer 2003 mit 81,51 und im Sommer 2004 mit 81,91 bei den Pferden des Stalles 1 nahezu identisch. Für diesen jahreszeitlichen Überblick wurden von jedem Pferd die Einzelwerte aller Hufe gemittelt und so die mittlere Hornhärte für jedes Pferd berechnet. Daraufhin wurde aus diesen Werten für jeden Stall und Untersuchungsmonat separat der Mittelwert gebildet.

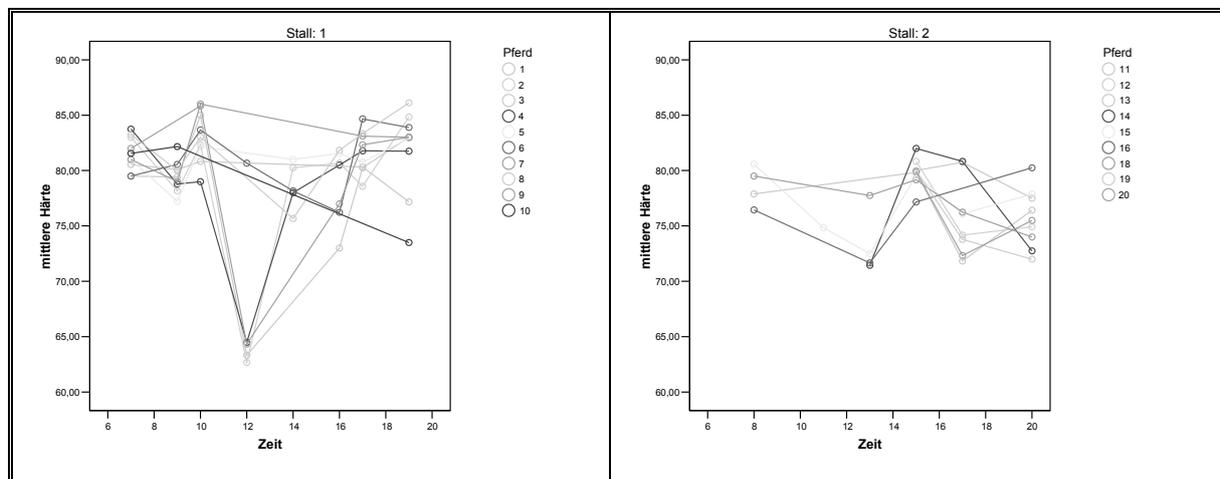
**Tabelle 21: Mittlerer Shore-C-Härtegrad des Hufhornes im Zehenrückenteil im Verlauf eines Jahres im Stall 2 (n = Anzahl der Pferde)**

Monat	Juli/ Aug. n = 4	Sept.	Okt.	Nov./ Dez. n = 1	Jan./ Feb. n = 4	März/ April n = 9	Mai/ Juni n = 8	Juli/ Aug. n = 9
Shore-C-Härtegrad								
MW	78,60	*	*	74,83	73,34	79,83	75,75	75,69
SD	1,81	*	*	---	2,97	1,29	3,47	2,62

\* keine Probenentnahme möglich, da übermäßige Abnutzung des Hufhornes durch abschleifende Wirkung eines neuen Reithallenbodens

Auffällige Schwankungen der Mittelwerte der Hornhärte wurden bei den Pferden in ausschließlicher Boxenhaltung im Stall 2 nicht beobachtet. Hier wurde in den Wintermonaten lediglich ein mittlerer Tiefstwert von 73,34 und im Frühjahr 2004 ein höchster Mittelwert von 79,83 gemessen. Dieser jahreszeitliche Verlauf der Hornhärte kann auch aus der Grafik 9 entnommen werden.

**Grafik 9: Verlauf des mittleren Härtegrades [Shore-C-Härtegrad] beider Ställe über den Zeitraum eines Jahres**

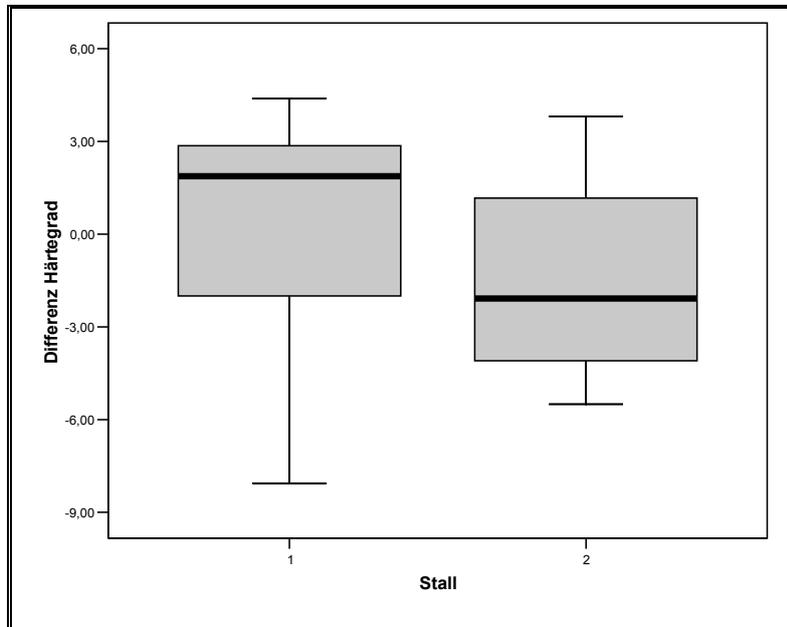


Zeit: 6 = Juni 2003, 8 = August 2003, 10 = Oktober 2003, 12 = Dezember 2003, 14 = Februar 2004, 16 = April 2004, 18 = Juni 2004, 20 = August 2004

Im Stall 1 (Offenstallhaltung) war im Monat 12 (Dezember 2003) ein deutlicher Abfall der Hornhärte von vier Pferden festzustellen. Zudem zeigten zwei weitere Pferde in den Wintermonaten einen leichten Abfall ihrer Hornhärte. Dabei handelte es sich um dieselben Tiere, die in dieser Zeit einen Anstieg des Wassergehaltes im Zehenrückenteil aufwiesen. In dieser Zeit standen die Tiere ganztägig auf nassen, matschigen Paddocks. Ein wesentlicher

## Untersuchungsergebnisse

Unterschied der Hornhärte konnte im Vergleich zwischen Sommer 2003 und Sommer 2004 nicht beobachtet werden. Insgesamt zeigten sich bei den Pferden im Stall 2 (Boxenhaltung) geringere saisonale Schwankungen in Bezug auf die Hornhärte. Aber auch hier konnte bei vier Pferden in den Wintermonaten ein leichtes Absinken der Hornhärte festgestellt werden.



**Grafik 10:**

**Jahresänderung des Härtegrades des Hufhornes des Zehenrückenteiles im Stallvergleich zwischen Sommer 2003 und Sommer 2004**

Im Stallvergleich konnte bezüglich einer jahreszeitlichen Änderung der Hornhärte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die Änderungswerte (Differenz der Noten zwischen erstem und letztem Untersuchungstermin) wurden in einer explorativen Datenanalyse mittels U-Test miteinander verglichen und auch in Form von Boxplots grafisch dargestellt (Grafik 10). Die Boxplots ermöglichten eine Gegenüberstellung und einen Vergleich der Ergebnisse aus dem Stall 1 und dem Stall 2 in Bezug auf die Änderung der Hornhärte. Dafür wurde die Hornhärte des Zehenrückenteiles aller vier Hufe gemittelt, um einen Gesamtwert für jedes Pferd zu erhalten. Aus diesen Werten wurde dann der Monatsmittelwert für jeden Stall errechnet. Um die Veränderungen im Verlauf eines Jahres zu berechnen, wurde daraufhin die Differenz zwischen der mittleren Hornhärte von Sommer 2003 und Sommer 2004 gebildet. Der Median des Härtegrades liegt bei den Pferden aus dem Stall 1 auf einem höheren Niveau als im Stall 2. Dabei liegt der Median im Stall 1 im positiven und im Stall 2 im negativen Bereich. Auch in diesem Fall liegt der größte Beobachtungswert im Stall 1 auf einem höheren Niveau und der kleinste Beobachtungswert auf einem niedrigeren Niveau als im Stall 2. Eine Überschneidung der Boxen der Boxplots liegt auch in diesem Fall vor. Zudem weisen auch hier die Ergebnisse der einzelnen Pferde eine große Streuung auf. Durch diese ausgeprägte Streuung der Werte des Härtegrades des

Hufhornes des Zehenrückenteiles im Stallvergleich zwischen Sommer 2003 und Sommer 2004 der einzelnen Pferde konnte mittels U-Test im Stallvergleich von keiner signifikanten Änderung gesprochen werden.

### **5.2.2 Bestimmung der Hornhärte bei getrockneten Hornproben (maximale Hornhärte)**

Nach der Härtebestimmung der Hornproben mit physiologischem Wassergehalt wurden diese bis zur Gewichtskonstanz (siehe Kapitel Material und Methoden) getrocknet und daraufhin einer erneuten Härtemessung unterzogen. Zur Charakterisierung dieser Hornhärte im Zehenrückenteil wurde aus den Einzelwerten jedes Hufes der arithmetische Mittelwert für jedes Pferd errechnet und daraufhin aus diesen Mittelwerten das arithmetische Mittel für jeden Stall ermittelt. Diese maximale Hornhärte wird für beide Ställe als arithmetisches Mittel  $\pm$  Standardabweichung in Shore-C-Härtegraden angegeben. Sie lag im Stall 1 bei  $96,25 \pm 1,80$  ( $n = 64^*$ ) und im Stall 2 bei  $95,70 \pm 1,59$  ( $n = 35$ ). Die Härtemessung der vollständig getrockneten Proben war jedoch nur in beschränktem Maße durchführbar, da sich durch den Wasserentzug ein Teil der Hornblöckchen verformt hatte. Zur Härtemessung ist jedoch eine plane Oberfläche und ein Mindestmaß der Hornblöckchen von 10 mm x 15 mm x 6 mm erforderlich.

\*  $n$  = Anzahl der untersuchten Hornproben

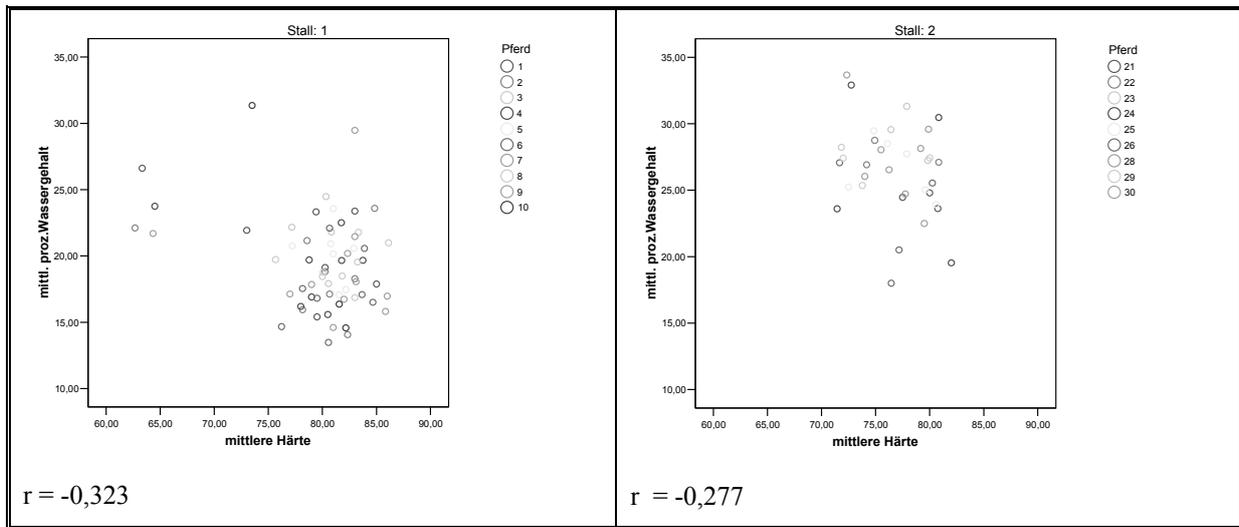
### **5.3 Korrelation des Wassergehaltes mit der Hornhärte**

Um einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Wassergehalt und der Härte des Hufhornes festzustellen, wurden die monatlich erhobenen Daten aller gemessenen Proben des Zehenrückenteiles verwendet. Es muss beachtet werden, dass der Stichprobenumfang von Monat zu Monat unterschiedlich war. Die Korrelation zwischen diesen zwei Untersuchungsparametern wurde anhand des Produkt-Moment-Korrelationskoeffizienten nach Pearson ( $r$ ) und durch Punktediagramme ausgedrückt. Die mittlere Hornhärte und der mittlere prozentuale Wassergehalt des Kronhornes im Zehenrückenteil korrelierten im Stall 1 negativ miteinander, was bedeutet, dass der Anstieg des Wassergehaltes mit dem Abfall der Hornhärte einhergeht. Der für den Zusammenhang zwischen Wassergehalt und Hornhärte berechnete Korrelationskoeffizient nach Pearson beträgt im Stall 1  $r = -0,323$ . Diese negative Korrelation wird auch in Grafik 11 ersichtlich. Im Stall 2 konnte für das Hufhorn der untersuchten Pferde kein signifikanter Zusammenhang zwischen Wassergehalt und Hornhärte festgestellt werden. Dennoch lag auch in diesem Stall laut errechnetem

## Untersuchungsergebnisse

Korrelationskoeffizienten nach Pearson eine negative Korrelation vor. Dabei muss die Interpretation dieser Zusammenhänge allerdings sehr vorsichtig erfolgen, da die Aussagekraft von Korrelationskoeffizienten begrenzt ist. Auch rechnerisch signifikante Ergebnisse dürfen hier nicht unkritisch betrachtet werden, da schon einige weiter außen liegende Werte (z. B. Grafik 11, Stall 1) zu einem signifikanten Ergebnis führen können.

**Grafik 11: Zusammenhang zwischen mittlerer Hornhärte [Shore-C-Härtegrad] und dem mittleren prozentualen Wassergehalt des Kronhorns im Zehenrückenteiles im Stallvergleich**



**Tabelle 22: Korrelation zwischen Hornhärte und Wassergehalt im Kronhorn des Zehenrückenteiles mit Angabe des Korrelationskoeffizienten nach Pearson**

Stall	Wassergehalt - Hornhärte	
1	Korrelation nach Pearson	-,323(*)
	Signifikanz (2-seitig)	,009
	n	64
2	Korrelation nach Pearson	-,277
	Signifikanz (2-seitig)	,108
	n	35

\*Die Korrelation ist auf dem Niveau einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p = 0,05$  (2-seitig) signifikant.

#### **5.4 Einfluss von Alter und Geschlecht der Pferde sowie der Pigmentierung der Hufe auf deren Wassergehalt und Hornhärte**

Um einen Einfluss von Alter oder Geschlecht der Pferde auf die Hornhärte und den Wassergehalt zu untersuchen, wurden die Pferde für die Auswertung in entsprechende Gruppen eingeteilt und jeweils der Mittelwert von Wassergehalt und Hornhärte im Zehenrückenteil des Hufhornes berechnet. So wurden die Pferde in vier Altersgruppen eingeteilt, um einen möglichen Einfluss des Alters auf den Wassergehalt und die Hornhärte untersuchen zu können. In der Altersgruppe der sechs- bis zehnjährigen Pferde besaß das Hufhorn einen mittleren Wassergehalt ( $n = 57^*$ ) von  $22,53 \pm 3,54$  % und eine mittlere Hornhärte ( $n = 56^*$ ) von  $78,80 \pm 4,17$  Shore-C-Härtegraden. Bei den elf- bis fünfzehnjährigen Pferden konnte ein Wassergehalt ( $n = 20$ ) im Horn der Hufe von  $24,00 \pm 3,05$  % und ein Härtegrad ( $n = 20$ ) von  $77,41 \pm 4,50$  ermittelt werden. In der Gruppe der sechzehn- bis zwanzigjährigen Pferde wies der mittlere Wassergehalt ( $n = 19$ ) einen Wert von  $19,45 \pm 4,22$  % und einen mittleren Härtegrad ( $n = 16$ ) von  $79,22 \pm 4,40$  auf. Bei dem 22-jährigen Pferd konnte im Mittel ein Wassergehalt ( $n = 7$ ) von  $20,97 \pm 2,21$  % und eine Hornhärte ( $n = 7$ ) von  $80,94 \pm 1,80$  ermittelt werden.

Im Bezug auf das Geschlecht der Pferde wurde bei den Stuten ein mittlerer Wassergehalt ( $n = 31^*$ ) von  $20,71 \pm 4,77$  % und eine mittlere Hornhärte ( $n = 31^*$ ) von  $80,11 \pm 3,84$  errechnet. Bei den Wallachen lag der mittlere Wassergehalt ( $n = 72^*$ ) bei  $22,30 \pm 4,88$  % und die mittlere Hornhärte ( $n = 68^*$ ) bei  $78,19 \pm 4,92$ . Hierbei wurden geringere Unterschiede ersichtlich, als es individuelle Schwankungen der einzelnen Tiere gab. Zudem gab es keinen nennenswerten Unterschied im Bezug auf die Pigmentierung der Hufe. So lag der mittlere Wassergehalt bei unpigmentierten Hufen ( $n = 18$ ) bei  $21,21 \pm 4,00$  % und bei pigmentierten Hufen ( $n = 85$ ) bei  $21,95 \pm 5,06$  %. Unpigmentierte Hufe ( $n = 18$ ) besaßen im Mittel einen Härtegrad von  $77,62 \pm 6,08$ , während dieser bei pigmentierten Hufen ( $n = 81$ ) bei  $79,04 \pm 4,31$  lag.

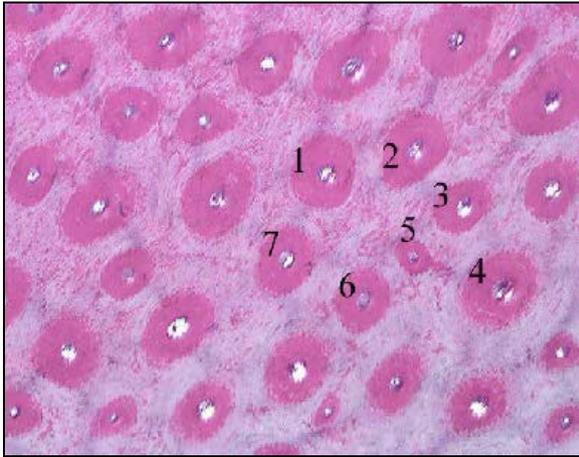
\* n = Anzahl untersuchter Proben

### **6. Lichtmikroskopische Untersuchung**

Im Rahmen der lichtmikroskopischen Untersuchungen wurde von allen an der Studie teilnehmenden Pferden histologische Schnitte angefertigt. Dafür wurden Übersichtsfärbungen der Hornproben aus dem Zehenrückenteil aller Pferde durchgeführt. Für eingehende Untersuchungen wurden aus jedem der beiden Ställe jene Pferde exemplarisch ausgewählt, bei denen in der Summe der anderen Befunde die deutlichsten Veränderungen über den Zeitraum eines Jahres ersichtlich waren. So wurden zur genaueren histologischen Untersuchung 24 Hornproben beispielhaft analysiert. Da sämtliche untersuchten Proben aus den gesammelten Hornclippings stammten, handelt es sich bei allen Präparaten um Hufhorn aus Tragrandnähe.

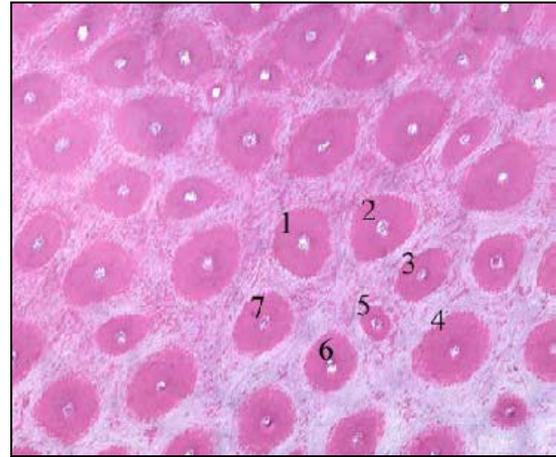
#### **6.1 Konstanz der Architektur des Hufhornes**

Um Veränderungen bzw. die Konstanz der Architektur des Hufhornes (Blättchen- und Röhrenhorn) über den gesamten Untersuchungszeitraum von einem Jahr zu dokumentieren, wurden aus beiden Ställen die Hufe von jeweils zwei Pferden untersucht. Dafür wurden histologische Präparate von je einem Vorder- und einem Hinterhuf von je drei Untersuchungsterminen (Sommer 2003, Winter 2003/2004 und Sommer 2004) angefertigt und in allen Schnitten jeweils die gleichen Hornröhren und -blättchen beurteilt. Die Untersuchungen dieser histologischen Präparate (Hämatoxilin-Eosin-Färbung, Perjodsäure-Schiff-Reaktion, Färbung mit Nilblau) zeigte über das gesamte Jahr eine konstante Architektur im Bereich des Röhren- und des Blättchenhornes. Der Durchmesser der Röhrenrinde und auch des Röhrenmarkes und somit die Größe des gesamten Hornröhrens unterlag keinen saisonalen Schwankungen. Auch blieb die Anzahl der Hornröhren und -blättchen unverändert. Somit stimmte der Flächenanteil der Hornröhren Sommer wie Winter überein. Dies wird in den Textabbildungen 24 und 25 veranschaulicht. Diese zeigen histologische Schnitte des inneren Kronhornes einer Warmblutstute aus Offenstallhaltung aus dem Winter 2003/2004 und dem Sommer 2004 im Vergleich. Unterschiede zwischen den Pferden beider Ställe wurden hierbei nicht festgestellt. Weitere histologische Bilder, die diese Konstanz der Hornarchitektur darstellen, sind dem Abbildungsteil zu entnehmen (Abbildungen 9 und 10).



**Textabb. 24:**

**Inneres Kronhorn des rechten Hinterhufes einer siebenjährigen Warmblutstute aus dem Stall 1. Hornprobe aus dem Winter 2003/2004, dieselben Röhrrchen (1 - 7) wie in Textabbildung 25, H/E, urspr. Vergr. 31,25x**



**Textabb. 25:**

**Inneres Kronhorn desselben Hinterhufes wie in Textabbildung 24, Hornprobe aus dem Sommer 2004, vergleiche die Röhrrchen 1 - 7, H/E, urspr. Vergr. 31,25x**

## **6.2 Multiple Kappenhornröhrrchen**

Von den Hufen der vier histologisch genauer untersuchten Pferde konnten im Zehenrückenteil multiple Kappenhornröhrrchen in den Proben der zwei Warmblutwallache aus dem Stall 2 beobachtet werden. Im Gegensatz zu Kronhornröhrrchen besaßen diese Kappenhornröhrrchen keine deutlich ausgeprägte Rinde und konnten daher von diesen unterschieden werden. Textabbildung 26 veranschaulicht dieses in einem Querschnitt. Dabei war der Markraum meist leer oder mit Zelldetritus gefüllt. Nur vereinzelt war in diesen Röhrrchen die Marksubstanz vollständig vorhanden. Diese multiplen Kappenhornröhrrchen waren meist in Reihen angeordnet, lagen mitunter aber auch ungeordnet nebeneinander und wiesen einen runden Querschnitt auf. In diesen Proben war zusätzlich im inneren Kronhorn eine Vielzahl von Hornröhrrchen ohne deutliche Rinde, welche an Kappenhornröhrrchen erinnern, zu erkennen. Keines dieser Pferde litt laut Vorbericht der Besitzer, der behandelnden Tierärzte oder der Hufschmiede jemals an einer Hufrehe. Meist war in diesem Zusammenhang im inneren Kronhorn neben großen auch eine Vielzahl an kleinen Hornröhrrchen auffallend. Dabei war die Variabilität der Röhrrchengröße bei diesen Pferden im inneren Kronhorn am

## Untersuchungsergebnisse

größten. Des Weiteren waren in beiden Fällen zusammen mit den multiplen Kappenhornröhrchen deutlich abgeknickte Hornblättchen auffällig. Auch besaßen diese Pferde ein insgesamt sehr unruhiges Hornröhrchenbild.



### **Textabb. 26:**

**Querschnitt durch die weiße Linie und das innere Kronhorn des linken Vorderhufes eines neunjährigen Warmblutwallaches aus dem Stall 2, H/E, urspr. Vergr. 31,25x**

### **6.3 Architektur des Röhrchenhornes**

Im lichtmikroskopischen Präparat war die typische Architektur des Kronhornes erkennbar und ließ eine deutliche Einteilung in äußeres, mittleres und inneres Kronhorn zu. Dieses bestand aus Hornröhrchen, die von Zwischenröhrchenhorn fischzugartig umgeben waren. Der Querschnitt der Hornröhrchen war im äußeren und mittleren Kronhorn queroval zur Hufoberfläche, während er im inneren Kronhorn annähernd rund war. Dabei glich der Querschnitt des Markraumes stets dem der Rinde. Im Bereich der Hufoberfläche (äußeres Kronhorn) waren meist oberflächenparallel abgeplattete Röhrchen vorhanden, die eine schmale Rindenschicht besaßen. Die Hornröhrchen des inneren Kronhornes waren annähernd in Reihen angeordnet (siehe Textabbildung 27 und 28). Es konnte (vor allem bei H/E-gefärbten Präparaten) deutlich zwischen Röhrchenmark und -rinde differenziert werden. Die Rindenzellen der Kronhornröhrchen waren konzentrisch um den Markraum angeordnet und besaßen im Querschnitt eine längliche bis polygonale Form. Diese Zellen wirkten kleiner als die Zellen des Zwischenröhrchenhornes. Dabei zeigten die inneren Rindenzellen, welche direkt um den Markraum angeordnet waren, in der H/E-Färbung eine starke Acidophilie und

## Untersuchungsergebnisse

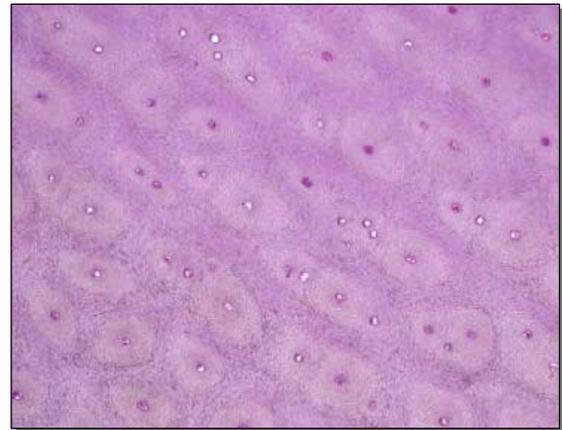
dunkelrosa Farbe, während sich die äußeren Rindenzellen geringfügig heller darstellten. Die Acidophilie der Rindenzellen war stärker ausgeprägt als im Zwischenröhrchenhorn. Die Rindenzellen der äußeren Kronhornröhrchen waren nur schwach acidophil, so dass diese sich teilweise nur schwer von den ebenfalls schwach acidophilen Zwischenröhrchenhornzellen abgrenzen ließen. Der Interzellularspalt der Röhrchenhornzellen war PAS-positiv und besaß eine rosa bis schwach violette Farbe. Die PAS-Reaktion fiel im Mark deutlicher aus als in der Rinde. Dabei zeigte die Rinde in einigen Schnitten eine deutlichere Reaktion als das Zwischenröhrchenhorn, wobei sich dies in anderen Schnitten umgekehrt verhielt (siehe Textabbildung 28). Auch war im inneren und mittleren Kronhorn meist eine klare Unterscheidung zwischen Hornröhrchenrinde und Zwischenröhrchenhorn möglich, wobei eine exakte Abgrenzung der äußersten Rindeschicht und der Zwischenröhrchenhornzellen nicht immer gelang. Ein deutlicher Unterschied zwischen Rinde und Zwischenröhrchenhorn lag im äußeren Kronhorn dagegen meist nicht vor. Die Zellen des Zwischenröhrchenhornes im inneren, mittleren und äußeren Kronhorn stellten sich in der H/E-Färbung leicht acidophil und blassrosa dar. Sie besaßen im Querschnitt eine längliche Form und gewundene Zellgrenzen, wobei sich der Interzellularspalt meist PAS-positiv darstellte, teilweise aber auch undeutlich angefärbt war. Dies konnte nicht in allen Schnitten beurteilt werden, da eine hohe Vergrößerung der histologischen Schnitte mitunter nicht möglich war. Auffällig war auch die große Variabilität der Röhrchendurchmesser, vor allem im inneren und mittleren Kronhorn. Dabei wiesen die Markräume der Hornröhrchen, unabhängig vom Rindendurchmesser, einen gleichmäßigen Durchmesser auf (siehe Textabbildungen 27 und 28). Bei niedriger Vergrößerung (31,25x) schienen einige Hornröhrchen zwei oder auch drei Markräume zu besitzen. Eine höhere Vergrößerung (62,5x) ließ allerdings in allen Fällen deutlich erkennen, dass es sich hierbei um sehr dicht beieinander liegende Hornröhrchen unterschiedlichen Durchmessers handelte, welche getrennte Röhrchenrinden besaßen. Dies konnte in allen untersuchten Kronhornproben im mittleren und inneren Kronhorn festgestellt werden. Insgesamt herrschte im inneren Kronhorn die größte Variabilität dieser Röhrchendurchmesser. Hier waren einerseits vereinzelt sehr große Röhrchen mit einem ebenfalls großen Markraum sichtbar, andererseits fielen besonders kleine Hornröhrchen mit dazu passendem kleinem Markraum auf. Auch konnte beobachtet werden, dass der Durchmesser der Hornröhrchen und die Rindendicke vom äußeren zum inneren Kronhorn hin zunahmen und im Gegensatz dazu die Durchmesser der Markräume in den meisten Fällen von außen nach innen kleiner wurden. Gleichzeitig nahm parallel zur Größenzunahme der Röhrchen vom äußeren zum inneren Kronhorn der Anteil des Zwischenröhrchenhornes ab.

Ferner konnte im inneren Kronhorn eine Abnahme der Röhchengröße in Richtung der weißen Linie vermerkt werden. Die Hornröhrendichte verminderte sich von außen nach innen.



**Textabb. 27:**

**Querschnitt durch das innere Kronhorn des Zehenrückenteiles des rechten Vorderhufes eines fünfzehnjährigen Warmblutwallaches aus dem Stall 2, H/E, urspr. Vergr. 62,5x**



**Textabb. 28:**

**Querschnitt durch das innere Kronhorn des Zehenrückenteiles des rechten Vorderhufes eines Warmblutwallaches aus dem Stall 2, PAS, urspr. Vergr. 62,5x**

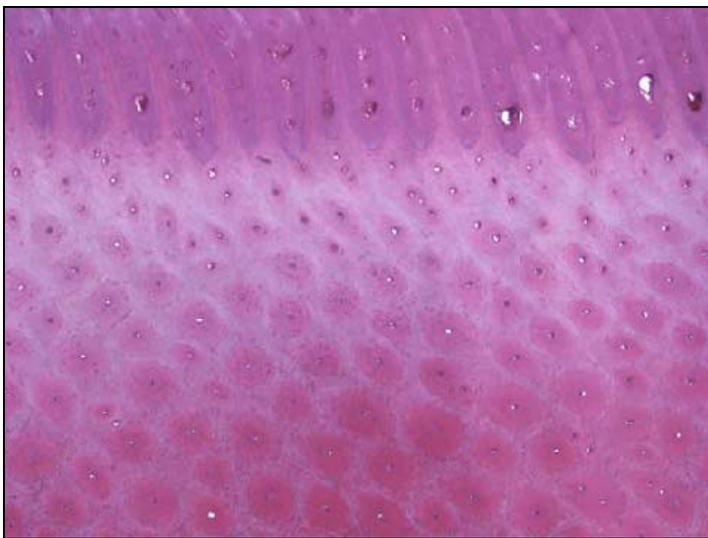
#### **6.4 Markräume der Kronhornröhren**

Mit Marksubstanz gefüllte Markräume waren in allen drei Kronhornzonen vorhanden. Ebenso häufig konnten aber auch in allen Zonen leere oder nur randständig gefüllte Markräume gefunden werden. Meist waren innerhalb des Markes farblose Lücken sichtbar. Die Querschnitte der Markräume besaßen in allen drei Kronhornzonen eine ähnliche Form, wie der Querschnitt des gesamten Röhrens (s. o.). Dabei reagierte die Marksubstanz deutlich PAS-positiv und besaß eine dunkle violette Farbe. Diese Reaktion fiel im Röhrenmark deutlicher aus, als in der Röhrenrinde und im Zwischenröhrenhorn. In H/E gefärbten Schnitten stellte sich das Röhrenmark eosinophil dar, wobei sich eine eindeutige Beurteilung hier als schwierig erwies, da sich in den Lücken der Marksubstanz häufig Farbreste angesammelt hatten, die eine Farbreaktion verfälschten. Dabei konnten einzelne

## Untersuchungsergebnisse

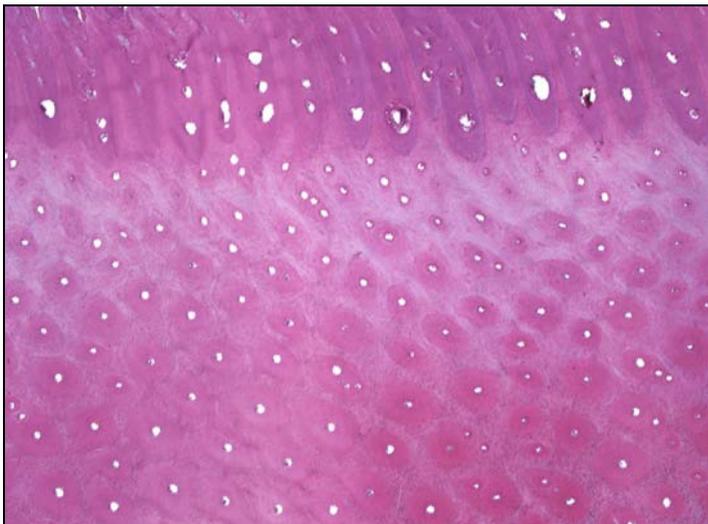
Markzellen meist nicht voneinander abgegrenzt werden, da sich das Mark als eine amorphe Masse darstellte. Auch eine Darstellung des Interzellularraumes war nicht möglich.

Die Textabbildungen 29 und 30 zeigen zwei histologische Aufnahmen der weißen Linie und des Kronhornes eines Warmblutwallaches aus dem Stall 2. Dies sind zwei aufeinander folgende histologische Schnitte aus derselben Schnittserie. Auffällig ist hier, dass in Schnitt 29 die Markräume der Hornröhrchen weitestgehend mit solider Marksubstanz gefüllt sind, in Schnitt 30 hingegen ist das vollständige Fehlen einer solchen Marksubstanz aller Röhrchen zu erkennen. Dies konnte in allen drei Kronhornzonen beobachtet werden.



**Textabb. 29:**

**Querschnitt durch das Kronhorn und die weiße Linie des Zehenrückenteiles eines fünfzehnjährigen Warmblutwallaches aus dem Stall 2. H/E, urspr. Vergr. 31,25x**

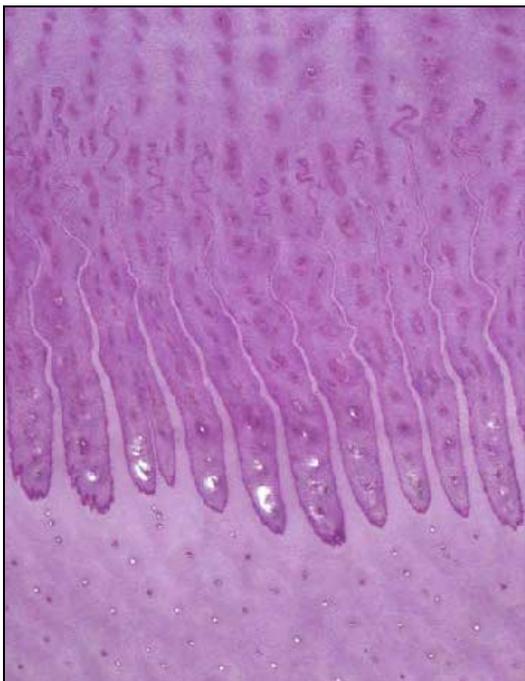


**Textabb. 30:**

**Histologischer Schnitt derselben Probenentnahmestelle wie in Textabb. 30 mit herausgelöster Marksubstanz, H/E, urspr. Vergr. 31,25x**

### 6.5 Architektur der weißen Linie (Blättchenhorn)

Im histologischen Präparat war eine deutliche Differenzierung zwischen Kronhorn und Blättchenhorn vor allem in PAS-gefärbten Schnitten möglich. Das Terminalhorn füllte den Raum zwischen je zwei Hornblättchen vollständig aus. In H/E-gefärbten Schnitten stellte sich die weiße Linie undeutlicher dar. Im Bereich der weißen Linie fielen, neben gerade verlaufenden Hornblättchen, teils abgeknickte, gebogene und geschlängelt verlaufende Hornblättchen auf (siehe Textabbildung 26 und 31). Schnitte aus dem proximalen Teil der Hornproben (Clippings) wiesen dabei häufig geradere Hornblättchen auf, als Schnitte aus derselben Schnittserie, welche aus dem distalen Teil der Clippings (Tragrandnähe) stammten. Auch konnten in allen untersuchten histologischen Präparaten „aufgefiederte“ Blättchen und „Doppelblättchen“ beobachtet werden (siehe Textabbildung 31). Auch waren in allen Schnitten Hornblättchen von unterschiedlicher Länge vorhanden. Die Terminalhornröhrchen waren häufig vollständig herausgelöst. Das Terminalhorn und die Terminalhornröhrchen stellten sich PAS-positiv dar und besaßen eine dunklere violette Färbung als das Kronhorn, wobei die Färbeintensität der des Sohlenhornes gleich (siehe Textabbildung 31). Auch der Interzellularspalt der Terminalhornzellen war PAS-positiv und von violetter Farbe. Die Kappenhornzellen waren ebenfalls PAS-positiv und durch ihre dunkelviolette Färbung stets klar von Kronhornzellen abzugrenzen. Die Kappenhornröhrchen ließen sich vor allem in H/E-gefärbten Präparaten deutlich darstellen und ähnelten den Kronhornröhrchen. Nur das Fehlen einer ausgeprägten Rinde der Kappenhornröhrchen machte eine Unterscheidung möglich.

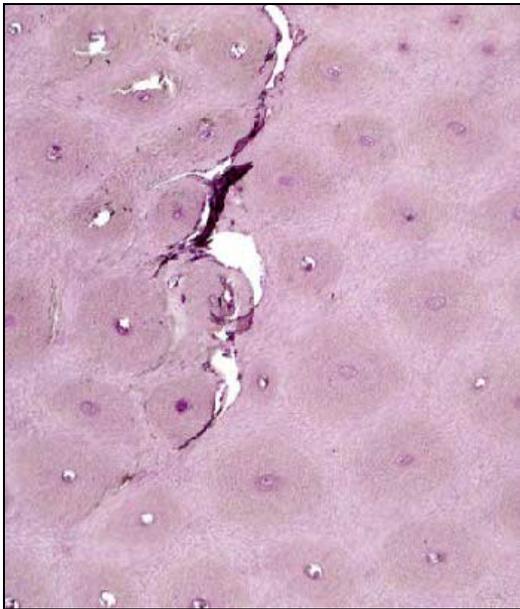


**Textabb. 31:**

**Querschnitt durch die weiße Linie, das Sohlen- und das Kronhorn des rechten Vorderhufes eines fünfzehnjährigen Warmblutwallaches aus dem Stall 2, PAS, urspr. Vergr. 31,25x**

### **6.6 Mikrorisse im Hufhorn**

In den meisten untersuchten Kronhornproben waren Risse im Zwischenröhrchenhorn zu erkennen. Um auszuschließen, dass es sich hierbei um Schneide- oder Färbeartefakte handelte, wurden die Hornblöckchen, von denen später die Schnitte angefertigt wurden, fotografiert und mit den histologischen Schnitten nachher verglichen. In den Textabbildungen 33 a und b ist deutlich zu erkennen, dass es sich in diesem Fall nicht um Artefakte durch die Probenaufarbeitung handelt, sondern die Risse bereits in der Hornprobe selbst vorhanden waren. Generell verliefen diese Risse im intertubulären Horn, am Übergang von der Röhrchenrinde zum Zwischenröhrchenhorn, wobei selten auch Risse innerhalb der Röhrchenrinde auftraten (siehe Textabb. 32 und 33; siehe auch Kapitel „Abbildungen“, Abbildung 11). Diese Risse konnten in allen drei Kronhornzonen beobachtet werden, vermehrt allerdings im äußeren Kronhorn nahe der Hufoberfläche. Ferner fiel auf, dass solche Zusammenhangstrennungen vermehrt in Hornproben zu finden waren, die in den Sommermonaten gesammelt wurden. Hornproben aus der kalten Jahreszeit wiesen nur sehr vereinzelt solche Risse auf.

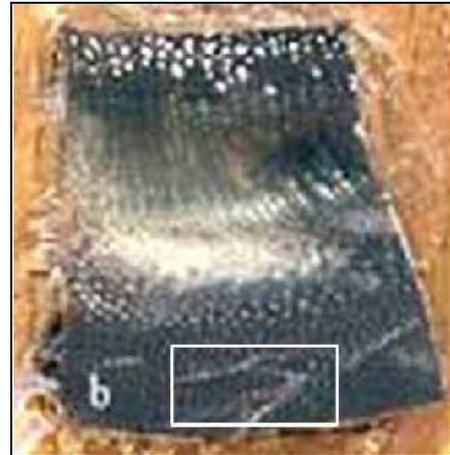
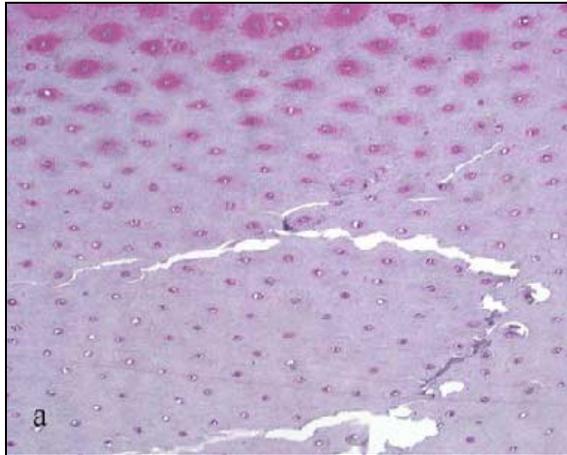


**Textabb. 32:**

**Querschnitt durch das innere Kronhorn eines Pferdehufes mit deutlich sichtbaren Rissen im Zwischenröhrchenhorn, PAS, urspr. Vergr. 62,5x**

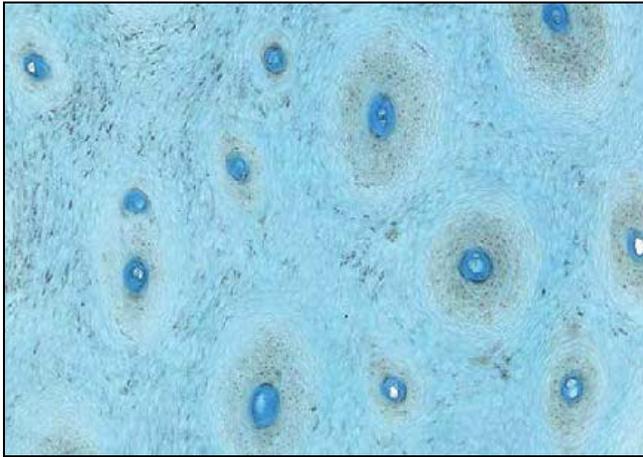
**Textabb. 33:**

**Vergleich der nativen Hornprobe und des histologischen Schnittes: Risse im Zwischenröhrchenhorn des äußeren Kronhornes, LM-Präparat, H/E, urspr. Vergr. 31,25x (a); Hornblöckchen derselben Stelle (b)**



**6.7 Nachweis von Lipiden im Hufhorn**

Bei der Färbung mit Nilblausulfat handelt es sich um eine histochemische Färbemethode zum qualitativen Nachweis von Lipiden in Geweben und zur Unterscheidung von Neutralfetten und anderen Fettstoffen (siehe Kapitel „Material und Methoden“). Mit dieser Methode wurde an den histologischen Schnitten aller vier Hufe von vier Pferden über den Zeitraum von einem Jahr exemplarisch der Nachweis erbracht, dass es sich bei Hufhorn um ein lipidreiches Gewebe handelt. Neutralfette, die sich mit dieser Färbemethode rosa darstellen, waren im Hufhorn der untersuchten Pferde nicht nachweisbar. Die Zellgrenzen im Hufhorn wurden durch Nilblausulfat als gleichmäßig blaue Linien sichtbar gemacht, die überwiegend geschlängelt verliefen. Die Hornzellen des Zwischenröhrchenhornes und der Röhrchenrinde wurden nur schwach hellblau angefärbt. Das Röhrchenmark stellte sich dunkler blau dar als die Röhrchenrinde, wobei das Zwischenröhrchenhorn die hellste Blaufärbung aufwies. Fetttropfen in Form von Nilblausulfat positiven Punkten waren insbesondere im dunkelblauen Röhrchenmark zu finden. Eine Abgrenzung einzelner Markzellen war auch hier selten möglich, da sich die gesamte Marksubstanz meist als einheitlich dunkelblaue Masse darstellte. Zusätzlich zu diesem qualitativen Nachweis wurde eine quantitative Fettsäureanalyse des Hufhornes durchgeführt (siehe unten).

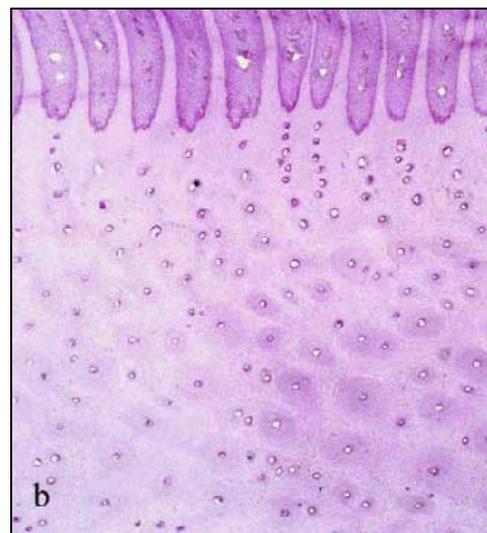


**Textabb. 34:**

**Hornröhrchen des inneren Kronhornes des linken Vorderhufes einer siebenjährigen Warmblutstute aus dem Stall 1, Nilblau, urspr. Vergr. 125x**

### **6.8 Vergleich zwischen dem mikro- und dem makroskopischem Erscheinungsbild des Hufhornes**

Die histologischen Untersuchungen des Hufhornes zeigten, dass eine ungewöhnliche Architektur des histologischen Bildes sich nicht unbedingt im makroskopischen Bild des Hufes widerspiegeln muss. Textabbildung 35 a zeigt den äußerlich völlig intakten linken Vorderhuf eines Warmblutwallaches aus dem Stall 2. Die Textabbildung 35 b zeigt einen histologischen Schnitt aus dem Zehenrückenteil dieses Hufes. Hier sind multiple Kappenhornröhrchen und im inneren Kronhorn Hornröhrchen mit äußerst unterschiedlichen Durchmessern feststellbar.

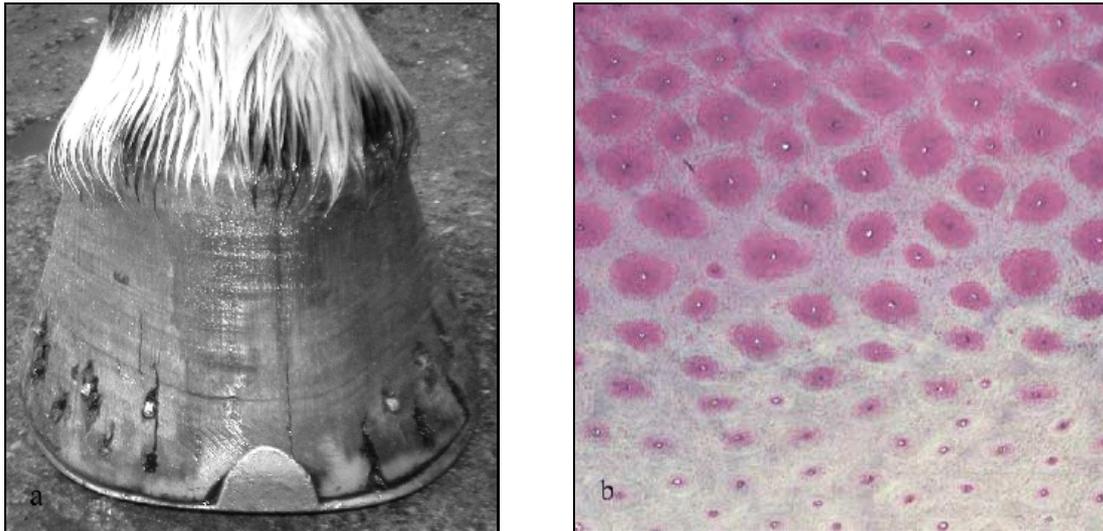


**Textabb. 35:**

**Linker Vorderhuf eines neunjährigen Warmblutwallaches aus dem Stall 2 im Sommer 2004 (a), histologischer Schnitt aus dem Zehenrückenteil desselben Hufes, PAS, urspr. Vergr. 31,25x (b)**

## Untersuchungsergebnisse

Die Textabbildung 36 a zeigt den linken Vorderhuf einer Warmblutstute aus dem Stall 1 im Sommer 2003 mit mehreren oberflächlichen und tiefen Rissen. Diese Risse blieben über den gesamten Zeitraum der Studie bestehen. Die Textabbildung 36 b zeigt einen histologischen Schnitt aus dem Zehenrückenteil dieses Hufes. Hier ist das histologische Bild regelmäßig und die Hornröhrchen der einzelnen Kronhornzonen weisen einen regelmäßigen Durchmesser auf.



**Textabb. 36:**

**Linker Vorderhuf einer siebenjährigen Warmblutstute aus dem Stall 1 im Sommer 2003 (a), histologischer Schnitt aus dem Zehenrückenteil desselben Hufes, H/E, urspr. Vergr. 31,25x (b)**

### **7. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchung**

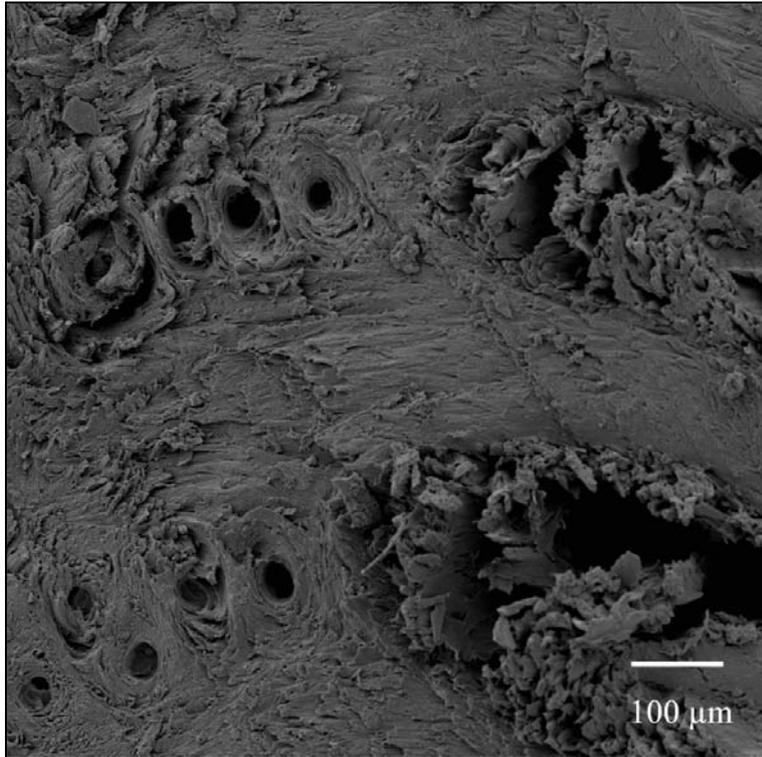
Für die rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen wurden Hornproben aus dem Zehenrückenteil verwendet. Dabei wurden die Hufe ausgewählt, die auch zur näheren histologischen Untersuchung herangezogen wurden. Hauptziel dieser Untersuchung war es, die Befunde der histologischen Analysen zu untermauern. Die Proben wurden tiefgefroren erst parallel und dann quer zur Röhrchenachse gebrochen (siehe Kapitel „Material und Methoden“) und daraufhin diese Bruchflächen untersucht. Dabei verliefen die Risse der künstlichen Bruchflächen meist im Randbereich der Röhrchen an der Grenze zum Zwischenröhrchenhorn.

### **7.1 Konstanz der Architektur im Verlauf eines Jahres**

Da es im Rahmen der rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen nicht möglich war, dieselbe Stelle in den Proben unterschiedlicher Jahreszeiten wiederzufinden, konnte eine Veränderung bzw. die Konstanz der Architektur im Vergleich zu den lichtmikroskopischen Untersuchungen nur bedingt durchgeführt werden. Aber auch hier konnten, in Ahnlehnung an die histologischen Untersuchungen, keine wesentlichen Unterschiede der Architektur der Proben aus Sommer oder Winter beobachtet werden. Der Röhrendurchmesser der im Sommer entnommenen Hornproben entsprach dem der Proben, welche in den Wintermonaten gesammelt wurden. Auch änderte sich die Röhren- und Blättchenzahl pro Gesichtsfeld nicht. So konnten weder im Blättchen-, noch im Röhrenhorn Änderungen hinsichtlich der Architektur im Verlauf des Untersuchungsjahres vermerkt werden. Auch gab es diesbezüglich keine Unterschiede zwischen den Pferden beider Ställe.

### **7.2 Multiple Kappenhornröhrchen**

Bei den vier exemplarisch rasterelektronenmikroskopisch untersuchten Pferden waren bei zwei Warmblutwallachen aus dem Stall 2 multiple Kappenhornröhrchen im Zehnrückenteil des Hufhornes vorhanden. Diese Kappenhornröhrchen unterschieden sich deutlich von denen des inneren Kronhornes durch das Fehlen einer deutlich ausgeprägten Röhrenrinde. Der Querschnitt dieser Kappenhornröhrchen war rund und in seltenen Fällen leicht oval. Diese waren in Reihen dicht hintereinander angeordnet. Teils lagen zwei bis drei Röhrchen aber auch nebeneinander. Meist waren die Markräume der Kappenhornröhrchen leer oder waren nur randständig mit Zellresten gefüllt. Einzelne Markzellen konnten nicht voneinander differenziert werden. Auch wurden, wie in den lichtmikroskopischen Präparaten, in diesen Hornproben im inneren Kronhorn Röhrchen von sehr unterschiedlicher Größe gefunden. Die Hornblättchen waren auch im rasterelektronenmikroskopischen Präparat dieser Hufe abgeknickt oder gebogen.



**Textabb. 37:**

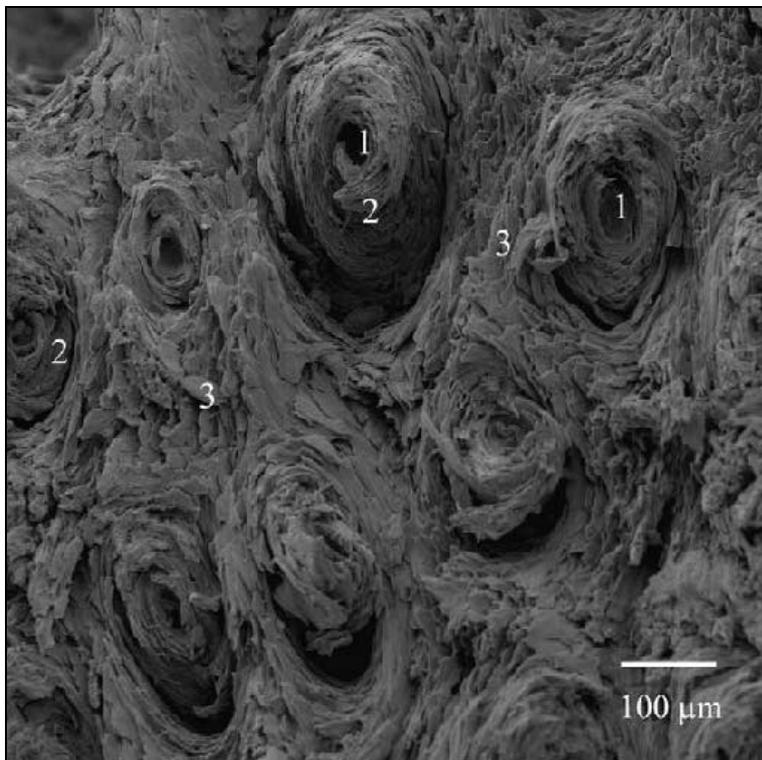
**Die Bruchfläche (quer zum Röhrchenverlauf) zeigt einen Teil der weißen Linie und multiple Kapphornröhrchen des linken Vorderhufes eines neunjährigen Warmblutwallaches aus dem Stall 2, derselbe Huf wie in Textabb. 26, SEM-Präparat, Gefrierbruch**

### **7.3 Architektur des inneren und mittleren Kronhornes (Röhrchenhorn)**

Im Rahmen der rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen konnte im Kronhorn nur zwischen innerer und mittlerer Zone deutlich unterschieden werden. Die Röhrchen des inneren und mittleren Kronhornes zeigten eine teils runde, teils aber auch ovale Gestalt und waren im inneren Kronhorn häufig in Reihen angeordnet, die parallel zueinander verliefen. Der Querschnitt der Markräume glich dem der Röhrchenrinde. Die Rindenschicht der mittleren Kronhornröhrchen war meist schmäler als im inneren Kronhorn. Röhrchenmark und Röhrchenrinde ließen sich meist deutlich differenzieren. Dabei waren die innersten Rindenzellen konzentrisch, zwiebelschalenartig um den Markraum gebogen, aber eine Abgrenzung dieser einzelnen länglichen und soliden Zellen war nicht immer möglich (siehe auch Kapitel „Abbildungen“, Abbildung 13). Ferner waren die Rindenzellen parallel zur Röhrchenlängsachse abgeflacht. Bei niedriger Vergrößerung stellen sich die Hornzellen als solide Masse dar, während bei höheren Vergrößerungen aber einzelne Hornzellen deutlich erkennbar waren. In Hornproben, welche parallel zur Röhrchenlängsachse gebrochen wurden, konnte deutlich der spirale Verlaufe der Röhrchenrindenzellen beobachtet werden (siehe Kapitel „Abbildungen“, Abbildung 13). Auch konnte zwischen Röhrchen- und Zwischenröhrchenhorn unterschieden werden, wobei sich eine exakte Abgrenzung zwischen den Zellen des Zwischenröhrchenhornes und den äußeren Rindenzellen nicht immer durchführen ließ.

## Untersuchungsergebnisse

Dabei war das fischzugartige Bild des intertubulären Hornes, das die Röhren umgibt, auch im Rasterelektronenmikroskopischen Präparat sichtbar. Einzelne Zellen des Zwischenröhrenhornes ließen sich oft voneinander unterscheiden und variierten stark in ihrer Größe. Die Zellen waren parallel zur Hornoberfläche abgeflacht und erinnerten in ihrem Aussehen an Schieferplatten. An der Grenze zu den Hornröhren konnten häufig Risse beobachtet werden, welche wahrscheinlich durch den Gefrierbruch entstanden waren und im Bereich der Bruchflächen ragten einige Röhren über das Niveau des restlichen Hornes hinaus. Eine Beurteilung der Röhren des äußeren Kronhorns war mit dem Rasterelektronenmikroskop nicht möglich, da die Bruchflächen keine deutliche Röhrenstruktur zeigten.

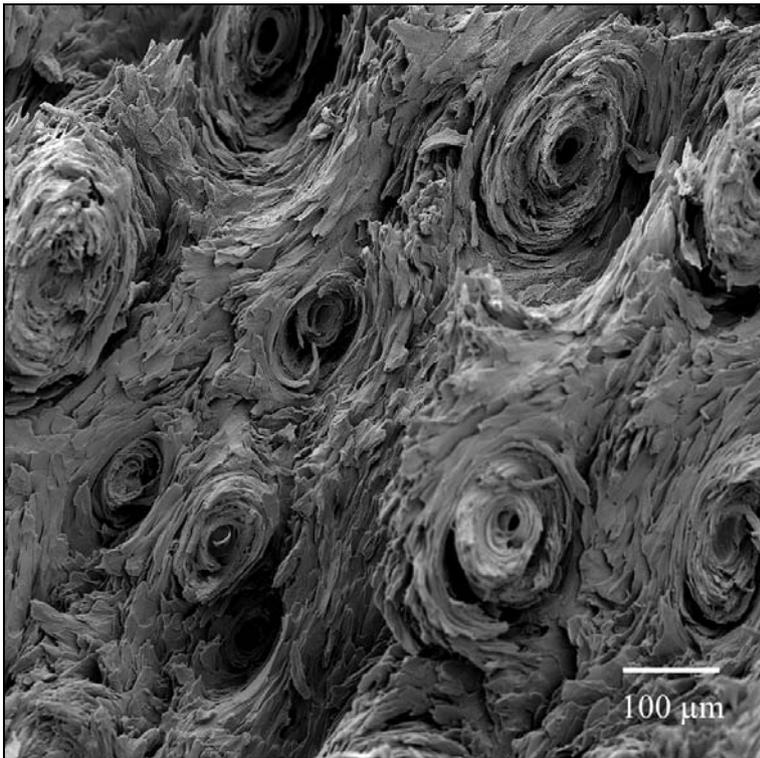


**Textabb. 38:**

**Inneres Kronhorn des linken Vorderhufes eines neunjährigen Warmblutwallaches aus dem Stall 2, SEM-Präparat, Gefrierbruch**

- 1. Röhrenmark**
- 2. Röhrenrinde**
- 3. Zwischenröhrenhorn**

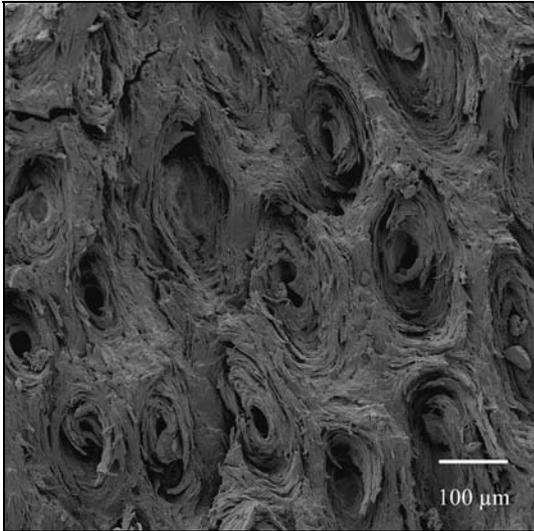
Auffallend war auch das häufige Vorkommen von Hornröhren unterschiedlichster Durchmesser. So konnten bei allen untersuchten Pferdehufen im inneren sowie im mittleren Kronhorn Röhren unterschiedlicher Durchmesser beobachtet werden. Hierbei variierte vor allem die Rindendicke, während der Durchmesser der Markräume bei allen Röhren stets ähnlich war. Hornröhren des inneren Kronhorns von unterschiedlichen Durchmessern sind in Textabbildung 39 dargestellt und wurden unabhängig von der Jahreszeit, in der die Proben genommen wurden, der Haltungform, dem Geschlecht oder der Rasse der Pferde beobachtet. Diese Variabilität der Hornröhrengöße war im inneren Kronhorn größer als im mittleren Kronhorn.



**Textabb. 39:**  
**Bruchfläche des inneren  
Kronhornes eines neun-  
jährigen Warmblut-  
wallaches aus dem Stall 2,  
linker Vorderhuf, SEM-  
Präparat, Gefrierbruch**

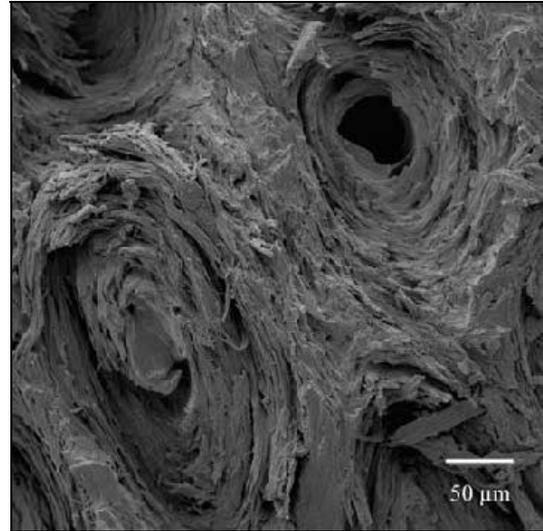
Des Weiteren wurden die Markräume der Hornröhrchen des inneren und des mittleren Kronhornes untersucht. Hierbei zeigten sich, wie auch in den histologischen Präparaten, Röhrchen mit leerem Markraum und auch solche mit vorhandenen Markhornzellen. Häufig war eine randständige Marksubstanz, welche den Markraum nur teilweise ausfüllte, sichtbar. Dabei konnten leere und auch gefüllte Markräume bei ein und demselben Huf beobachtet werden. Dabei bestand keine Abhängigkeit des Füllungszustandes der Markräume von deren Durchmesser, der Kronhornzone oder der Höhe der Bruchfläche. Sowohl kleine als auch große Röhrchen wiesen gefüllte oder auch ungefüllte Markräume auf. Das Mark, wenn vorhanden, besaß eine teils homogene, teils aber auch schollige Struktur. Häufig waren Risse in der Marksubstanz sichtbar. Einzelne Markzellen oder Zellgrenzen konnten auch bei hoher Vergrößerung nicht genau erkannt werden. Ferner erwies es sich als schwierig, einzelne Markzellen von Zelldetritus zu unterscheiden. Saisonale Unterschiede konnten bezüglich des Füllungszustandes der Markräume nicht festgestellt werden. Die Textabbildungen 40 und 41 zeigen das innere Kronhorn des linken Hinterhufes eines Ponywallaches aus dem Stall 1 (Hornproben aus dem Sommer 2004). Hier ist bei einigen Röhrchen das Fehlen einer Marksubstanz ersichtlich, während andere Hornröhrchen Marksubstanz aufweisen, welche sich als solide Masse darstellt. Weitere rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen des

inneren und mittleren Kronhornes sind im Abbildungsteil dargestellt (Abbildung 14 a bis 14 f).



**Textabb. 40:**

**Mittleres Kronhorn des linken Hinterhufes eines dreizehnjährigen Ponywallaches aus dem Stall 1, SEM-Präparat, Gefrierbruch**

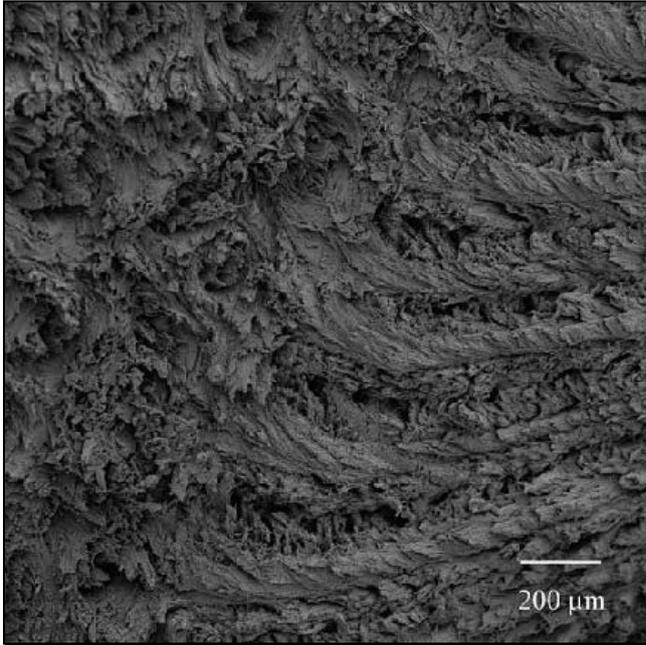


**Textabb. 41:**

**Mittleres Kronhorn desselben Hufes wie in Textabb. 40, SEM-Präparat, Gefrierbruch**

#### **7.4 Architektur der weißen Linie**

Im Bereich der weißen Linie zeigten sich in den rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen, wie auch in den lichtmikroskopischen Präparaten, geschlängelte und abgeknickte Hornblättchen. Die einzelnen Hornblättchen besaßen durchweg eine solide Struktur und konnten deutlich vom angrenzenden Terminalhorn unterschieden werden, welches ein lockeres Gefüge ohne eine geordnete Zellstruktur aufwies. Hier waren die einzelnen Zellen in alle Richtungen ausgerichtet. Die Terminalhornröhrchen zeigten einen im Vergleich zu den Kronhornröhrchen sehr kleinen Durchmesser und waren meist nur sehr undeutlich erkennbar. Ferner waren einzelne runde Kappenhornröhrchen sichtbar. Die Textabbildung 42 zeigt beispielhaft die weiße Linie im Bereich des Tragrandes des Zehenrückenteiles des rechten Hinterhufes einer Warmblutstute aus dem Stall 1. Weitere Abbildungen sind dem Abbildungsteil zu entnehmen (Abbildung 12).



**Textabb. 42:**

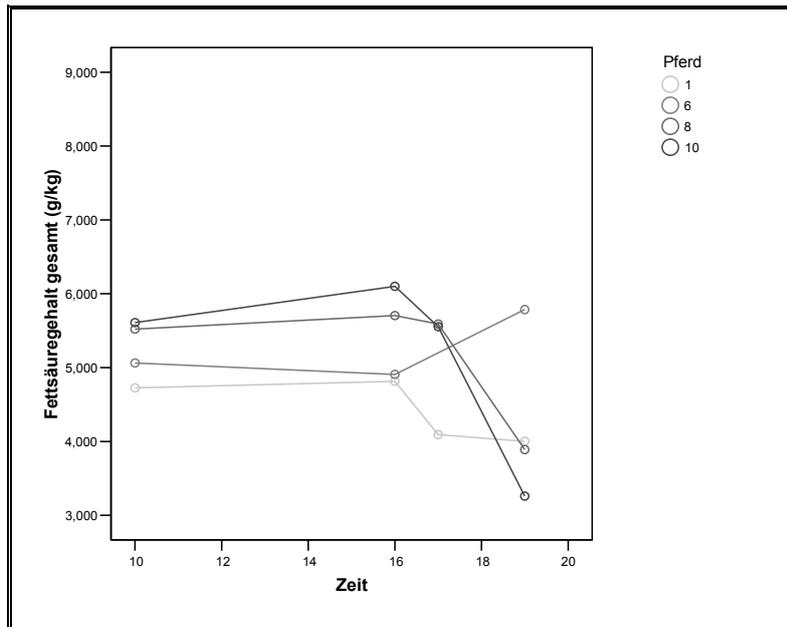
**Weißer Linie des Zehenrückenteiles des rechten Hinterhufes einer siebenjährigen Warmblutstute aus dem Stall 1, Probe aus dem Winter 2003/2004, eine rasterelektronenmikroskopische Abbildung des selben Hufes aus den Sommermonaten ist dem Abbildungsteil zu entnehmen (Abbildung 12 a), SEM-Präparat, Gefrierbruch**

## **8. Fettsäureanalyse**

### **8.1 Fettsäureanalyse im Hufhorn**

Eine gaschromatographische Analyse der Fettsäuren im Hufhorn wurde exemplarisch bei vier Pferden aus dem Stall 1 durchgeführt. Bei den Fettsäuren im Hufhorn dominierte über den gesamten Untersuchungszeitraum die Caprinsäure (10:0), deren Konzentration deutlich über derjenigen der anderen Fettsäuren lag. Die Stearinsäure (18:0) war in allen Untersuchungsmonaten die zweithäufigste Fettsäure im Hufhorn. Der Gesamtgehalt aller Fettsäuren schwankte im Hufhorn der vier untersuchten Pferde im Verlaufe eines Jahres. Zum Juli 2004 war bei drei dieser vier Pferde ein deutlicher Abfall des Gesamtfettsäuregehaltes ersichtlich (siehe Grafik 12). Bei der Traberstute (Pferd 6) konnte zu diesem Zeitpunkt jedoch ein Anstieg der Gesamtfettsäurekonzentration der Hufe beobachtet werden. Die Ergebnisse dieser Analyse der einzelnen Pferde können dem Anhang entnommen werden. Es ist außerdem auffallend, dass im Hufhorn der untersuchten Pferde die gesättigten Fettsäuren überwiegen. Die ungesättigten Fettsäuren Palmitoleinsäure (16:1) und Linolensäure (18:3) konnten zu keinem Zeitpunkt im Hufhorn nachgewiesen werden. Lediglich die ungesättigten Fettsäuren Öl- (18:1) und Linolsäure (18:2) waren, in weitaus geringerer Konzentration als die gesättigten Fettsäuren, im Hufhorn vorhanden (siehe Tabelle 23).

## Untersuchungsergebnisse



**Grafik 12:**

**Verlauf des Gesamtfettsäuregehaltes des Hufhornes im Verlauf eines Jahres**

(Zeit: 10 = Oktober 2003, 16 = April 2004, 19 = Juli 2004)

**Tabelle 23: Fettsäurezusammensetzung des Kronhornes**

(Angaben in g/kg Trockenmasse)

Fettsäure	Okt. 2003 n = 4	April 2004 n = 4	Mai 2004 n = 3	Juli 2004 n = 4
Caprylsäure	0,25	0,23	0,31	0,67
Caprinsäure	1,95	2,24	1,88	1,44
Laurinsäure	0,81	0,73	0,68	0,44
Myristinsäure	0,48	0,10	0,05	0,16
Palmitinsäure	0,62	0,75	0,77	0,52
Palmitoleinsäure	0,00	0,00	0,00	0,00
Stearinsäure	0,98	1,19	1,22	0,80
Ölsäure	0,066	0,075	0,119	0,083
Linolsäure	0,049	0,028	0,026	0,061
Linolensäure	0,00	0,00	0,00	0,00
Gesamt	5,230	5,382	5,079	4,234

## 8.2 Fettsäureanalyse in den Grundfuttermitteln Hafer und Heu

Der Gesamtfettsäuregehalt beider Grundfuttermittel aus dem Stall 1 fiel im Verlauf eines Jahres geringfügig ab. Die untersuchten Haferproben besaßen im Sommer 2003 einen Gesamtfettsäuregehalt von 20,807 g/kg, im Winter 2003/2004 von 19,806 g/kg und im Sommer 2004 von 18,817 g/kg. Der Gesamtgehalt dieser Fettsäuren betrug im Heu im Sommer 2003 6,156 g/kg, im Winter 2003/2004 5,359 g/kg und im Sommer 2004 4,16 g/kg. Bei den Fettsäuren im Hafer wiesen die Linolsäure (18:2) und die Ölsäure (18:1) die höchsten Konzentrationen an allen Probenentnahmezeitpunkten auf. Bei beiden handelt es sich um ungesättigte Fettsäuren, wobei Linolsäure zu den mehrfach ungesättigten Fettsäuren zählt (mehrere Doppelbindungen). Die geringste Konzentration wurde hier bei der Palmitoleinsäure (16:1), einer ebenfalls ungesättigten Fettsäure, gemessen. Nicht nachweisbar war im Hafer und im Heu die Myristinsäure (14:0). Das untersuchte Heu wies einen deutlich geringeren Gesamtfettsäuregehalt auf als der Hafer. Dabei konnten im Falle der Caprin- (10:1) und Palmitinsäure (16:1) die höchsten Konzentrationen gemessen werden (siehe Tabelle 24).

**Tabelle 24: Gehalt einzelner Fettsäuren in den Grundfuttermitteln Hafer und Heu im Stall 1 (Angaben in g/kg)**

Fettsäure	Sommer 2003		Winter 03/04		Sommer 2004	
	Hafer	Heu	Hafer	Heu	Hafer	Heu
Caprylsäure	0,180	0,150	0,170	0,117	0,079	0,045
Caprinsäure	2,310	1,820	2,303	1,872	0,800	0,716
Laurinsäure	0,421	0,298	0,411	0,254	0,048	0,058
Myristinsäure	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Palmitinsäure	2,782	0,939	2,774	0,941	2,628	0,922
Palmitoleinsäure	0,083	0,00	0,093	0,00	0,044	0,017
Stearinsäure	0,973	0,689	0,983	0,649	0,402	0,444
Ölsäure	5,856	0,842	5,272	0,125	6,189	1,036
Linolsäure	7,857	0,543	7,465	0,469	8,005	0,831
Linolensäure	0,345	0,875	0,335	0,932	0,391	0,061
Gesamt	20,807	6,156	19,806	5,359	18,817	4,160

### **8.3 Zusammenhang zwischen dem Gesamtfettsäuregehalt im Futter und im Hufhorn**

Um einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Gesamtfettsäuregehalt in den Futtermitteln und dem Fettsäuregehalt des Hufhornes festzustellen, wurden die erhobenen Daten aller analysierten Futter- und Hornproben verwendet. Es muss beachtet werden, dass der Stichprobenumfang der einzelnen Untersuchungstermine unterschiedlich war. Die Korrelation zwischen diesen zwei Untersuchungsparametern wurde anhand des Produkt-Moment-Korrelationskoeffizienten nach Pearson ( $r$ ) ausgedrückt. Der Gesamtfettsäuregehalt im Hafer ( $r = 0,919$ ) und auch im Heu ( $r = 0,865$ ) korrelierten mit dem Gesamtfettsäuregehalt im Hufhorn positiv, was bedeutet, dass der Anstieg des Fettsäuregehaltes mit dem Anstieg des Fettsäuregehaltes im Hufhorn einhergeht bzw. ein Abfall dieser Fettsäuren in den Futtermitteln mit einem Abfall dieser im Hufhorn einhergeht. Allerdings ist dieser Zusammenhang statistisch als nicht signifikant anzusehen, da die vorgegebene Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p = 0,05$  überschritten wurde.

### **8.4 Korrelation des Gehaltes einzelner Fettsäuren im Futter und im Hufhorn**

Eine mögliche Korrelation zwischen den Gehalten der einzelnen Fettsäuren in Heu und Hafer und den einzelnen Fettsäuren im Hufhorn, wurde anhand der erhobenen Daten aller analysierten Futter- und Hornproben berechnet. Dabei konnte in keinem Fall zwischen den einzelnen Fettsäuren im Hufhorn und denen im Hafer bzw. Heu ein Zusammenhang festgestellt werden.

### **8.5 Korrelation des Gesamtfettsäuregehaltes im Hufhorn mit der Hornhärte**

Ein möglicher Zusammenhang zwischen dem Gesamtfettsäuregehalt und der Hornhärte wurde anhand der erhobenen Daten der Hufe der vier exemplarisch untersuchten Pferde aus dem Stall 1 berechnet. Eine signifikante Korrelation wurde jedoch für diese beiden Parameter nicht festgestellt.

### **9. Ergebnisse der Blutuntersuchungen**

Die Einzelwerte aller Pferde beider Ställe sind aus den Tabellen im Anhang zu entnehmen. Als Referenzwerte werden die Angaben von SCHÄFER (1999) (siehe Kapitel „Literaturübersicht“, Tabelle 8) zu Grunde gelegt. Aus den Einzelwerten der Pferde wurde für jeden Untersuchungstermin der Mittelwert für den gesamten Stall errechnet. Diese arithmetischen Mittelwerte (MW) sind zusammen mit der Standardabweichung (SD) in den Tabellen 25 und 26 aufgeführt.

**Tabelle 25: Übersicht der gemessenen Blutparameter im Verlauf eines Jahres im Stall 1**

Blutparameter	Termin 1 (n = 10)		Termin 2 (n = 10)		Termin 3 (n = 10)	
	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
Natrium (mmol/l)	133,82	3,62	137,57	2,05	132,60	2,79
Kalium (mmol/l)	3,90	0,42	3,89	0,47	3,86	0,65
Kalzium (mmol/l)	2,96	0,17	3,11	0,13	2,98	0,086
ionisiertes Kalzium (mmol/l)	*	*	1,64	0,049	1,62	0,031
Phosphor (mmol/l)	0,98	0,13	0,96	0,13	0,87	0,14
Eisen (µmol/l)	23,08	4,46	25,23	2,79	21,76	4,27
Magnesium (mmol/l)	0,78	0,078	0,69	0,054	0,74	0,083
Kupfer (µmol/l)	15,76	1,73	13,93	1,54	16,85	2,31
Selen (µmol/l)	1,50	0,10	1,37	0,22	1,03	0,19
Zink (µmol/l)	7,80	1,18	10,03	2,72	8,61	0,96

Termin 1 = Juli/August 2003, Termin 2 = Januar/Februar 2004, Termin 3 = Juli/August 2004

\* keine Probennahme von Vollblut, deshalb Bestimmung von ionisiertem Kalzium nicht möglich

**Tabelle 26: Übersicht der gemessenen Blutparameter im Verlauf eines Jahres im Stall 2**

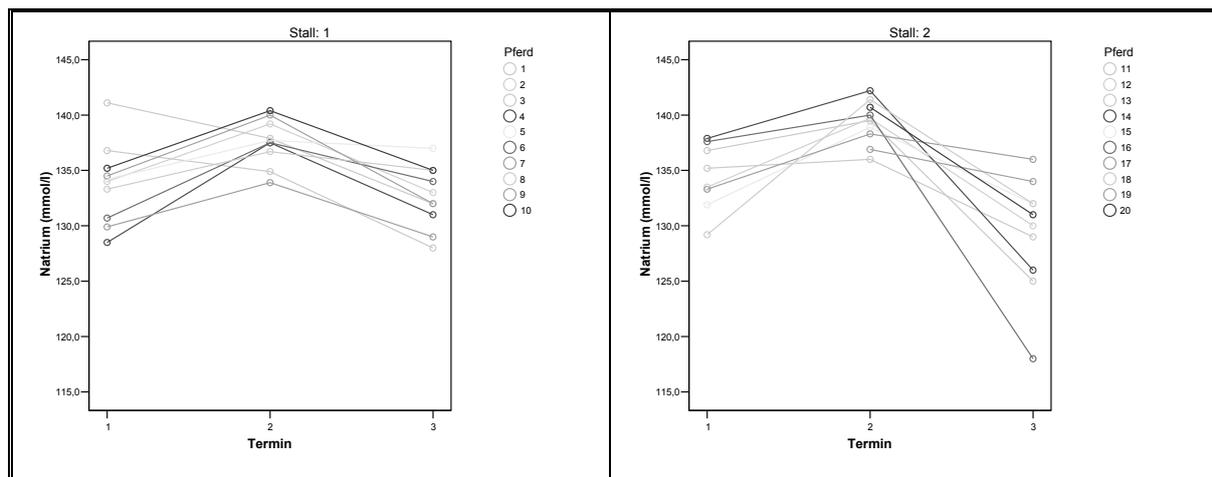
Blutparameter	Termin 1 (n = 8)		Termin 2 (n = 10)		Termin 3 (n = 10)	
	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
Natrium (mmol/l)	134,42	3,02	139,36	1,92	129,30	5,18
Kalium (mmol/l)	3,02	0,59	3,42	0,67	3,07	0,55
Kalzium (mmol/l)	2,91	0,11	3,16	0,086	2,79	0,24
ionisiertes Kalzium (mmol/l)	*	*	1,65	0,032	1,62	0,044
Phosphor (mmol/l)	0,84	0,10	0,88	0,19	0,93	0,16
Eisen (µmol/l)	26,37	2,22	28,53	3,46	26,11	5,10
Magnesium (mmol/l)	0,79	0,059	0,79	0,060	0,72	0,13
Kupfer (µmol/l)	16,86	3,09	15,16	2,52	16,16	3,02
Selen (µmol/l)	1,84	0,12	1,45	0,30	1,68	3,02
Zink (µmol/l)	9,81	1,29	9,65	1,32	10,00	1,13

Termin 1 = Juli/August 2003, Termin 2 = Januar/Februar 2004, Termin 3 = Juli/August 2004

\* keine Probennahme von Vollblut, deshalb Bestimmung von ionisiertem Kalzium nicht möglich

## 9.1 Natrium

**Grafik 13: Verlauf des Natriumgehaltes im Blut der Pferde beider Ställe**



Termin 1 = Juli/August 2003, Termin 2 = Januar/Februar 2004, Termin 3 = Juli/August 2004

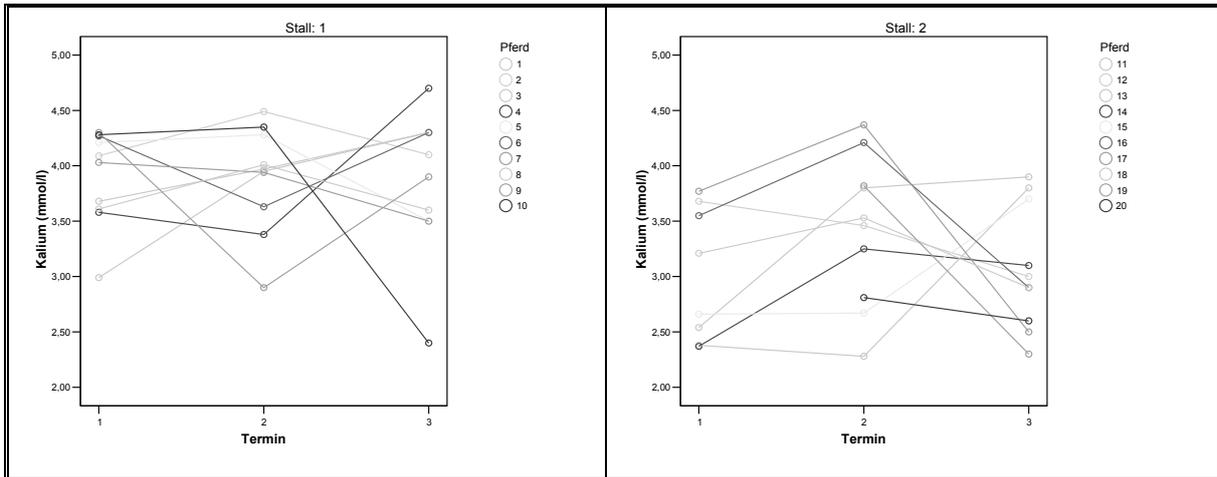
Bei achtzehn von zwanzig Pferden kam es zwischen Sommer 2003 (Termin 1) und Winter 2003/2004 (Termin 2) zu einem Anstieg ihres Serumnatriumgehaltes. Alle Pferde wiesen daraufhin zum Sommer 2004 (Termin 3) einen Abfall dieser Werte auf, wobei dieser Abfall

## Untersuchungsergebnisse

im Stall 2 im Mittel stärker ausgeprägt war. Dennoch lagen die Werte aller Pferde zu jeder Zeit innerhalb der Referenzwerte.

### 9.2 Kalium

**Grafik 14: Verlauf des Kaliumgehaltes im Blut der Pferde beider Ställe**

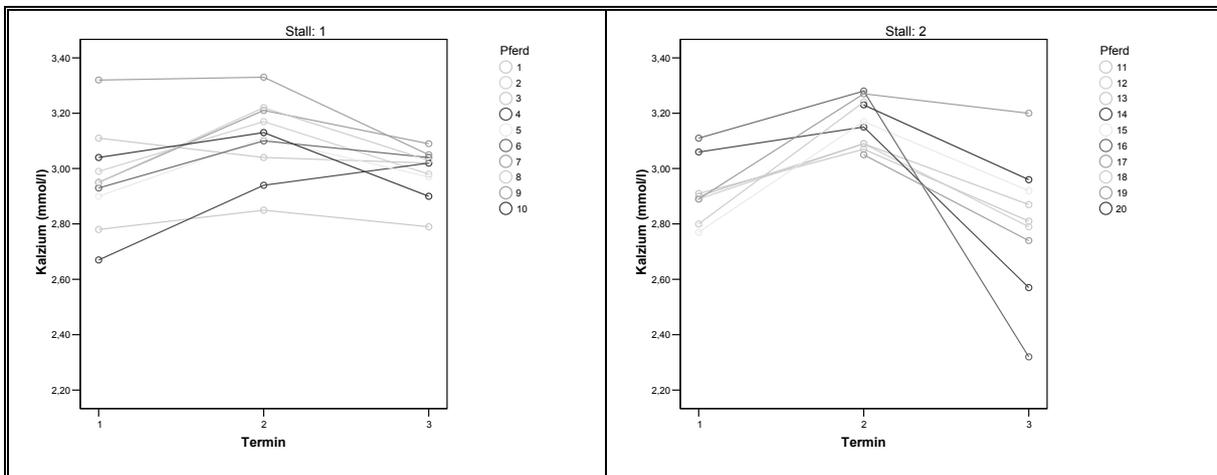


Termin 1 = Juli/August 2003, Termin 2 = Januar/Februar 2004, Termin 3 = Juli/August 2004

Auch die Serumkaliumwerte lagen bei allen Pferden zu jedem Zeitpunkt innerhalb des Referenzbereiches, wobei hier im Ganzen kein deutlicher Anstieg bzw. Abfall der Werte aller Pferde zu verzeichnen war. Der Verlauf des Serumkaliumgehaltes im Blut zeigte bei den Pferden beider Ställe auffällige individuelle Schwankungen.

### 9.3 Kalzium

**Grafik 15: Verlauf des Kalziumgehaltes im Blut der Pferde beider Ställe**



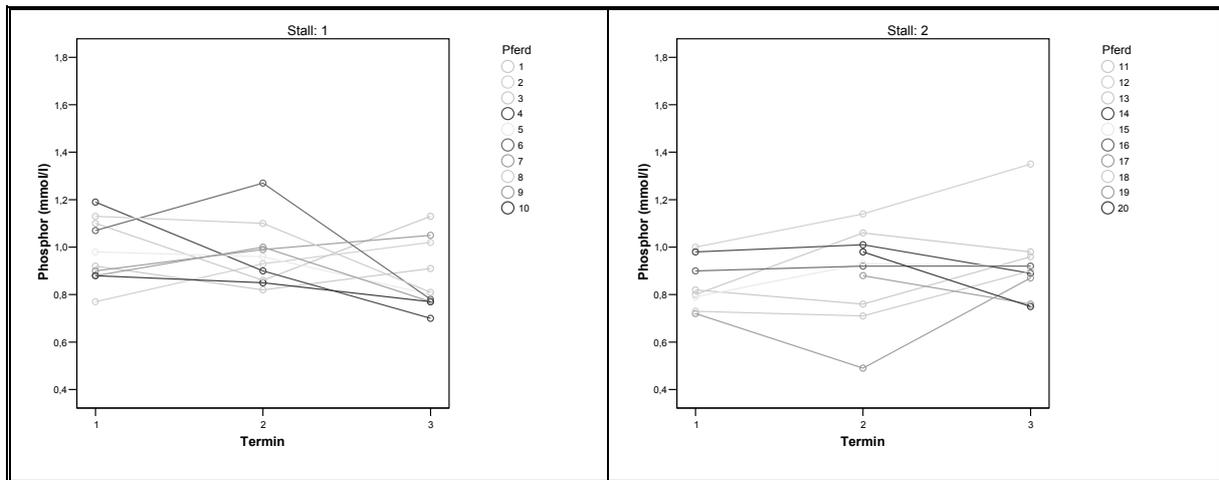
Termin 1 = Juli/August 2003, Termin 2 = Januar/Februar 2004, Termin 3 = Juli/August 2004

## Untersuchungsergebnisse

Auch der Serumkalziumgehalt lag bei allen Pferden zu jedem Untersuchungszeitpunkt im Bereich der Referenzwerte. Hier konnte, bis auf ein Pferd aus dem Stall 1, bei allen Pferden zum Winter 2003/2004 (Termin 2) ein leichter Anstieg des Kalziumgehaltes notiert werden. Zum Sommer 2004 (Termin 3) zeigte sich bei neunzehn von zwanzig Pferden ein Abfall dieser Werte.

### 9.4 Phosphor

**Grafik 16: Verlauf des Phosphorgehaltes im Blut der Pferde beider Ställe**

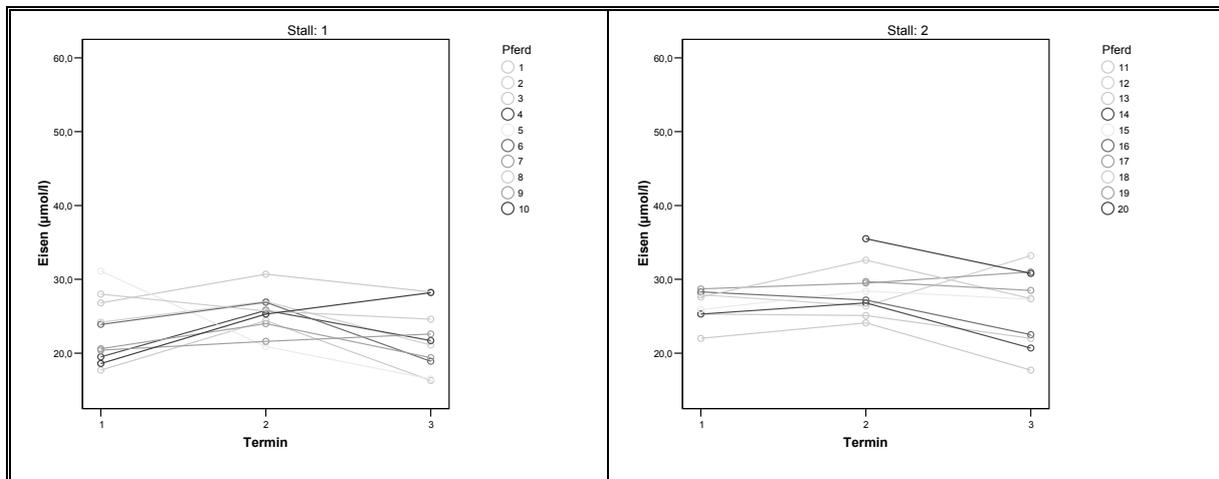


Termin 1 = Juli/August 2003, Termin 2 = Januar/Februar 2004, Termin 3 = Juli/August 2004

Im Stall 1 wiesen sechs von zehn Pferden zwischen den Terminen 1 und 2 einen leichten Abfall der Serumphosphorgehalte auf. Zwischen dem Termin 2 und dem Termin 3 stiegen diese Werte bei vier Pferden an, während sie bei sechs Pferden in diesem Zeitraum abfielen. Der Phosphorgehalt im Blut der Pferde aus dem Stall 2 stieg zwischen den ersten zwei Blutentnahmetermeninen bei fünf Pferden an, um zum Termin 3 bei sechs Pferden abzufallen. Während des gesamten Studienzeitraumes lagen diese Werte bei sämtlichen Pferden innerhalb des Referenzbereiches.

9.5 Eisen

**Grafik 17: Verlauf des Eisengehaltes im Blut der Pferde beider Ställe**

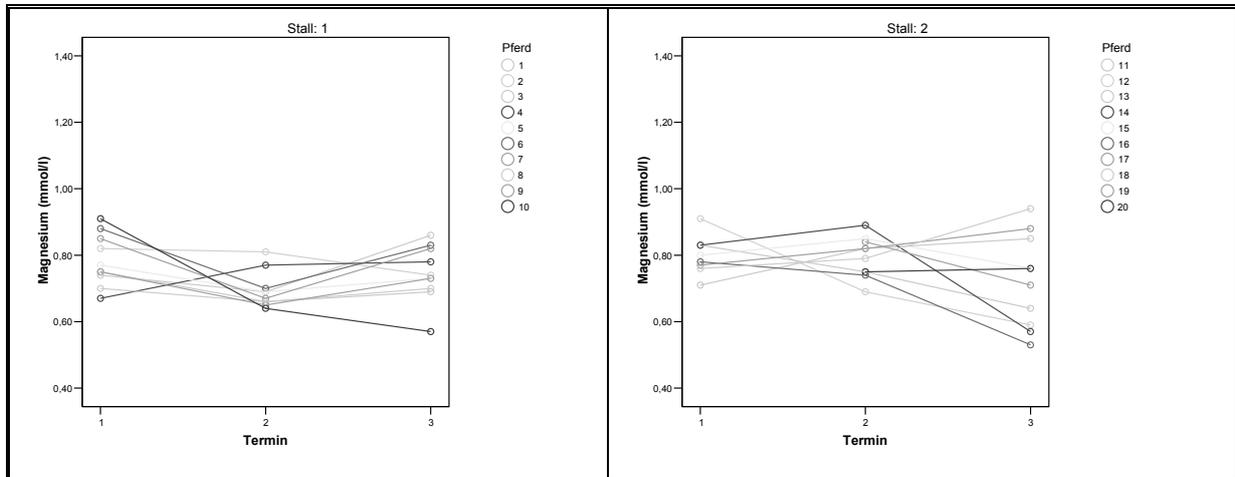


Termin 1 = Juli/August 2003, Termin 2 = Januar/Februar 2004, Termin 3 = Juli/August 2004

Im Stall 1 lag der Serumeisengehalt von drei Pferden am Termin 1 oberhalb der Referenzwerte. An den Terminen 2 und 3 lag lediglich ein Pferd dieses Stalles oberhalb dieses Referenzbereiches. Die Eisenserumwerte aller anderen Pferde lagen zu jedem Zeitpunkt innerhalb des Referenzbereiches. Im Stall 2 lag der Serumeisengehalt am Termin 1 bei drei Tieren über den Referenzwerten, zum Termin 2 bei fünf Tieren. Zum Termin 3 lag der Eisengehalt im Blut sogar bei sechs von zehn Pferden oberhalb des Referenzbereiches. Zwischen dem Termin 1 und dem Termin 2 stieg der Serumeisengehalt bei acht Pferden aus dem Stall 1 an und fiel zum Termin 3 bei acht von zehn Pferden wieder ab. Im Stall 2 war bei fünf von acht Pferden zwischen den Terminen 1 und 2 ein Anstieg der Eisenwerte zu beobachten. Zum Sommer 2004 (Termin 3) fielen diese Werte bei acht von zehn Pferden wieder ab.

## 9.6 Magnesium

**Grafik 18: Verlauf des Magnesiumgehaltes im Blut der Pferde beider Ställe**

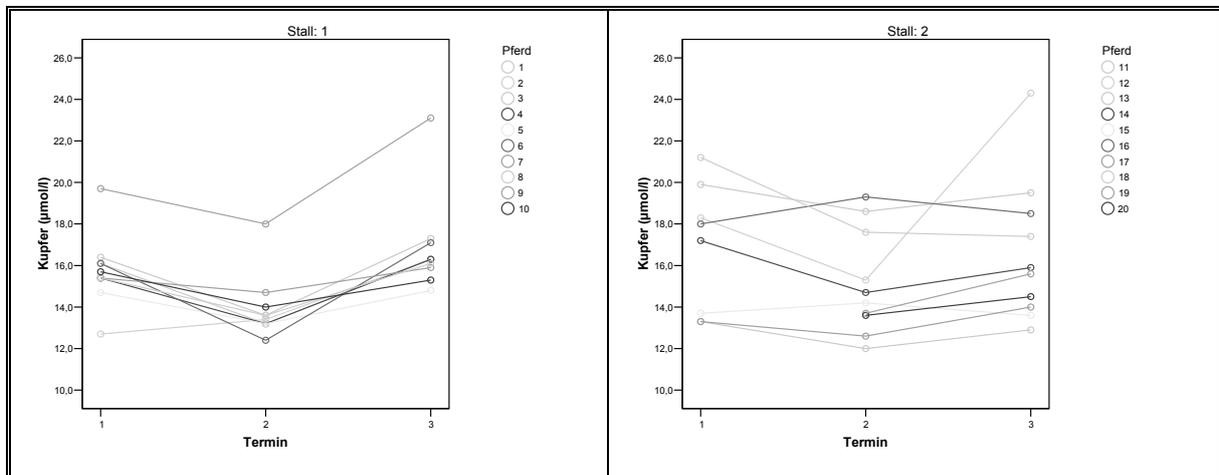


Termin 1 = Juli/August 2003, Termin 2 = Januar/Februar 2004, Termin 3 = Juli/August 2004

Im Stall 1 wiesen sechs Pferden zwischen dem Termin 1 (Sommer 2003) und dem Termin 2 (Winter 2003/2004) einen Abfall und zum Termin 3 (Sommer 2004) einen Anstieg der Serum-magnesiumwerte auf. Im Stall 2 war ein solcher Verlauf dieser Werte über das Versuchsjahr nicht zu verzeichnen. Hier stiegen die Magnesiumgehalte bei sechs Pferden zwischen den Terminen 1 und 2 an, während sie bei drei Tieren abfielen. Zum Termin 3 zeigten diese Werte bei vier Pferden einen Anstieg und bei sechs Pferden einen Abfall. Die Serum-magnesiumwerte lagen bei allen Pferden zu jedem Zeitpunkt im Referenzbereich.

## 9.7 Kupfer

**Grafik 19: Verlauf des Kupfergehaltes im Blut der Pferde beider Ställe**



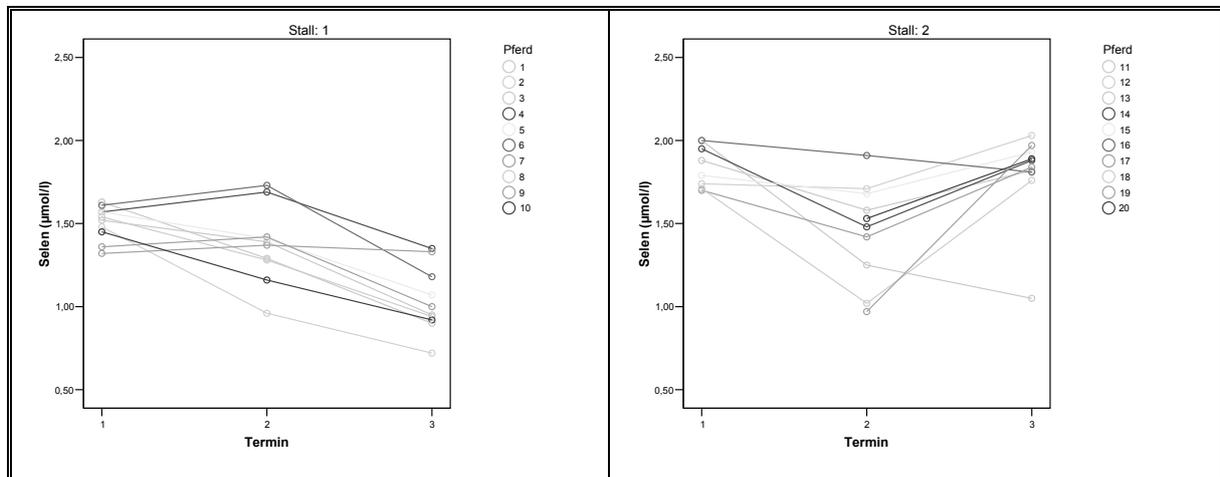
Termin 1 = Juli/August 2003, Termin 2 = Januar/Februar 2004, Termin 3 = Juli/August 2004

## Untersuchungsergebnisse

Im Stall 1 wiesen neun von zehn Pferden über den gesamten Untersuchungszeitraum Serumkupferwerte unterhalb der Referenzwerte auf. Zwischen Sommer 2003 (Termin 1) und Winter 2004 (Termin 2) fiel bei neun von zehn Pferden der Kupfergehalt ab, um zum Sommer 2004 (Termin 3) bei allen Pferden wieder anzusteigen. Von den zehn in Boxenhaltung (Stall 2) lebenden Pferden lagen die Kupfergehalte im Blut zum Termin 1 bei sechs Pferden unterhalb des Referenzbereiches. Im Winter 2003/2004 (Termin 2) war dies bei acht Pferden, im Sommer 2004 (Termin 3) bei sechs Pferden der Fall.

### 9.8 Selen

**Grafik 20: Verlauf des Selengehaltes im Blut der Pferde beider Ställe**

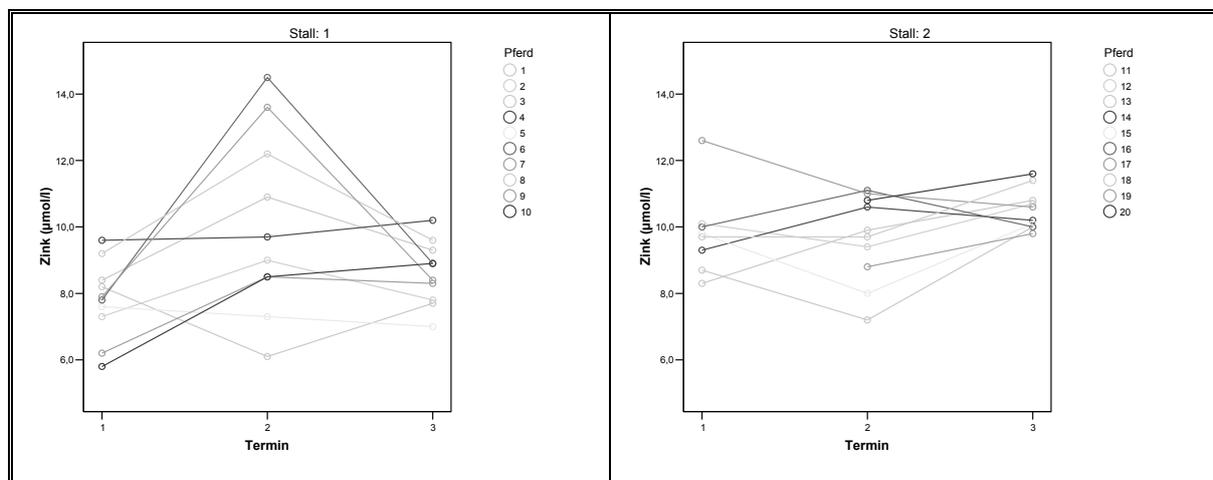


Termin 1 = Juli/August 2003, Termin 2 = Januar/Februar 2004, Termin 3 = Juli/August 2004

Im Sommer 2003 (Termin 1) lagen die Serumselenelemente bei allen Pferden beider Ställe im Referenzbereich. Im Winter 2003/2004 (Termin 2) war der Selengehalt des Blutes bei jeweils einem Pferd aus jedem Stall unterhalb des Referenzbereiches. Im Sommer 2004 (Termin 3) zeigten sieben von zehn Pferden aus dem Stall 1 Selenwerte deutlich unterhalb der Referenzgrenzen. Zu diesem Zeitpunkt wurden diese Pferde seit etwa zwei Monaten auf sandigen Koppeln gehalten. Im Stall 2 lagen die Selengehalte aller Pferde zu diesem Zeitpunkt im Referenzbereich. Bei sechs von zehn Pferden war im Stall 1 zwischen den Terminen 1 und 2 ein Abfall der Serumselenelemente zu verzeichnen. Zum Termin 3 fielen die Werte aller Pferde ab. Im Stall 2 fielen die Serumgehalte aller Pferde zum Termin 2 hin ab, während diese zum Termin 3 bei acht von zehn Pferden wieder anstiegen.

## 9.9 Zink

**Grafik 21: Verlauf des Zinkgehaltes im Blut der Pferde beider Ställe**



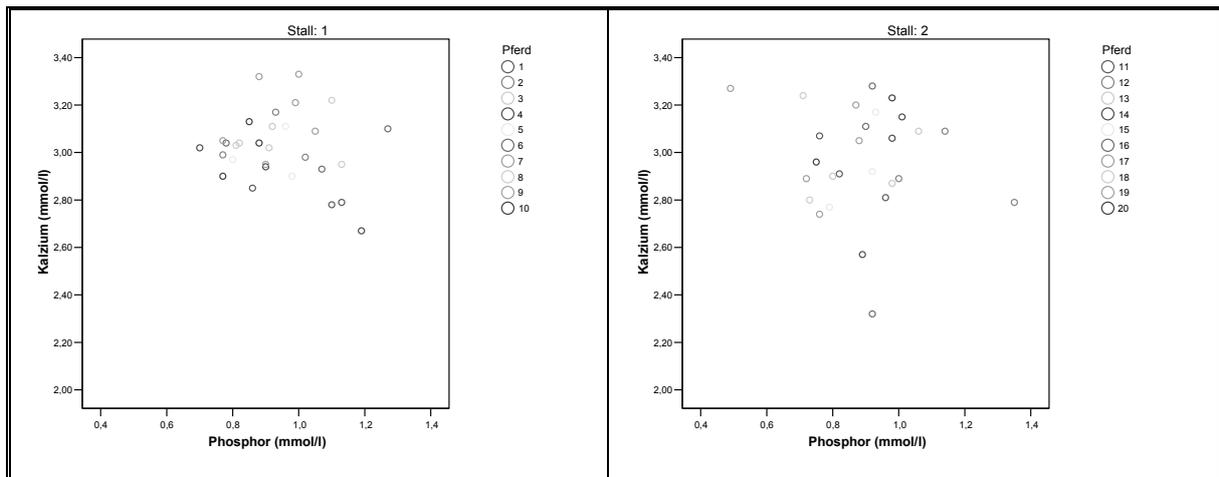
Termin 1 = Juli/August 2003, Termin 2 = Januar/Februar 2004, Termin 3 = Juli/August 2004

Zu Beginn der Studie (Termin 1) lagen die Serumzinkgehalte aller Pferde im Stall 1 unter den Referenzwerten. Im Stall 2 war dies bei fünf Tieren der Fall. Im Winter 2003/2004 (Termin 2) wiesen in beiden Ställen jeweils sechs Pferde Zinkgehalte unterhalb dieser Grenze auf. Schließlich lagen die Zinkgehalte im Blut aller Pferde aus dem Stall 1 und von vier Pferden aus dem Stall 2 zum Ende der Studie wieder unterhalb der Referenzgrenze. Ein Anstieg der Serumzinkgehalte konnte im Stall 1 zwischen dem Termin 1 und dem Termin 2 bei acht von zehn Pferden beobachtet werden. An dem Termin 3 wurde ein Abfall dieser Werte bei sieben von zehn Pferden notiert. Im Gegensatz dazu fiel der Zinkgehalt des Blutes im Stall 2 zwischen den ersten beiden Probenentnahmetermine bei fünf von acht Pferden ab, um zum Termin 3 bei sieben von zehn Pferden anzusteigen.

### 9.10 Korrelation der Blutparameter untereinander

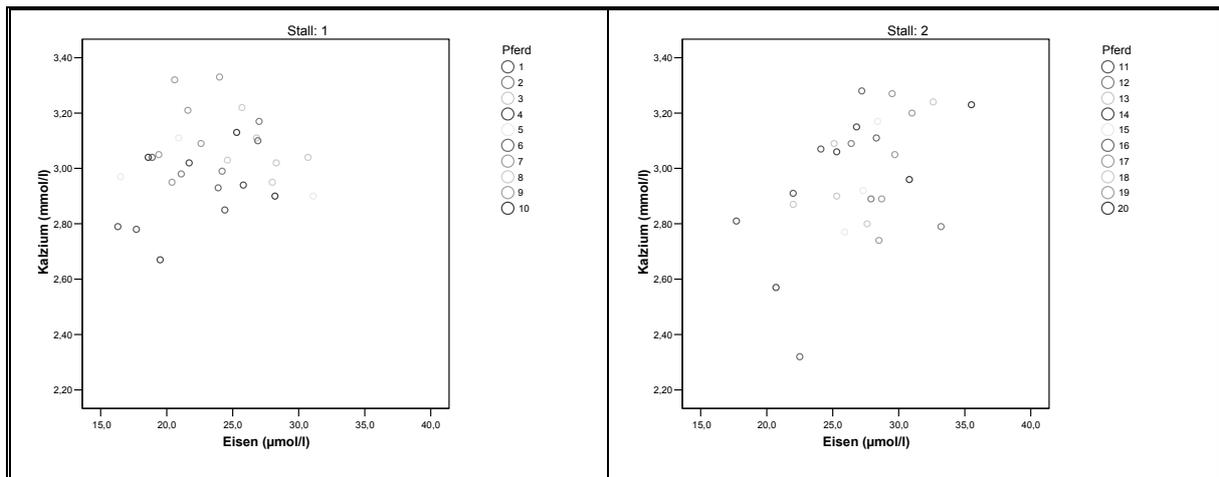
Um einen möglichen Zusammenhang zwischen verschiedenen Blutparametern untereinander festzustellen, wurden alle erhobenen Daten der untersuchten Proben verwendet. Die Korrelation zwischen zwei Blutparametern wurde anhand des Produkt-Moment-Korrelationskoeffizienten nach Pearson ( $r$ ) und mittels Punktediagrammen ausgedrückt. Es muss jedoch beachtet werden, dass im Stall 2 am ersten Probenentnahmeterrmin bei nur acht Pferden Blutuntersuchungen durchgeführt werden konnten. Die Auswahl der Elemente, deren Korrelation untersucht wurde, ist anhand der Angaben aus der Literatur getroffen worden (siehe Kapitel „Literaturübersicht“). Auch hier muss die Interpretation dieser Zusammenhänge mit Vorsicht erfolgen, da die Aussagekraft von Korrelationskoeffizienten begrenzt ist. Auch rechnerisch signifikante Ergebnisse dürfen hier nicht unkritisch betrachtet werden, da schon einige weiter außen liegende Werte zu einem signifikanten Ergebnis führen können.

**Grafik 22: Korrelation zwischen Kalzium und Phosphor**



Zwischen dem Kalziumgehalt und dem Phosphorgehalt des Blutes bestand weder bei den Pferden aus dem Stall 1 noch bei den Pferden aus dem Stall 2 ein Zusammenhang.

**Grafik 23: Korrelation zwischen Kalzium und Eisen**

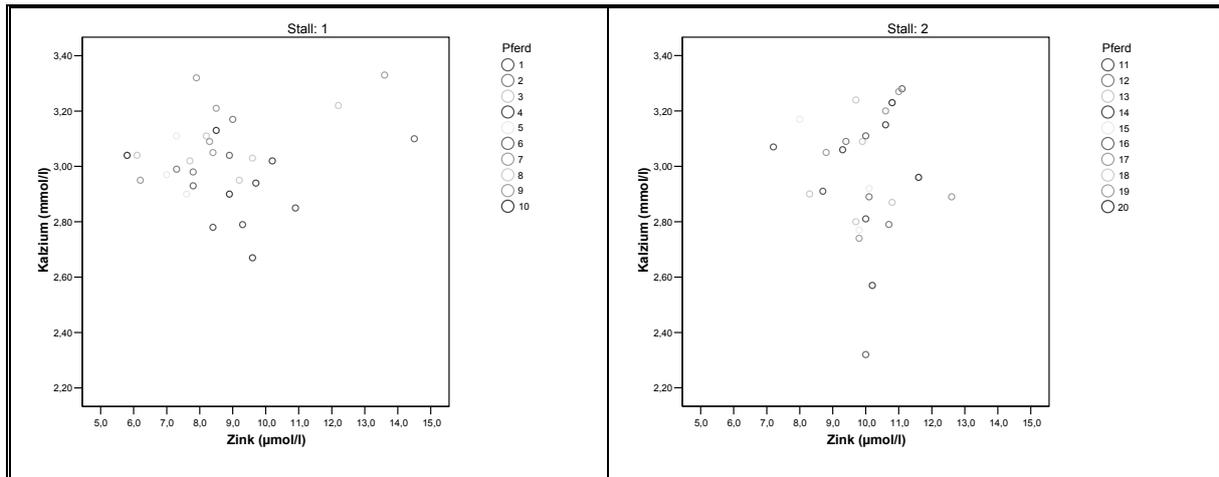


Ein Zusammenhang zwischen dem Serumkalziumgehalt (Gesamtkalzium) und dem Serumeisengehalt konnte für die Pferde im Stall 2 festgestellt werden. Dabei korrelierten beide Blutparameter positiv miteinander. Der für diesen Zusammenhang berechnete Produkt-Moment-Korrelationskoeffizient nach Pearson beträgt  $r = 0,497$ . Hier ging eine Erhöhung des Kalziumgehaltes mit einer Erhöhung des Eisengehaltes einher. Der Zusammenhang ist dabei bei einer zu Grunde gelegten Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p = 0,05$  statistisch signifikant ( $p = 0,008$ ). Bei den Pferden im Stall 1 war kein signifikanter Zusammenhang dieser beiden Parameter erkennbar.

Stall	Kalzium - Eisen	
1	Korrelation nach Pearson	,179
	Signifikanz (2-seitig)	,345
	N	30
2	Korrelation nach Pearson	,497(*)
	Signifikanz (2-seitig)	,008
	N	27

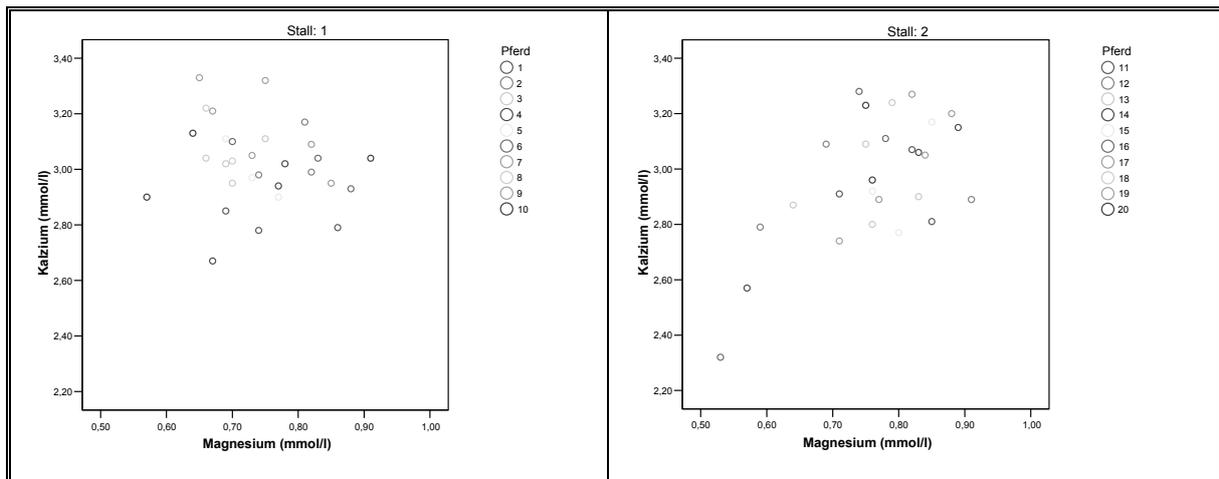
\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

**Grafik 24: Korrelation zwischen Kalzium und Zink**



Zwischen dem Kalzium- (Gesamtkalzium) und Zinkgehalt im Blut konnte bei den Pferden beider Ställe kein Zusammenhang festgestellt werden.

**Grafik 25: Korrelation zwischen Kalzium und Magnesium**



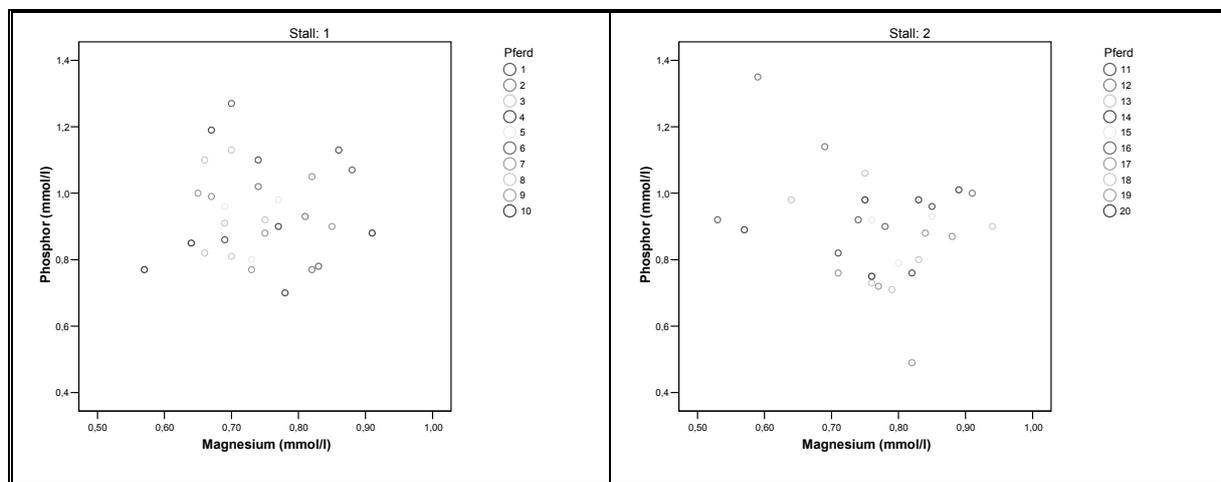
Zwischen dem Serumkalziumgehalt (Gesamtkalzium) und dem Serummagnesiumgehalt konnte bei den Pferden aus dem Stall 2 ein Zusammenhang beobachtet werden. Dabei korrelierten beide Parameter positiv miteinander, was bedeutet, dass eine Erhöhung des Kalziumgehaltes mit einer Erhöhung des Magnesiumgehaltes einherging. Der Produkt-Moment-Korrelationskoeffizient nach Pearson beträgt dabei  $r = 0,607$  und ist mit einem p-Wert von 0,001 signifikant. Im Stall 1 ergab sich ein solcher Zusammenhang nicht.

## Untersuchungsergebnisse

Stall	Kalzium - Magesium	
1	Korrelation nach Pearson	-,152
	Signifikanz (2-seitig)	,424
	N	30
2	Korrelation nach Pearson	,607(*)
	Signifikanz (2-seitig)	,001
	N	27

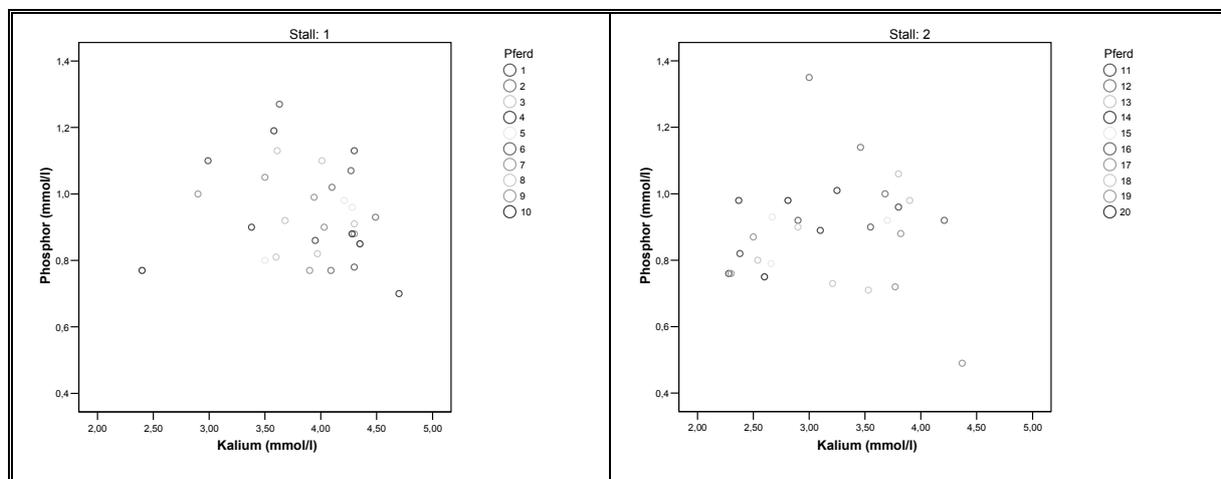
\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

**Grafik 26: Korrelation zwischen Phosphor und Magnesium**



Zwischen dem Phosphor- und Magnesiumgehalt im Blut konnte weder bei den Pferden im Stall 1 noch im Stall 2 ein Zusammenhang festgestellt werden.

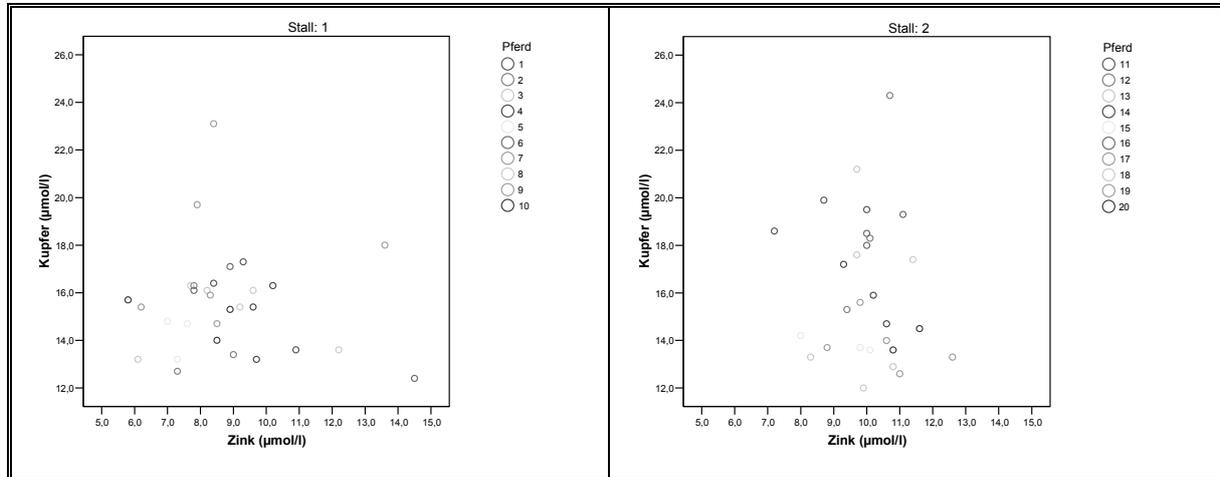
**Grafik 27: Korrelation zwischen Phosphor und Kalium**



## Untersuchungsergebnisse

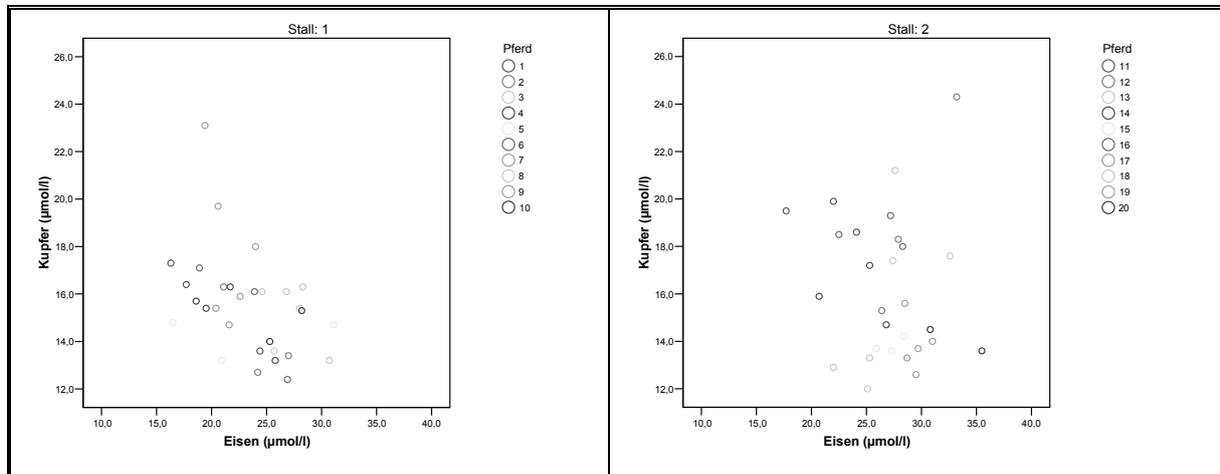
Auch zwischen dem Serumphosphorgehalt und dem Serumkaliumgehalt war in keinem Stall ein Zusammenhang vorhanden.

**Grafik 28: Korrelation zwischen Kupfer und Zink**



Zwischen den Kupfer- und Zinkgehalten im Blut konnte weder bei den Pferden aus dem Stall 1, noch bei den Pferden aus dem Stall 2 ein Zusammenhang beobachtet werden.

**Grafik 29: Korrelation zwischen Kupfer und Eisen**



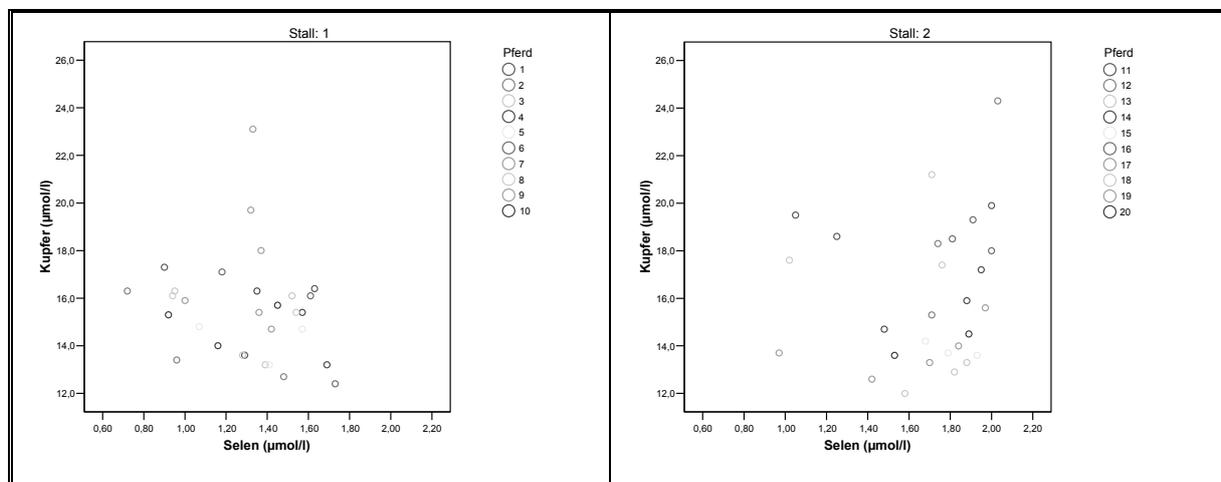
Zwischen dem Kupfer- und dem Eisengehalt im Blut war für die untersuchten Pferde im Stall 1 ein Zusammenhang vorhanden. Der für diesen Zusammenhang berechnete Produkt-Moment-Korrelationskoeffizient nach Pearson beträgt  $r = -0,426$ . Dabei korrelierten diese beiden Parameter negativ miteinander, was bedeutet, dass eine Erhöhung des Kupfergehaltes mit einem Abfall des Eisengehaltes im Blut einherging. Diese Korrelation war mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p = 0,019$  statistisch signifikant. Ein solcher Zusammenhang bestand zwischen diesen Parametern im Stall 2 allerdings nicht.

## Untersuchungsergebnisse

Stall	Kupfer - Eisen	
1	Korrelation nach Pearson	-,426(*)
	Signifikanz (2-seitig)	,019
	N	30
2	Korrelation nach Pearson	-,092
	Signifikanz (2-seitig)	,641
	N	28

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

### **Grafik 30: Korrelation zwischen Kupfer und Selen**

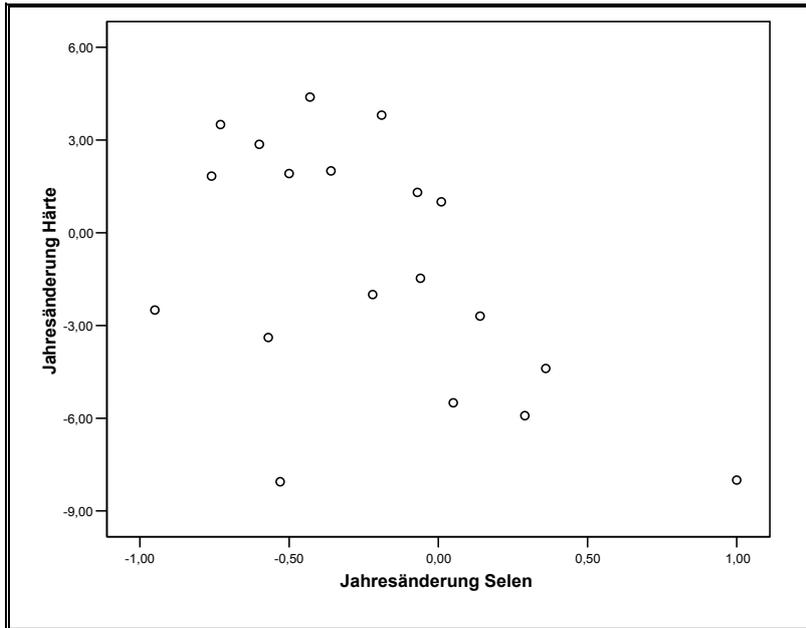


Zwischen dem Serumkupfergehalt und dem Serumselengehalt bestand in beiden Ställen kein Zusammenhang.

### Korrelation zwischen der Änderung des Selengehaltes im Blut und der Hornhärte

Zwischen der Veränderung der Hornhärte im Laufe eines Jahres und der jahreszeitlichen Veränderung des Serumselengehaltes (Änderung des Selengehaltes im Blut zwischen Sommer 2003 und Sommer 2004) bestand ein Zusammenhang für die Pferde beider Ställe. Der dafür ermittelte Pearsonsche Produkt-Moment-Korrelationskoeffizient ( $r$ ) beträgt  $r = -0,516$  und ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p = 0,024$  als signifikant zu beurteilen. Für diese Untersuchung wurde zunächst aus den Einzelwerten der Pferde ein monatlicher Mittelwert gebildet. Daraufhin wurde die Differenz dieser Mittelwerte aus Sommer 2003 und Sommer 2004 gebildet und somit die Jahresänderung ermittelt. Schließlich wurde die Jahresänderung der Hornhärte mit der des Selengehaltes im Blut miteinander korreliert.

## Untersuchungsergebnisse



**Grafik 31:**

**Zusammenhang zwischen der Änderung des Selengehaltes im Blut im Verlauf eines Jahres und der jahreszeitlichen Änderung der Hornhärte**

Jahresänderung Selengehalt		
Jahresänderung Hornhärte	Korrelation nach Pearson	-,516(*)
	Signifikanz (2-seitig)	,024
	N	19

\*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

### Korrelation zwischen der Änderung des Kalziumgehaltes im Blut und der Hornhärte

Zwischen der Änderung des Kalziumgehaltes (zwischen Sommer 2003 und Sommer 2004) und dieser jahreszeitlichen Änderung der Hornhärte bestand keine signifikante Korrelation.

### Korrelation zwischen der Änderung des Zinkgehaltes im Blut und der Hornhärte

Die Berechnung des Zusammenhanges zwischen der Veränderung der Hornhärte im Laufe eines Jahres und der jahreszeitlichen Veränderung des Serumzinkgehaltes wurde auf die gleiche Weise vorgenommen. Zwischen beiden Parametern bestand ein Zusammenhang für die Pferde beider Ställe. Der dafür ermittelte Korrelationskoeffizient (r) beträgt  $r = -0,542$ .

Jahresänderung Zinkgehalt		
Jahresänderung Hornhärte	Korrelation nach Pearson	-,542(*)
	Signifikanz (2-seitig)	,017
	N	19

Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.