

Aus dem Department für Pferde und Kleintiere  
Arbeitsgruppe Movement Science Group Vienna  
(Leitung: A. Univ. Prof. Dr. Christian Peham)



Dieses PDF/A-Dokument wurde maschinell aus der  
approbierten Originalversion erzeugt. Die Originalversion  
finden Sie an der Universitätsbibliothek der  
Veterinärmedizinischen Universität, Wien

## **Der Einfluss des Ausbindens beim Longieren auf die Rückentätigkeit des Pferdes und auf die Zugkräfte an der Trense**

Bakkalaureatsarbeit im Studiengang Pferdewissenschaften  
der Veterinärmedizinischen Universität Wien  
und der Universität für Bodenkultur Wien

vorgelegt von  
Saskia Jungermann

Wien, Oktober 2009

Betreuer: A. Univ. Prof. Dr. Christian Peham  
DI Dr. med. vet. J. Peter Schramel

Gutachter: Priv. Doz. Dr. Barbara Bockstahler

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	1
<b>2. Theoretische Grundlagen</b> .....	2
2.1 Longieren.....	2
2.1.1 Zweck des Longieren .....	2
2.1.2 Ziele des Longierens.....	2
2.1.3 Verwendung von Hilfszügeln.....	3
2.1.4 Beidseitige Ausbinder .....	4
2.2 Anatomie und Biomechanik .....	5
2.2.1 Die Wirbelsäule.....	5
2.2.2 Der Bandapparat.....	7
2.2.3 Die Muskulatur .....	8
2.3 Was versteht man unter Rückentätigkeit? .....	10
2.3.1 Wirbelsäulentätigkeit in Bewegung.....	11
2.4 Zügelkräfte.....	13
2.4.1 Theorie von Innen- und Außenzügel.....	14
<b>3. Material und Methoden</b> .....	15
3.1 Pferde .....	15
3.2 Trensen und Longierausrüstung .....	16
3.3 Kraftmesser .....	16
3.4 Accelerometer und Sensor.....	17
3.5 Versuchsaufbau.....	19
3.5.1 Vorbereitung der Pferde.....	19
3.5.2 Einstellung der Ausbinder .....	19
3.5.3 Longierablauf .....	20
3.6 Auswertung.....	21
3.6.1 Zugkräfte .....	21
3.6.2 Rückentätigkeit .....	21
3.6.3 ..Statistik.....	22
<b>4. Ergebnisse</b> .....	23
4.1 Zugkräfte der Ausbindezügel .....	23
4.1.1 Lange Verschnallung der Ausbinder .....	24
4.1.2 Mittlere Verschnallung der Ausbinder.....	25
4.1.3 Kurze Verschnallung der Ausbinder.....	27
4.1.4 Allgemeine Beobachtungen .....	29
4.1.5 Verhältnis Außenzügel zu Innenzügel.....	31

4.2 Rückenbeschleunigung .....	35
4.2.1 Beschleunigung in X-Richtung .....	33
4.2.2 Beschleunigung in Z- Richtung .....	36
<b>5. Diskussion.....</b>	<b>40</b>
Zusammenfassung .....	46
Summary .....	48
Literaturverzeichnis.....	I
Anhang .....	V

## 1. Einleitung

Longieren, also das Trainieren des Pferdes an einer langen Leine zu Ausbildungszwecken, ist in den meisten Reitweisen seit Jahrhunderten verankert.

Das Longieren soll dabei einen möglichst großen Nutzen für die Gymnastizierung und die Losgelassenheit des Pferdes bringen. Hierzu stehen dem Pferdebesitzer eine Vielzahl von Ausbindezügeln und Longierhilfen zur Verfügung. Die Hilfsmittel sollen dabei helfen, dass das Pferd in „korrekter Haltung“ und „mit aufgewölbten, schwingendem Rücken, mit natürlichen, taktreinen Bewegungen“ (SCHMIDT, 1998) gehen kann.

Wie sich die Kopf- Halsposition beim Longieren überhaupt auf die Rückentätigkeit des Pferdes auswirkt und was beim Verschnallen der Ausbindezügel zu beachten ist, wird dabei zu oft nicht verstanden und beachtet.

Diese Arbeit soll sich in erster Linie mit dem weit verbreiteten einfachen seitlichen Ausbinder beschäftigen. Sie scheinen ideal zum Longieren, „denn nur Ausbinder bieten dem Pferd eine konstante Anlehnung, während andere Hilfszügel dem Pferd nur den Weg nach vorwärts-abwärts zeigen können“ (SCHMIDT, 1998). In dieser Arbeit soll untersucht werden in welchem Maß die durch Hilfszügel vorgegebene Kopfhaltung sich auf die Rückentätigkeit auswirken kann. Aufgrund der brisanten aktuellen Diskussionen über die so genannte „Hyperflexion“ wurden hierfür auch Messungen mit relativ kurzer Verschnallung der Ausbinder vorgenommen. Ein weiteres Ziel dieser Arbeit ist es, die gewünschte Anlehnung, die das Pferd durch das Einschnallen von Ausbindezügeln erfahren soll, zu überprüfen. Kann eine „leichte, konstante Anlehnung“ mit Ausbindern erreicht werden und welche Kräfte wirken bei den unterschiedlichen Einstellungen auf das Pferdemaul? Ebenso ist von Interesse, ob und in welchem Verhältnis sich die Kräfte zwischen Innen- und Außenzügel aufteilen.

## 2. Literatur

### 2.1 Longieren

#### 2.1.1 Zweck des Longieren

Allgemein nach den Richtlinien für Reiten und Fahren *Longieren* Band 6 ist „Longieren das Bewegen, Schulen und Gymnastizieren von Pferden an einer 7 bis 8 Meter langen Leine, der Longe“(FN Band 6, 2007).

Dabei ist Longieren in den seltensten Fällen Selbstzweck. Viel mehr ist es notwendiges Beiwerk um das Reitpferd ohne störendes Reitergewicht ausbilden und trainieren zu können. Beim jungen Pferd bezweckt man die Gewöhnung an die Ausrüstung, vor allem aber die Stärkung der notwendigen Muskulatur, sodass das Pferd seiner späteren Aufgabe gewachsen ist.

Longieren von älteren Pferden soll die Kondition, Koordination und die Durchlässigkeit der Pferde verbessern und sie dadurch gesund und einsatzfähig für ihren Sport halten.

Bei gesundheitlichen Problemen wie Rückenproblemen und Druckstellen stellt die Arbeit an der Longe eine Möglichkeit dar den Trainingszustand des Pferdes über den Zeitraum zu erhalten.

Nicht empfehlenswert ist das Longieren dagegen bei Erkrankungen und Verletzungen des Bewegungsapparates, weil ein zu enger Kreisbogen dabei zu einer übermäßigen Belastung der inneren Extremitäten führen kann.

Auch in der Rekonvaleszenz eignet sich das Longieren, um das Pferd ohne Reitergewicht wieder anzutrainieren.

#### 2.1.2 Ziele des Longierens

In der klassisch englischen Reitweise gibt es wichtige Meilensteine in der Ausbildung, die systematisch erarbeitet werden sollten, um das Pferd leistungsfähig und gesund im sportlichen Einsatz unter dem Reiter zu halten. Festgehalten sind diese in der „Ausbildungsskala“ (FN Band 1, 2007). Der Ausbildungsweg setzt sich demnach aus den

Unterzielen „Takt“, „Losgelassenheit“, „Anlehnung“, „Schwung“, „Geraderichtung“ und „Versammlung“ zusammen. Durch Erarbeitung dieser sich gegenseitig beeinflussenden Kriterien soll das übergeordnete Ziel der „Durchlässigkeit“ erreicht werden.

Nicht alle diese Ziele sind durch das Longieren erreichbar. Insbesondere aber die ersten drei Punkte können durch Longentraining verbessert werden. Nach der Definition der deutschen reiterlichen Vereinigung (FN) ist der Takt „das räumliche und zeitliche Gleichmaß in den drei Grundgangarten“ (FN Band 1, 2007). Taktfehler entstehen insbesondere durch „starke Spannungen im M. longissimus dorsi“ (STODULKA, 2006). Zweites Ziel ist die Losgelassenheit, die sich als „psychische und physische Entspanntheit“ des Pferdes definiert und sich durch einen „schwingenden Rücken“ und sich „zwanglos und unverkrampft an- und abspannende“ Muskeln (FN Band 1, 2007) äußert. „Als Anlehnung wird der leichte, gleichmäßige Kontakt des Pferdemauls zur Reiterhand [bzw. zum Ausbindezügel] verstanden, der dadurch zustande kommt, dass sich das Pferd, den Weg in die Tiefe suchend, an das Gebiss herandehnt“ (STODULKA, 2006). Die Anlehnung darf niemals durch den Zügel gewonnen werden, sondern setzt eine aktive Hinterhand und schwingende Rückenmuskulatur voraus.

Die ersten drei Punkte der Ausbildungsskala gehören zur Gewöhnungsphase. Sie sind Voraussetzung sowohl für die Aufwärm- und Trainingsphase von ausgebildeten Pferden als auch für die Schulung von Remonten.

Schon in der Beschreibung dieser drei Ausbildungsziele wird die Bedeutung der Rückentätigkeit für den Verlauf und Erfolg der Ausbildung und des Trainings deutlich.

### **2.1.3 Verwendung von Hilfszügeln**

Hilfszügel, sowohl zum Reiten, als auch zum Longieren sind auf dem Markt in viele Arten, Variationen und Materialien vorhanden. Beim Longieren sollen sie die Reiterhand ersetzen und dem Pferd die Möglichkeit zur Anlehnung bieten. Gerade im Bereich der englischen Reiterei und Pferdeausbildung wird oft die Meinung vertreten, dass das Pferd „für die Gymnastizierung in der korrekten Haltung vorne eine Anlehnung haben [soll], um den Rückenbogen nach oben aufzuwölben“ (SCHMIDT, 1998). Longieren ohne Ausbinder wird dagegen oft als „Pferde-Schleudern“ (POTICEK, 2009) verpönt. Einig sind sich die Experten in dem Punkt, dass beim Longieren nicht alle Ausbindezügel verwendet werden sollten. Aufgrund fehlender Schenkelhilfen und des Anspruches an das Pferd, einen perfekten

Kreisbogen zu laufen, sollten Ausbinder, die zum Longieren verwendet werden, eine seitlich Begrenzung bieten. So fallen Martingal, Stoßzügel, Gogue und Chambon weg. Letzteres sollte, wenn man seine Vorzüge beim Longieren nutzen möchte, in einem seitlich begrenzten Zirkel, also einem Round- Pen verwendet werden. Geeignet für die Longenarbeit bleiben seitliche Ausbindezügel, Dreieckszügel und Laufferzügel.

#### **2.1.4 Beidseitige Ausbinder**

Der beidseitige Ausbinder ist der Klassiker unter den Hilfszügeln. Es handelt sich dabei um zwei ca. 2,50 m lange Riemen aus Leder oder Gurtmaterial. Diese werden direkt zwischen Sattelgurt und Gebissring bzw. Kappzaum auf beiden Seiten in gleicher Länge eingeschnallt. An einem Ende lassen sie sich anhand einer Schnalle variabel verstellen, während das andere Endstück, oftmals mit einem Metallhaken ausgestattet ist, um es in den Gebissring einzuhängen. Abzuraten ist von Ausbindern mit Gummieinlage in Form eines Ringes. Diese sind in Deutschland seit der LPO 2007 auf Turnieren verboten. Die Dehnung dieses Materials führt zu einer Anspannung des Unterhalses, weil das Pferd keine Anlehnung findet und beginnt sich auf dem Ausbinder abzustützen (GAYER, 2004). Beidseitige Ausbindezügel sollten etwa auf Buggelenkhöhe verlaufen und so verschnallt sein, dass sich die Stirn-Nasenlinie vor der Senkrechten befindet.

Für die Erhebungen der Messdaten sollten ursprünglich gewöhnliche beidseitige Ausbinder verwendet werden. Seitliche Ausbinder sind weit verbreitete Hilfszügel und bieten die gewünschte seitliche Begrenzung an der Longe. Ein Vorversuch ergab jedoch, dass handelsübliche Ausbindezügel mit Gummiringen im Trab aufgrund ihres Eigengewichts stark in Schwingung geraten und dadurch Kraftspitzen auftreten, die sich störend auf die Messungen und das Pferd auswirken.



## 2.2 Anatomie und Biomechanik

Um die Bedeutung der Rückentätigkeit zu verstehen muss man die Anatomie und die Biomechanik kennen, die dieser zugrunde liegt. Die Biomechanik beschäftigt sich mit der Bewegung von biologischen Systemen. Neben der Statik spielen dabei besonders die Auswirkungen von Haltungsänderungen, Gangart und Belastung eine Rolle.

Beim Pferd sind die biomechanischen Vorgänge von spezieller Bedeutung, weil sie bei Ausbildung und Training beachtet werden müssen.

Das Pferd ist von Natur aus mit passiven und aktiven Verspannungen versehen, die es ihm ermöglichen das große Gewicht der Eingeweide zu tragen, ohne physiologische Schäden zu erleiden. Nach König ist „das Pferd daher bestens als Reit-, Zug-, und Tragtier geeignet“ (KÖNIG und LIEBICH, 2001). Dafür ist aber das richtige Verständnis der Zusammenhänge vonnöten.

### 2.2.1 Die Wirbelsäule

Die Wirbelsäule des Pferdes kann in fünf Abschnitte untergliedert werden. Die **Halswirbelsäule** (Vertebrae cervicales) besteht aus sieben relativ großen Wirbeln und ist s-förmig geschwungen. Sie ist sehr viel beweglicher als die sich anschließende **Brustwirbelsäule** (Vertebrae thoracicae). Diese setzt sich aus kürzeren, „teilweise in einander verzahnten“ (KÖNIG und LIEBICH, 2001), Wirbelkörpern zusammen. Zwischen der Brustwirbelsäule und den 18 Rippen, acht „echte“ Rippen (Costae sternalis), die relativ starr mit dem Brustbein (Sternum) verbunden sind, und zehn „Atmungsrippen“ (Costae asternalis), gibt es eine gelenkige Verbindung. Der Widerrist formt sich durch die „bis zu 30 cm“ (STODULKA 2006) langen Dornfortsätze (Processus spinosi) der ersten zwölf Brustwirbel. Die ersten 15 Wirbel neigen sich nach kaudal, der 16. Brustwirbel (Vertebra anticlinalis) steht senkrecht. Die fünf bis sieben Wirbelkörper der **Lendenwirbelsäule** (Vertebrae lumbales) sind wieder einheitlicher geformt und nach kraniodorsal geneigt. An diesem Wirbelsäulenabschnitt befinden sich durch die bis zu 20 cm langen unbeweglichen Querfortsätze besonders stabile Ansatzstellen für die Rückenmuskulatur. Die **Kreuzwirbel** (Vertebrae sacrales) werden auch Kreuzbein genannt, weil sie durch verknöcherte Zwischenwirbelscheiben zu einem länglich-dreieckigen Knochen verschmolzen sind. Die

Verwachsung ist beim Pferd im Alter von fünf Jahren abgeschlossen und führt zur Unbeweglichkeit dieses Wirbelsäulenabschnittes. Dies ist für die Fortbewegung von entscheidender Bedeutung. Der erste der fünf Kreuzbeinwirbel ist über straffe Bänder mit dem Darmbeinflügel verbunden und dient der Schubübertragung aus der Hinterhand auf den Rumpf. Zuletzt schließen sich die **Schwanzwirbel** (Vertebrae caudales) an. Die 15 bis 21 Wirbel bilden die knöcherne Basis des Schweifes und dienen dem Pferd als zusätzliche Balancierstange.

Alle Wirbelkörper der Wirbelsäule haben trotz Unterschiede in Größe und Form einen ähnlichen Aufbau. Sie bestehen aus einem Wirbelkörper (Corpus vertebrae), einem Wirbelbogen (Arcus vertebrae) und dem Wirbelkanal (Canalis vertebralis). Zusätzlich kommen noch unterschiedlich entwickelte Wirbelfortsätze (Processus vertebrae) mit dorsal entwickelten Dornfortsätzen (Processus spinosus), lateralen Querfortsätzen (Processus transversi) und vier Gelenkfortsätzen (Processus articularis) hinzu.

### **Die Funktion der Wirbelsäule:**

Die komplexe Konstruktion des Pferderückens entstand selbstverständlich nicht zum Tragen von Lasten oder Reitern. Doch auch die eigentlichen Funktionen verlangen eine hohe Belastbarkeit und Stabilität.

Die Wirbelkörper der knöchernen Wirbelsäule beinhalten das Rückenmark. Dieses muss besonders geschützt werden, weil es die Nerven, die für die Reizübermittlung zuständig sind, enthält. Die Wirbelsäule ist zudem aber auch eine Brücke zwischen Vor- und Hinterhand des Pferdes. An der Brustwirbelsäule sind die Rippen befestigt. Die ersten acht sind knöchern mit dem Brustbein verbunden und bilden den Brustkorb. In diesem sind Herz, Lunge und andere innere Organe weitgehend vor Verletzungen geschützt.

Neben diesen schützenden und tragenden Funktionen dient der Pferderücken aber auch maßgeblich als Bewegungseinheit. Die Verbindung der Wirbelsäule mit dem Kreuzdarmbeingelenk der Hinterextremität überträgt sowohl die Schub- als auch die Tragkraft auf den Rumpf (HEUSCHMANN, 2006). Die Halswirbelsäule dient dem Pferd zudem als Balancierstange. WAGNER veröffentlichte 2006 eine Untersuchung von NICHOLSON die ergeben hat, dass eine Rippenbiegung aufgrund der starren Verbindung zwischen Brustwirbelsäule, Rippen und Brustbein nicht möglich ist. Die Optik der Rippenbiegung erklärt STODULKA (2006) mit „einer Rotation bei gleichzeitiger

Aufwärtswölbung des thorakolumbalen Übergangs, da dieser keinerlei ventral limitierende Anteile besitzt“.

### 2.2.2 Der Bandapparat

Die Wirbelsäule wird in ihrer Funktion von zahlreichen Bändern gestützt. Diese verbinden zum einen die einzelnen benachbarten Wirbelkörper miteinander (kurze Bänder), zum anderen verspannen sie aber auch über längere Wegstrecken (lange Bänder) die Wirbelsäule zu einer funktionalen Einheit (KÖNIG und LIEBICH, 2001).

Besonders diese langen, gelenksübergreifenden Bänder sind Bestandteil der so genannten „**Oberen Verspannung**“, die einen Teil des passiven Tragesystems des Pferdes ausmacht. Zu den langen Bändern gehören das Nackenband und das Rückenband, sowie das dorsale und das ventrale Längsband.

Das **Nackenband** besteht aus dem Nackenstrang (Funiculus nuchae), welcher von der Hinterhauptsschuppe zu den Dornfortsätzen des Widerristes verläuft und sich hier zu Widerristkappe verbreitert. Der Nackenstrang folgt dabei der oberen Halslinie und ist ca. vier bis fünf Zentimeter stark. Ab dem dritten Halswirbel strahlt die Nackenplatte (Lamina nuchae) beidseitig in das Nackenband ein und endet wiederum in der Widerristkappe.

Das **Rückenband** (Lig. supraspinale) verläuft paarig ab dem vierten Brustwirbel und verbindet die Dornfortsätze bis zum Kreuzbein.

#### **Funktion des Bandapparats:**

Als Obere Verspannung leisten Nacken- und Rückenband passive Tragearbeit. Durch den Ansatz des Nackenbands an den vorderen nach kaudal gewinkelten Brustwirbeln zieht es beim Absenken des Halses die Dornfortsätze auseinander, es kommt zu einer Aufwölbung der Wirbelsäule. Somit ermöglicht die Futteraufnahme mit gesenktem Kopf dem Pferd eine Körperhaltung, bei der kaum Muskelenergie für Haltearbeit aufgebracht werden muss. Die kranial gerichteten hinteren Brust und Lendenwirbelfortsätze werden über das Rückenband aufgerichtet.

### 2.2.3 Die Muskulatur

Neben den knöchernen und sehnigen Strukturen spielen auch die Muskeln eine wichtige Rolle. In dieser Abhandlung sollen nicht alle Muskeln des Halses und des Rumpfes beschrieben werden. Es werden nur die aufgeführt, die für die Bewegung des Rückens und für die Kopf- und Halshaltung entscheidend sind.

#### **Halsmuskulatur:**

Bei der Muskulatur des Halses unterscheidet man zwischen der Ober- und der Unterhalsmuskulatur. Allein die Muskeln am Oberhals sind beim Reitpferd erwünscht und zeigen eine richtige Ausbildung an. Die dorsal der Halswirbelsäule gelegenen Muskeln bezeichnet man als Halsstecker, sie heben bei gleichzeitiger Kontraktion Hals und Kopf. Bei einseitiger Anspannung sind sie für die seitliche Biegung verantwortlich.

Zu den Halsstreckern gehört zum Einem viele Rückenmuskeln, die sich mit Teilen auch über den Hals erstrecken. Dazu gehören die Mm. Longissimus atlantis, capitis und cervicis, die zum später beschriebenen M. longissimus dorsi gehören und auch der Halsteil des durchflochtenen Muskels (M. semispinalis). Ebenfalls wichtig für die Funktion des Halshebens ist der Trapezmuskel (M. trapezius).

Die Bedeutung der Oberhalsmuskulatur lässt sich schon an der Verbindung vieler Rückenmuskeln zur Halswirbelsäule erkennen. Bei richtigem Training entwickeln sich diese Muskelpartien besonders plastisch und helfen dem Pferd beim Aufwölben des Rückens. Die so genannte Unterhalsmuskulatur kann den Kopf herunter-, sowie seitlich ziehen. Sie wird bei falschem Training ausgebildet. Zumeist ist sie ein Anzeichen dafür, dass sich das Pferd gegen eine zu harte Hand oder Ausbindemethode wehrt. Dies wird besonders deutlich, wenn man bedenkt, dass Muskeln des Unterhalses zum Zungenbeinapparat gehören, die automatisch angespannt werden, wenn die Zunge bei hoher Druckbelastung vom Pferd zurückgezogen wird.

Die Halsmuskulatur steht durch ihre Ansatzpunkte auch im Zusammenhang mit der Vordergliedmaße. Schlurfende, gebundene Gänge können also mit festgehaltenen Halsmuskeln in Zusammenhang stehen.

### **Bauchmuskulatur:**

Die Bauchmuskeln liegen in drei Schichten am Thorax und verbinden sich in der weißen Linie (Linea alba), einer starken Sehnenplatte. Diese bildet die so genannte „**Untere Verspannung**“, den Gegenpart zu dem oben beschriebenen Bandapparat. Neben der Atmung haben die Bauchmuskeln „statisch-dynamische Halte-, Stütz- und Tragefunktionen für die Eingeweide“(KÖNIG und LIEBICH, 2001).

Zu den Bauchmuskeln gehören der äußere und der innere schiefe Bauchmuskel (M. obliquus externus abdominis/ M. obliquus internus abdominis), sowie der Querbauchmuskel (M. transversus abdominis). Diese können bei beidseitiger Kontraktion die thorakolumbale Wirbelsäule beugen. Der gerade Bauchmuskel (M. rectus abdominis), verbindet „als aktiv kontrahierbare Muskelplatte den Brustkorb mit dem Becken“ (KÖNIG und LIEBICH, 2001). Nach ROTTER (2004) beugen die schrägen und die geraden Bauchmuskeln die Wirbelsäule aktiv nach oben und dienen damit als Gegenspieler zur Rückenmuskulatur.

### **Rückenmuskulatur:**

Die Muskeln des Rückens werden in oberflächliche und tiefe Muskelpartien unterteilt. Bei der tiefen Muskulatur wird nochmals zwischen langen und kurzen Muskelgruppen unterschieden. Der wichtigste Vertreter der langen, lateral liegenden Rückenmuskulatur ist der M. longissimus (JEFFCOTT und DALIN, 1980). Er wird unterteilt in fünf Abschnitte, pars capitis, pars atlantis, pars cervicis, pars thoracis und pars lumborum. Der auch als M. longissimus dorsi bezeichnete Muskel ist einer der Längsten im Pferdekörper und reicht mit allen seinen Abschnitten vom Kreuzbein bis zur Hinterhauptsschuppe. Er liegt beidseitig neben den Dornfortsätzen auf den Querfortsätzen der Lendenwirbelsäule. Der lange Rückenmuskel kann von zwei Richtungen her wirken. Zieht er von seiner kaudalen Ansatzfläche her kann er die Vorhand anheben. Dies ist bei zunehmender Lastaufnahme in der Versammlung oder auch beim Steigen oder Springen zu beobachten. Kontrahiert sich der lange Rückenmuskel von vorne streckt er die Wirbelsäule und der Rücken wird nach unten hohl. Der M. longissimus dorsi sollte, da sind sich Tierärzte und Trainer einig, nur der Fortbewegung dienen und nicht zum Tragen missbraucht werden, weil er unter Dauerkontraktion schnell ermüdet, wodurch der Rücken hart und fest wird. Durch seine langen Fasern ist er für eine ausreichende Versorgung mit Sauerstoff auf ein rhythmisches An- und Abspannen angewiesen.

Zu den medialen tiefen Muskelgruppen der langen Rückenmuskeln gehören der M. spinalis, der die Brust- und Lendenwirbelsäule streckt, und die Mm. multifidii. Diese können die Wirbelsäule drehen oder feststellen und heben auch den Hals.

#### **Hinterhandmuskulatur:**

Die Bemuskelung der Hinterhand dient natürlicherweise der Vorwärtsbewegung, kann aber auch zur Stoßdämpfung und Federung, sowie zur Lastaufnahme genutzt werden.

Die Muskelgruppen der Kruppe und der langen Gesäßmuskulatur sind über eine breite sehnige Faszie mit denen des Rückens verbunden (HEUSCHMANN, 2006). Bei Belastung der unter den Schwerpunkt tretenden Hinterhand, initiiert durch die Muskeln Iliopsoas, Gluteus superficialis und Sartorius, wird der M. longissimus dorsi gespannt, und hebt die Vorhand an. Eine optische relative Aufrichtung entsteht, bei der sich der Rückenmuskel schon mit dem nächsten Tritt wieder entspannen und dehnen kann.

Hierdurch ergibt sich, dass ein fester Rückenmuskel ein weites Vorgeifen der Hinterhand verhindert. Ebenso vermag aber auch der Rückenmuskel nicht richtig zu arbeiten, wenn dies nicht von einer aktiven Hinterhandaktivität eingeleitet wird.

### **2.3 Was versteht man unter Rückentätigkeit?**

Die im Kapitel Anatomie und Biomechanik beschriebenen Gegebenheiten und Zusammenhänge bilden die Grundlage für die beim Reiten und Longieren angestrebte Rückentätigkeit.

Der lange Rückenmuskel ist ein Bewegungsmuskel und kann seiner Aufgabe, den Schwung der Hinterhand auf die Gesamtvorwärtsbewegung des Pferdes zu übertragen, nur nachkommen, wenn er entspannt und im Rhythmus der Bewegung sich an- und vor allem auch wieder entspannt.

Durch das Nackenband, später auch durch die trainierten Muskeln des Oberhalses kann die Brustwirbelsäule angehoben werden. Tritt gleichzeitig noch die Hinterhand ungezwungen unter den Schwerpunkt, kann eine Aufwölbung des Rückens erreicht werden, die den M. longissimus losgelassen schwingen lässt.

Nach JUNG (2007) sollte sich bei einem schwingenden Rücken die Wirbelsäule in „einer wellenförmigen Bewegung von hinten nach vorne bis in den Bereich des Widerristes hinein [heben und senken]“. Durch das Aufwölben des Rückens ist es dem Pferd möglich mit

seinen Hinterbeinen unter den Schwerpunkt zu treten, es ist somit eine Voraussetzung für rhythmische, raumgreifende Bewegungen und korrekte Belastung der Gelenke.

Verspannungen im Bereich des Rückens haben aber nicht nur Auswirkungen auf die Aktivität der Hinterhand, sondern können auch die Bewegungen der Vorhand beeinflussen. Durch einen weggedrückten Rücken und andauernde Verkrampfung des breiten Rückenmuskels (M. latissimus dorsi) kann der Vortritt der Schulter blockiert werden. „Strampelnde“ Vorderbeine sind die Folge, die Schulterfreiheit ist gehemmt.

Eine gute Rückenaktivität zeichnet sich also durch die Losgelassenheit der Rückenmuskulatur bei gleichzeitig gewölbten, schwingenden Rücken aus. Anzeichen hierfür sind der locker pendelnde Schweif. Durch die Verbindung der Rückenmuskulatur zu den Rippen zeigt auch ein Abschrauben eine rhythmische zwanglose Muskelarbeit dieser Region an (JUNG, 2007).

Das Bewegungszentrum des Pferdes, der Rücken, wirkt sich mit seiner Funktion direkt auf den dynamischen Bewegungsablauf und den Ausdruck des Pferdes aus. Nicht allein der Grad der Aufwölbung der Wirbelbrücke ist entscheidend, sondern die Losgelassenheit aller beteiligten Muskeln, die an einem harmonischen Zusammenspiel beteiligt sind.

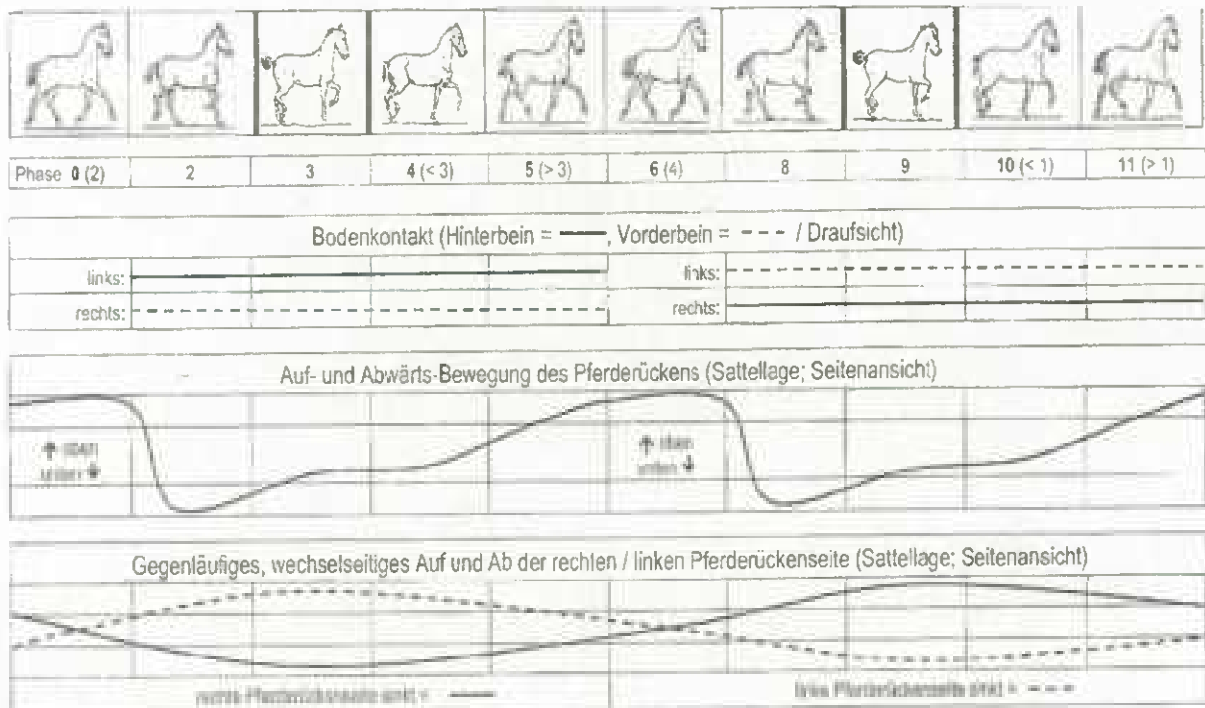
### **2.3.1 Wirbelsäulentätigkeit in Bewegung**

Die Beweglichkeit der Wirbelsäule von Pferden wurde bereits in diversen Versuchen und Messungen untersucht. Aus diesen Studien lässt sich schließen, dass die Wirbelsäule von Pferden im Verhältnis zu anderen Tieren relativ starr und unbeweglich ist. Insgesamt sind vier Bewegungsrichtungen möglich. Dabei handelt es sich um die „Dorsoflexion“, die „Ventroflexion“, die „Lateroflexion“ und die „axiale Rotation“ (KRÜGER, 1939). Unter Dorso- und Ventroflexion, nach VAN WEEREN (2004) den Basisbewegungen der Wirbelsäule, versteht man das Absenken beziehungsweise das Aufwölben des Rückens. Bei der Ventroflexion, also dem Aufkrümmen des Rückens durch Zug auf die Obere Verspannung und Anspannen der Bauchdeckenmuskulatur, nähern sich die Wirbelkörper einander, der Abstand der Dornfortsätze vergrößert sich (HOLMER, 2005). Das Durchdrücken des Rückens führt zu einer entgegengesetzten Abstandsveränderung. FAUXQUÉ (1982) stellte bei seinen Versuchen fest, dass die größten Abstandsveränderungen in Trab und

Galopp auftreten. Die stärkste dorsoventrale Bewegung der gesamten Wirbelsäule kann im Lumbosakralgelenk stattfinden (JEFFCOTT und DALIN, 1980).

Die Lateroflexion drückt die Biegung der Wirbelsäule zu den Seiten aus.

Bei der axialen Rotation handelt sich um die Drehung der Wirbelsäule um die horizontale Ebene. Nach TOWNSEND (1986) können dorsoventrale Bewegungen und axiale Rotation unabhängig voneinander stattfinden, während zu einer lateralen Biegung immer die entgegen gesetzte axiale Rotation gehört.



**Abb. 1:**

Fußfolge, Bodenkontakt und Rückenbewegung vom Pferd im Trab  
HÜBENER (2004)

Jede Gangart hat ihre individuelle Rückenbewegung, die aus der Fußfolge und der Geschwindigkeit resultiert. Hier soll aufgrund der Messung im Wesentlichen auf den Trab eingegangen werden.

Im Trab kommt keine Lateroflexion, wie sie im Schritt ausgeprägt stattfindet, vor. Durch die diagonale Fußfolge beim Traben (hinten links und vorne rechts / hinten rechts und vorne links) und der dazwischen liegenden Schwebephase schwingt die Wirbelsäule in erster Linie auf und ab. Bei dieser dorsoventralen Bewegung spricht man im Trab von einem „doppelt-sinusoidalen“ Bewegungsmuster. Dies bedeutet nach HÜBENER (2004), dass Widerrist und



Kruppe im Trab gleichzeitig steigen und sinken. Eine sinusoidale Kurvenform der Bewegung bedeutet auch eine sinusoidale Form der Beschleunigung, die durch zweimalige zeitliche Ableitung des Weges berechnet werden kann. Während der Schwebephasen erfährt der Rücken im Bereich der Sattellage die stärkste Aufwölbung.

## 2.4 Zügelkräfte

Zugkräfte wirken auf das Pferdemaul sobald ein Zügel an dem eingelegten Trensengebiss eingeschnallt ist. Durch die Form des Mundstücks und den Winkel der Zugrichtung wird die Kraft auf Zunge, Laden, Maulwinkel und über ein Reithalfter auf das Nasenbein und das Genick verteilt (UHLIG 2009).

Sowohl beim Reiten als auch beim Longieren wirken unterschiedlich starke Kräfte auf den Innen- und Außenzügel. Um zu ermitteln welche Kräfte tatsächlich auf das Pferdemaul treffen, muss man die Kräfte beider Zügel addieren (STAHLECKER, 2007).

In der klassisch englischen Reitweise wird von dem Reiter verlangt, dass er eine leichte Verbindung zum Pferdemaul hält. Diese solle, so die Forderung, nur wenige Gramm ausmachen. Zu diesem Thema fanden mehrfach Studien statt, die zeigen, dass Theorie und Praxis dabei weit auseinander liegen. Die vom Reiter als angenehm empfundene „Anlehnung“ liegt vielfach weit oberhalb der Marke von wenigen Gramm. Nach STODULKA (2006) und FELSINGER (2004) liegen die Zugkräfte beim Reiten zwischen 50 und 500 Newton. Da das Longieren eine Vorbereitung bzw. Unterstützung des Reitens sein soll, muss auch hier die Anforderung an eine leichte Anlehnung gestellt werden. Keinesfalls darf das Pferd hier großen Kräften über die Ausbinder oder die eingeschnallte Longe ausgesetzt sein, weil dies zur Abstumpfung führen könnte. Diese könnte sich wiederum negativ auf die Reiteigenschaften auswirken und den Nutzen des Longierens erheblich schmälern.

Beim Longieren kann die Zugwirkung die das Pferd erfährt unterschiedliche Ursachen haben. Durch das Einschnallen der Longe ins Gebiss beim Longieren können starke einseitige Kräfte auf das Pferdemaul wirken. Dies wird verstärkt, wenn das Pferd nicht ausbalanciert ist und keine äußere Begrenzung hat.

Weitere Zugwirkungen können durch in das Gebiss eingeschnallte Ausbindezügel wirken. Einerseits können diese durch das Pferd bewirkt werden, in dem es entweder energisch dagegen zieht oder den Ausbindezügel als „fünftes Bein“ zum Abstützen benutzt.

Andererseits können aber auch zu kurze Verschnallungen die Kräfte, die auf das Pferdemaul wirken, erhöhen.

### 2.4.1 Theorie von Innen- und Außenzügel

Dieses Kapitel soll die Theorien um die Anlehnung des Pferdes ans Gebiss während des Longierens beschreiben. Dabei wird besonders auf die Anforderungen der deutschen FN eingegangen.

Im Band 6 Longieren wird zur Arbeit mit fortgeschrittenen Pferden gesagt, dass zunächst beide Ausbinder gleich lang verschnallt werden sollen, um dem Pferd eine gleichmäßige Anlehnung zu ermöglichen.

Erst später wird geraten das Pferd seitlich zu stellen, indem der innere Ausbinder etwa zwei Löcher kürzer verschnallt wird. SCHMIDT (1998) empfiehlt das Verkürzen des inneren Ausbinders nur bei der Arbeit auf deutlich kleineren Zirkeln. Sie erwähnt, dass Pferde sich schon bei gleich langen Ausbindezügeln auf die Kreisbiegung einstellen und sich an den äußeren Zügel herandehnen, während der Innere lockerer wird.

Im Longierband der FN wird anschließend auf die Hohle- und die Zwangseite des Pferdes hingewiesen. Bei Problemen auf der hohlen Seite, bei der sich das Pferd selbständig vermehrt nach innen stellt wodurch der innere Ausbinder durchhängt wird dazu geraten, den äußeren Ausbinder vorübergehend zu verkürzen.

Gibt das Pferd auf der Zwangseite nicht nach, muss versucht werden durch Paraden an der Longe die Nachgiebigkeit des Genicks zu erreichen. Von einem Verkürzen des inneren Ausbinders wird dagegen abgeraten, weil dies in der Regel dazu führt, dass sich das Pferd auf den inneren Zügel legt und mit der Hinterhand nach außen ausweicht.

### 3. Material und Methoden

#### 3.1 Pferde

Um eine vergleichbare Stichprobe zu erhalten, wurden die Messdaten an der Hannoverschen Reit- und Fahrschule in Verden, unter der Leitung von Schulleiter Joachim Weist, erhoben.

Die zwölf Schulpferde der Reitschule befinden sich auf einem ähnlichen Leistungsstand

(A-L) und werden regelmäßig mit Ausbindezügeln trainiert. Zudem werden sie auch bei Abzeichenlehrgängen für die Deutschen Longierabzeichen eingesetzt.



**Abb. 2:** Befestigung der Zugkraftmesser an den Ausbindern und des Accelerometers am Longiergurt

**Tab.1:** Angaben zu den Pferden

Name	Rasse	Geschlecht	Geb. Jahr	Größe	Abstammung
Pferd 1	Hannoveraner	Stute	1996	164	Warkant- Absatz
Pferd 2	Hannoveraner	Wallach	1996	158	Gambler's Cup- Duiker
Pferd 3	Hannoveraner	Stute	1997	171	Granulit- Imperator
Pferd 4	Hannoveraner	Stute	1995	158	Carpid- Pik König
Pferd 5	Hannoveraner	Stute	1988	156	Dynamo- Salem
Pferd 6	Hannoveraner	Wallach	2001	168	Don Gregory- Calypso
Pferd 7	Hannoveraner	Stute	1995	162	Foxhunter- Wagner
Pferd 8	Hannoveraner	Wallach	2002	163	Friendship- Donau Monarch
Pferd 9	Hannoveraner	Stute	1995	160	Graf Sponeck- Amazonas
Pferd 10	Hannoveraner	Wallach	1995	162	Westwall- Evergreen
Pferd 11	Hannoveraner	Wallach	1998	169	Bergkristall- Argentan
Pferd 12	Hannoveraner	Stute	1993	164	Westwall- Bolero

### 3.2 Trense und Longierausrüstung

Das Equipment der Pferde entsprach einer üblichen Longierausstattung. Auf dem Rücken befand sich ein stabiler Longiergurt mit Ringen für die Befestigung der Ausbinder. Beim Zaumzeug der Pferde wurden sowohl Nasenriemen als auch Zügel ausgeschnallt. Um die Kräfte zu messen, die durch das Ausbinden auf das Pferdemaul wirken, wurden die Pferde mit einfach oder doppelt gebrochenen Wassertrensen gezäumt. Jedes Pferd hatte sein eigenes Gebissstück, welches in Länge und dicke dem jeweiligen Pferdemaul entsprach.

Über den Trensenzaum wurde ein stabiler schwerer Kappzaum geschnallt, bei dem die Longe in den jeweils inneren Ring gehakt wurde.

Statt konservativer Lederausbinder wurden für die Messungen zwei 2,5 cm breite Gurte aus Kunststoff verwendet. Diese sind leicht, aber auch sehr stabil und sie lassen sich einfach befestigen. In der nachfolgenden Arbeit wird dieses Band als „Ausbindezügel“ oder „Ausbinder“ bezeichnet.

### 3.3 Kraftmesser

Für die Messung der Kraftentwicklung auf das Pferdemaul wurden zwei elektronische Kraftmesser mit einem Gewicht von 27 Gramm verwendet (Abbildung 3). Diese wurden auf der rechten und der linken Seite mit Kabelbindern zwischen den Gebissringen und den seitlichen Ausbindezügeln befestigt. In dem Gehäuse enthalten sind Force Sensing Resistors (FSR), deren Polymer-Dickschicht einen

kraftempfindlichen Widerstand bietet. Die herrschenden Zugkräfte werden in Druckkräfte umgewandelt. Die Kabel führen entlang der Ausbinder zum Accelerometer, das mit Klettverschluss auf dem Longiergurt befestigt ist (Abbildung 2). Vor der Messung erfolgte eine Kalibrierung mit 3 kg, entsprechend 29,43 N auf 100 % der Skala.



**Abb. 3:**  
Kraftmesser

### 3.4 Accelerometer und Sensor

Das Accelerometer ist ein von Dr. Schramel von der Klinik für Pferde der Veterinärmedizinischen Universität entwickeltes Messsystem, bestehend aus einem Beschleunigungssensor, einer PC

Software und einem Bluetooth- Sender zur Datenübertragung. Der Sensor des

triaxialen Accelerometers, zu sehen in

Abbildung 4, ist mit einem elastischen

Deckengurt direkt am tiefsten Punkt der

Medianen des Rückens fixiert. Nach

HOFFMANN (2009) findet hier im Bereich

zwischen T 14 und T 18 die

Hauptbewegung der Wirbelsäule satt. Der

Sensor misst die Beschleunigung des

Pferderückens in X-, Y-, und Z-Achse im

Bereich von -4 g bis +4 g. Die X-Koordinate zeigt die Beschleunigung des Rückens nach vor-

und rückwärts entlang der Längsachse des Pferdes. Die Y- Achse beschreibt die seitliche

Verschiebung während die Z-Koordinate die Auf- und Abwärtsbewegung des Pferderückens

darstellt. Vor den Messungen erfolgte eine Kalibrierung auf plus und minus 1 g ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ).

Die drei Beschleunigungsaufnehmer des

Sensors enthalten einen zweifachen

Kondensator mit beweglicher mittlerer

Elektrode. Bei einer Beschleunigung ändert

sich der Abstand zwischen der beweglichen

Elektrode und den zwei festen Elektroden

wodurch es kommt zu einer Veränderung der

Kapazitätswerte kommt. Durch eine

eingebaute Elektronik wird diese

Kapazitätsänderung in eine Spannung

umgewandelt. Das Accelerometer hat eine Abtastrate von

100 Hz, es werden also 100 Messungen pro Sekunde vorgenommen und verarbeitet. Die



**Abb. 4:**  
Sensor des Accelerometers  
befestigt auf dem Deckengurt



**Abb. 5:**  
Accelerometer

Daten der Zügelkraftmessungen und der Rückenbeschleunigung wurden per Bluetooth direkt während der Messung vom Accelerometer zum Laptop weitergeleitet. Auf dem Computer wurden die empfangenen Werte mit dem Programm LDS V0.92 in einem Textfile gespeichert und später mit Excel 2003 geöffnet und verarbeitet.

## **3.5 Versuchsaufbau**

### **3.5.1 Vorbereitung der Pferde**

Die Pferde wurden in ihren Boxen geputzt, aufgetrenst und wenn notwendig bandagiert. In der Reithalle wurden sie dann zur Erwärmung an der Hand Schritt geführt und anschließend ausgestattet. Zuerst bekamen sie den Kappzaum angepasst und der Longiergurt wurde aufgelegt und gegurtet. Anschließend wurde der zusätzliche Deckengurt im tiefsten Punkt des Rückens befestigt und der darauf befindliche Sensor mit dem Accelerometer verbunden. An der Longe wurde dann mit lang verschnallten Ausbindern die Aufwärmphase auf einem Zirkel mit ca. 6,5 m Durchmesser fortgesetzt. Alle drei Gangarten und Übergänge zwischen diesen wurden verlangt um dann individuell einen Zustand zu finden, in dem eine gewisse Ruhe und Entspannung zu erkennen war, um mit den Messungen beginnen zu können.

### **3.5.2 Einstellung der Ausbinder**

Bei den Messungen wurden zwischen drei verschiedenen Ausbindelängen unterschieden (vgl. *Tabelle 2*). Als erstes wurden die Pferde nach der Lösungsphase mit langen, durchhängenden Ausbindern longiert. Die Hilfszügel sollten weniger der Haltungskorrektur dienen. Vielmehr sollte bei dieser Einstellung festgestellt werden, welchen Druck das Pferd von sich aus auf den Ausbinder aufbaut und welche Halsposition es einnimmt.




Für die zweite Einstellung wurden die Ausbinder so verkürzt, dass eine augenscheinlich konstante Verbindung zwischen Longiergurt und Gebissring hergestellt wurde. Bedingung war, dass bei anstehendem Ausbindezügel die Stirn- Nasenlinie vor der senkrechten bleiben konnte.

Zuletzt wurden die Ausbinder deutlich zu kurz verschnallt. Die Pferde sollten „hinter der Senkrechten“ gehen, um die Auswirkung auf die Rückentätigkeit beobachten zu können. Die Längen der Ausbinder auf beiden Seiten wurden mit Hilfe eines Maßbandes bei jedem Verstellvorgang nachgemessen und aufeinander eingestellt, sodass die Ausbinder in jeder Länge auf beiden Seiten gleich lang waren.

### 3.5.3 Longierablauf

Wenn die Pferde sich durch die Aufwärmphase an die Situation und die Ausrüstung gewöhnt hatten und einen individuellen Zustand der Entspannung erreicht hatten, konnte mit den eigentlichen Messungen im Trab begonnen werden. Die erste Messung erfolgte dabei auf der linken Hand mit lang verschnallten Ausbindezügeln, die nahezu jeden Kopfposition zuließen. Eine einzelne Messung dauerte zwischen zehn und zwanzig Sekunden. Nach der ersten Messung wurde die Ausbindelänge beibehalten und ein Handwechsel mit

**Tab. 2:** Überblick der verschiedenen Kopf- Halspositionen

<p><b>Lang</b></p> <p>Ausbinderlänge zwischen 95 und 110 cm</p> <p>Mittelwert: 105 cm</p>		<p>Freie Wahl der Kopf- Halsposition Konstante Anlehnung nur, wenn das Pferd diese nach vorwärts-abwärts sucht</p>
<p><b>Mittel</b></p> <p>Ausbinderlänge zwischen 85 und 95 cm</p> <p>Mittelwert: 89 cm</p>		<p>Stirn- Nasen-Linie vor der Senkrechten Konstante Verbindung zum Ausbindezügel</p>
<p><b>Kurz</b></p> <p>Ausbinderlänge zwischen 70 und 85 cm</p> <p>Mittelwert: 78 cm</p>		<p>Stirn- Nasen-Linie hinter der Senkrechten Anlehnung vom Ausbindezügel vorgegeben</p>

Umschnallen der Longe vorgenommen. Bei der nächst kürzeren Verschnallung wurde wiederum auf der linken Hand begonnen und anschließend die Longierrichtung gewechselt. Ebenso wurde bei der kürzesten Ausbinderlänge verfahren. Insgesamt haben sich so sechs Messungen ergeben. Alle Messungen wurden nur im Trab vorgenommen. Während der Zeit der Messung mussten die Pferde sich möglichst mit gleich bleibenden Tempo und Rhythmus bewegen. War dies nicht der Fall oder brach die



Bluetooth- Verbindung zwischen Accelerometer und Computer ab musste die Messung wiederholt werden.

Der Ablauf des Longierens war praxisnah, da auch im normalen Longentraining ein Aufbau vom langen lösenden zum kürzeren versammelnden Ausbinden eingehalten werden soll.

Die Gesamtarbeitszeit der Pferde an der Longe entsprach etwa 20 Minuten, was einer normalen Arbeitsbelastung entspricht. Ein Tierversuchsantrag war daher nicht erforderlich.

### **3.6 Auswertung**

#### **3.6.1 Zugkräfte**

Die Messdaten wurden nach der Messung in Excel importiert und anschließend der Kurvenverlauf in einer Grafik dargestellt. Anhand dieses optischen Eindrucks konnte ein Abschnitt mit wenigen Artefakten ausgesucht werden. Anschließend wurden die RMS- Werte des rechten und linken Ausbinders für alle Längen und jeweils beide Longierrichtungen bestimmt. Der RMS- Wert (root mean square) wird auch als Effektivwert bezeichnet und ist der quadratische Mittelwert bei einem Signal, das sich in Abhängigkeit von der Zeit verändert. Anders als der Spitzenwert ist der Effektivwert keinen großen Schwankungen ausgesetzt. Er repräsentiert den Flächeninhalt unter dem Kurvenverlauf. Da die Kraft, die auf das Pferdewerk wirkt, sich aus den Zugkräften von beiden Gebissseiten summiert, wurden auch die Werte von rechtem und linkem Kraftmesser addiert. Es ergab sich somit jeweils ein Wert für die rechte und die linke Longierhand für alle drei Ausbinderlängen. Teilweise wurde dann mit dem Mittelwert der beiden Longierrichtungen gearbeitet, sodass die drei verschiedenen Messeinstellungen unabhängig von der Longierrichtung beurteilt werden konnten. Zu den Mittelwerten wurden zusätzlich die Standardabweichungen ermittelt, um die Aussagekraft der Mittelwerte zu überprüfen. Da die Zugkraftmesser auf drei Kilogramm kalibriert waren, wurden die Messergebnisse zunächst in Prozent von 3 kg angezeigt. Die in der Arbeit verwendeten Werte sind in der Einheit 1 Newton angegeben.

#### **3.6.2 Rückentätigkeit**

Bevor mit der Analyse der Rückentätigkeit begonnen werden konnte, mussten die Rohdaten der Rückenbeschleunigungsmessung zunächst mit einer Excel Grafik dargestellt werden.

Die sich ergebene Grafik wurde dann auf einen mindestens fünf Sekunden dauernden Abschnitt abgesucht, während dessen der Verlauf der Kurven regelmäßig war und wenig Artefakte zu erkennen waren. Aus dem Datensatz des gewählten Bereiches wurden dann zunächst der RMS- Wert aller Ausbindelängen für beide Hände bestimmt. Für eine bessere Handhabung und Veranschaulichung wurden dann der Mittelwerte aus den RMS- Werten beider Hände zu jeweils einem Wert pro Ausbinderlänge und Beschleunigungsrichtung zusammengefasst. Bei jedem Pferd ergab sich somit jeweils ein X- und ein Z- Wert für jede Längeneinstellung der Ausbinder. Zum Abschluss wurden die Werte mit der Beschleunigung  $9,81 \text{ m/s}^2$  multipliziert. Abschließend wurde die Standardabweichung des Mittelwertes errechnet.

### 3.6.3 Statistik

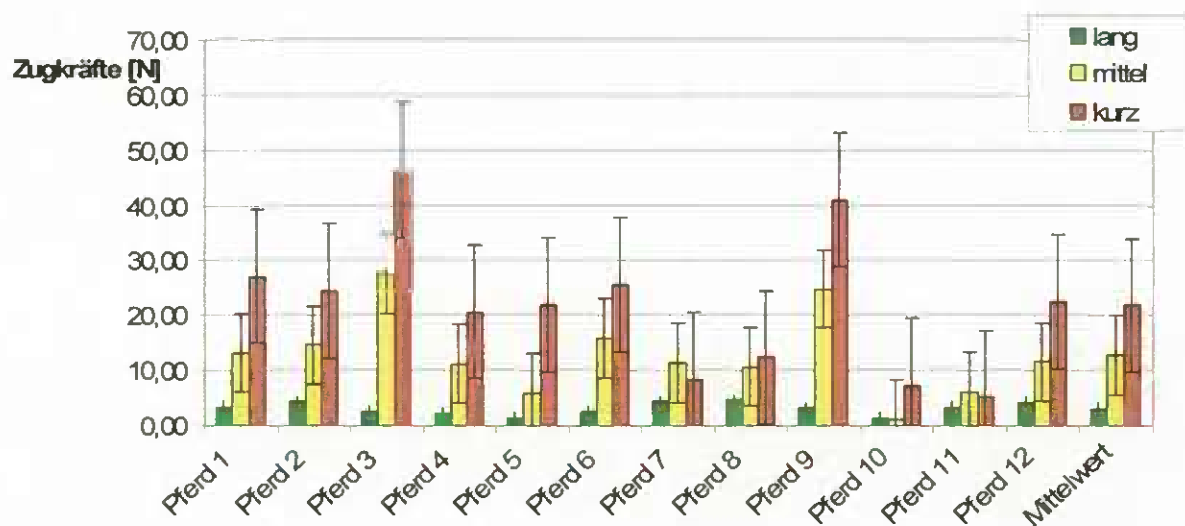
Die Daten wurden mit dem Kolmogoroff- Smirnow- Test auf Normalverteilung geprüft. Eine Normalverteilung liegt bei allen Daten vor. Anschließend wurden die in die Gruppen „lang“, „mittel“ und „kurz“ eingeteilten Daten mit Hilfe einer Varianzanalyse (ANOVA) für Messwiederholung auf Unterschiede getestet. Dabei ergab sich, dass die die Messergebnisse der Rückenwerte sich nicht signifikant unterscheiden. Bei den Zügelkräften konnte durch die statistischen Tests nachgewiesen werden, dass die Länge der Hilfszügel sich signifikant auf die Zugkräfte im Maul auswirkt. Die statistischen Tests sind im Anhang auf den Seiten IX bis XIV angegeben.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Zugkräfte der Ausbindezügel

Wie in *Abbildung 6* zu sehen, steigen die Kräfte, die beim Longieren auf das Pferdemaul wirken, mit abnehmender Ausbinderlänge an.

Bei langen Ausbindern wirkte nur ein Viertel (24,63 %) der Kraft, die mit mittellangen Ausbindern auf das Pferdemaul wirkten. Bei der langen Verschnallung kam nur 14 % der Kraft zustande, die bei den zu kurzen Ausbindern wirkte. Die gemittelte Kraft der mittleren Verschnallung macht 58,65 % der bei kurzer AusbinderEinstellung gemessenen Kraft aus (siehe Tabelle 3).



**Abb. 6:**

Mittelwerte der Kräfte die durch beide Ausbindezügel auf das Pferdemaul wirken (Rechte und linke Longierichtung zusammengefasst) (unter Angabe der Standardabweichung)

**Tab. 3:**

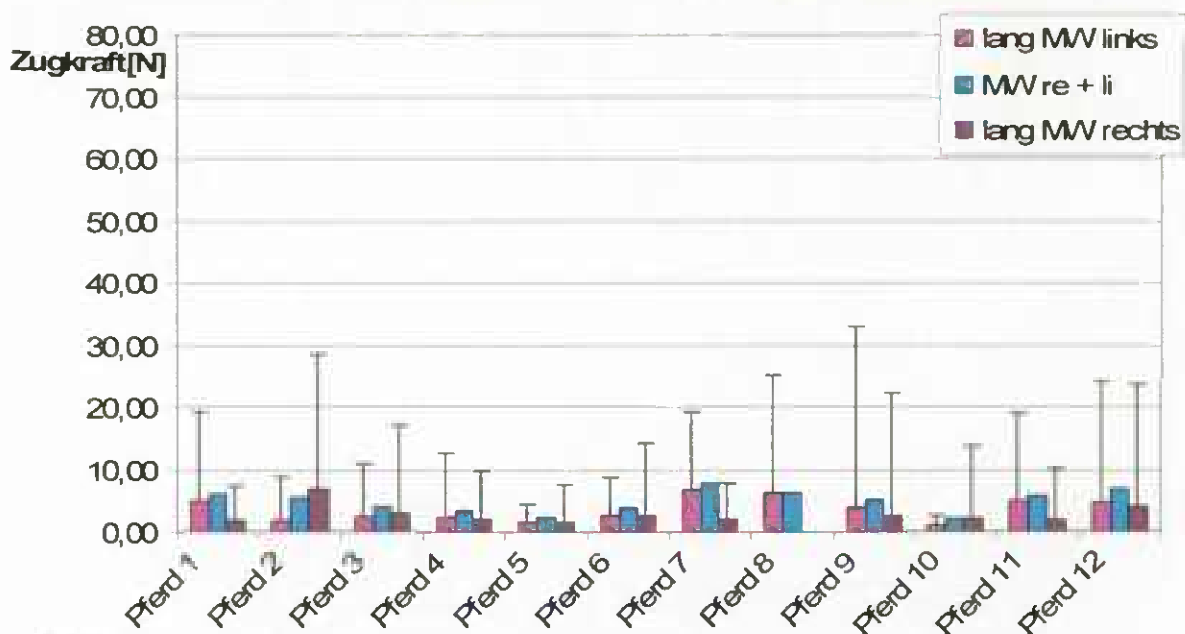
Prozentuelles Verhältnis der mittleren Zugkräfte bei unterschiedlichen Ausbinderlängen zueinander; Anstieg der Zugkräfte beim Verkürzen der Ausbinderlänge

Mittelwert	[N]	Prozent zueinander in %		Kräfteanstieg	[N]
lang	3,17	lang zu mittel	24,63	Anstieg lang zu mittel	9,71
mittel	12,88	lang zu kurz	14,45	Anstieg lang zu kurz	18,79
kurz	21,96	mittel zu kurz	58,65	Anstieg mittel zu kurz	3,17

#### 4.1.1 Lange Verschnallung der Ausbinder

Zunächst wurden die Zugkräfte gemessen, die bei langen Ausbindern auf das Pferdemaul wirken. Je nach Größe des Pferdes variierte die Länge der Ausbinder zwischen 95 cm und 110 cm. Die Zugkräfte, die auf den rechten und linken Ausbinder wirkten, wurden addiert und anschließend aus den Messwerten jedes Pferdes der Mittelwert gebildet.

Auf beiden Händen zusammengefasst ergaben sich mit langen Ausbindern Werte zwischen

**Abb. 7:**

Mittelwerte der Zugkräfte beider Hände bei langer Verschnallung im Vergleich mit den Mittelwerten von rechter und linker Longierichtung unter Angabe der Maximalwerte

1,52 N ( $\pm 1,68$  N) und 4,62 N ( $\pm 2,39$  N). Der Mittelwert von allen zwölf Versuchspferden liegt bei 3,17 N bei einer Standardabweichung von  $\pm 1,05$  N.

*Abbildung 7* zeigt die Mittelwerte der rechten und der linken Longierrichtung im Vergleich mit dem Mittelwert, den beiden Händen zusammen ergeben haben.

Im Durchschnitt aller Pferde ergab sich auf der linken Hand mit 3,62 N ( $\pm 1,89$  N) ein höherer Mittelwert als auf der rechten Hand mit 2,50 N ( $\pm 1,62$  N). Auch der Maximalwert von 32,91 N (Pferd 9) mit langem Ausbinder wurde auf der linken Hand gemessen. Auf der rechten Hand ergab sich bei Pferd 2 ein Maximum von 28,65 N.

In *Abbildung 6* lässt sich deutlich zu erkennen, dass die wirkenden Kräfte bei allen Pferden bei der langen Ausbindereinstellung am geringsten waren. Auffällig bei der Auswertung der Zügelkurven war auch, dass besonders bei der langen Verschnallung die Minimalwerte bei vielen Pferden bei Null lagen, also phasenweise keine Kraft auf das Pferdemaul wirkte. Es konnte folglich keine konstante Verbindung nachgewiesen werden.

Auch die Verteilung von Außen- zu Innenzügel unterschied sich stark. Auf der linken Hand zeigten sieben von zwölf Pferden vermehrten Druck auf dem Außenzügel, auf der rechten Hand war es nur die Hälfte. Wie auch später im *Kapitel 4.1.4* „Verhältnis Außenzügel zu Innenzügel“ erläutert wird, wurden Umstellungen der Stellung und Biegung beim Handwechsel selten gemessen. Meistens behielten die Pferde innerhalb einer Länge die vermehrte Kraft auf einem der beiden Ausbinder bei, unabhängig von der Bewegungsrichtung und der erwarteten Stellung.

#### **4.1.2 Mittlere Verschnallung der Ausbinder**

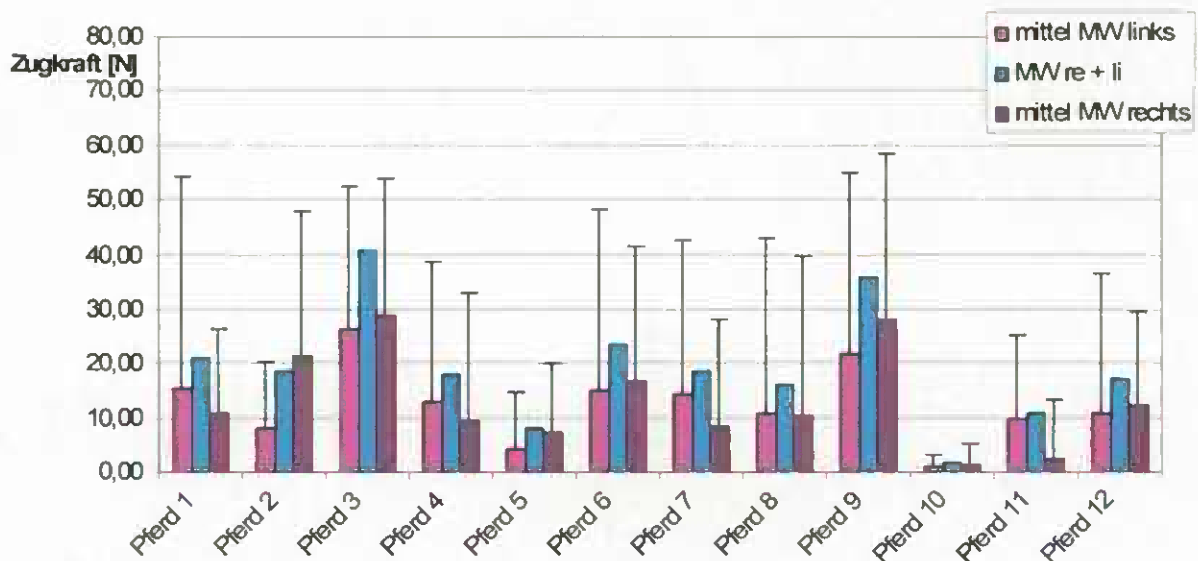
Die mittlere Einstellung der Ausbinder wurde zwischen 85 und 95 cm gewählt, sodass die Stirn- Nasen-Linie der Pferde bei relativer Aufrichtung vor der Senkrechten bleiben konnte. Die Zugkräfte stiegen hierbei im Vergleich zur langen Verschnallung durchschnittlich um 9,71 N (vergleiche Tabelle 3).

Die Mittelwerte variierten sehr stark, der Niedrigste wurde bei Pferd 10 bei 0,93 N ( $\pm 0,48$  N) verzeichnet, der Höchste bei Pferd 3 mit 28,80 N ( $\pm 12,32$  N). Der durchschnittliche Mittelwert der zwölf Pferde, berechnet für beide Hände zusammen, lag bei 12,88 N ( $\pm 7,78$  N).

Bei mittlerer Verschnallung fiel auf, dass die Maximalwerte auf beiden Händen von Pferd 9 erreicht wurden. Auf der linken Hand ergab sich bei der Stute eine maximale Kraft von 55,19 N, bei der rechten Hand ergaben sich sogar 58,46 N (siehe Maximalwerte in *Abbildung 8*). Auch bei den Durchschnittswerten lag die Stute mit 21,88 N ( $\pm 14,27$  N) auf der linken und 28,02 N ( $\pm 16,28$  N) auf der rechten Hand im oberen Bereich der Messergebnisse.

Ebenfalls auffällig waren die Werte von Pferd 10, der Wallach ließ nur sehr geringe Kräfte zu. Seine Durchschnittswerte waren auf beiden Händen am niedrigsten und bilden somit auch die untere Grenze der verzeichneten Mittelwerte bei mittellanger Verschnallung.

Die durchschnittlichen Mittelwerte waren bei mittlerer Einstellung der Ausbinder auf der rechten Hand höher. 13,19 N ( $\pm 8,94$  N) rechts im Vergleich zu 12,62 N ( $\pm 6,97$  N) auf der



**Abb. 8:** Mittelwerte der Zugkräfte beider Hände bei mittlerer Verschnallung im Vergleich mit den Mittelwerten von rechter und linker Longierrichtung (unter Angabe der Maximalwerte)

linken Hand. Bei der Verteilung der Kräfte auf den Innen- und Außenzügel zeigte sich ein Trend zum linken Zügel.

Auf der linken Hand traten bei acht von zwölf Pferden die größeren Kräfte auf den innen liegenden linken Zügel auf. Sechs dieser acht lehnten sich anschließend auch auf der rechten Hand wieder auf den linken, nun außen liegenden Ausbinder. Zwei von zwölf

Pferden gingen auf beiden Händen an den Außenzügel, ebenfalls zwei suchten Stütze an den jeweils Inneren.

#### 4.1.3 Kurze Verschnallung der Ausbinder

Die kurze Ausbindevariante wurde bewusst gewählt, um die Kraftveränderung bei einer Haltung hinter der Senkrechten zu beobachten. Je nach Größe des Pferdes lag dabei die Länge der Hilfszügel zwischen 70 und 85 cm. Im Vergleich zur mittellangen Einstellungen waren die Ausbinder durchschnittlich 11 cm kürzer, verglichen mit der langen Variante sogar 26 cm.

Wie in *Abbildung 6* zu sehen ist, stiegen die Kräfte bei kurzen Ausbindern nochmals im Vergleich zur mittleren und langen Länge. Der Kräftezuwachs von mittleren zur kurzen Verschnallung lag mit 3,17 Newton unter der oben beschriebenen Zunahme von lang zu mittel (Tabelle 3).

Betrachtet man die Zunahme der Kräfte von lang zu kurz, so ergibt sich ein Anstieg um 18,79 N (Tabelle 3).

Die Mittelwerte lagen zwischen 5,21 N ( $\pm 2,22$  N) und 46,32 N ( $\pm 0,22$  N), durchschnittlich lag der Mittelwert bei kurzen Ausbindern bei 21,96 N mit einer Standardabweichung von  $\pm 12,16$  N.

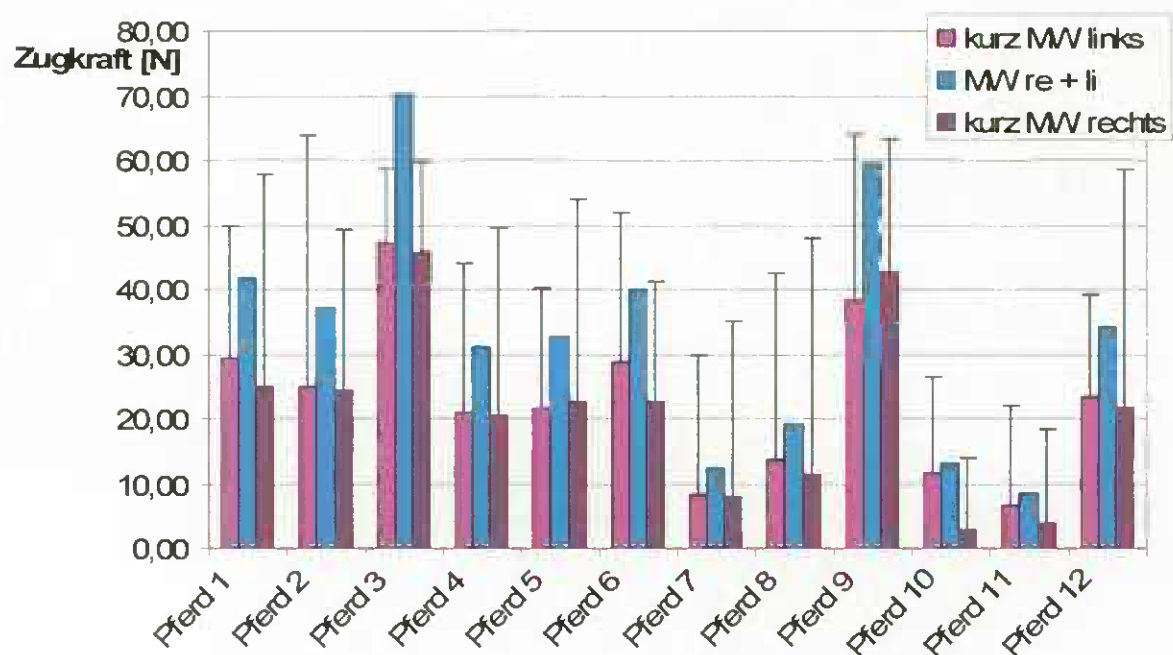
Die höchsten Maximalwerte zeigten sich, wie schon zuvor, bei Pferd 9. Linksherum wurden 63,93 N und rechtsherum 63,21 N gemessen. Erneut wurden bei Pferd 10 auf beiden Händen die geringsten Kräfte registriert.

Zwei Pferde waren auffällig, weil sie bei kurzer Verschnallung deutlich geringere Mittelwerte zeigten als bei der mittleren Länge. Bei Pferd 11 verringerte sich die Kraft von 10,99 N (mittlere Ausbinderlänge) auf 8,56 N (kurze Ausbinderlänge), bei Pferd 7 sogar von 18,71 N auf 12,16 N.

*Abbildung 9* zeigt, dass die Mittelwerte der linken Hand bei zehn von zwölf Pferden über denen der rechten Hand lagen. Insgesamt lag bei kurzer Verschnallung der Mittelwert der linken Hand mit 22,89 N ( $\pm 12,03$  N) erneut höher als auf der rechten Hand mit 20,95 N ( $\pm 13,47$  N).

Bei kurzen Ausbindern zeigte sich nur noch bei drei Pferden auf der linken und bei fünf Pferden auf der rechten Hand vermehrter Zug auf dem äußeren Zügel. Kein Pferd behielt die Innenstellung beim Handwechsel bei. Fünf Pferde lehnten sich auch hier auf beiden Händen

überwiegend an den linken, drei an den rechten Zügel. Vier Pferde gingen auf beiden Händen mit höherer Kraft auf dem Innenausbinder immer in Außenstellung.



**Abb. 9:**

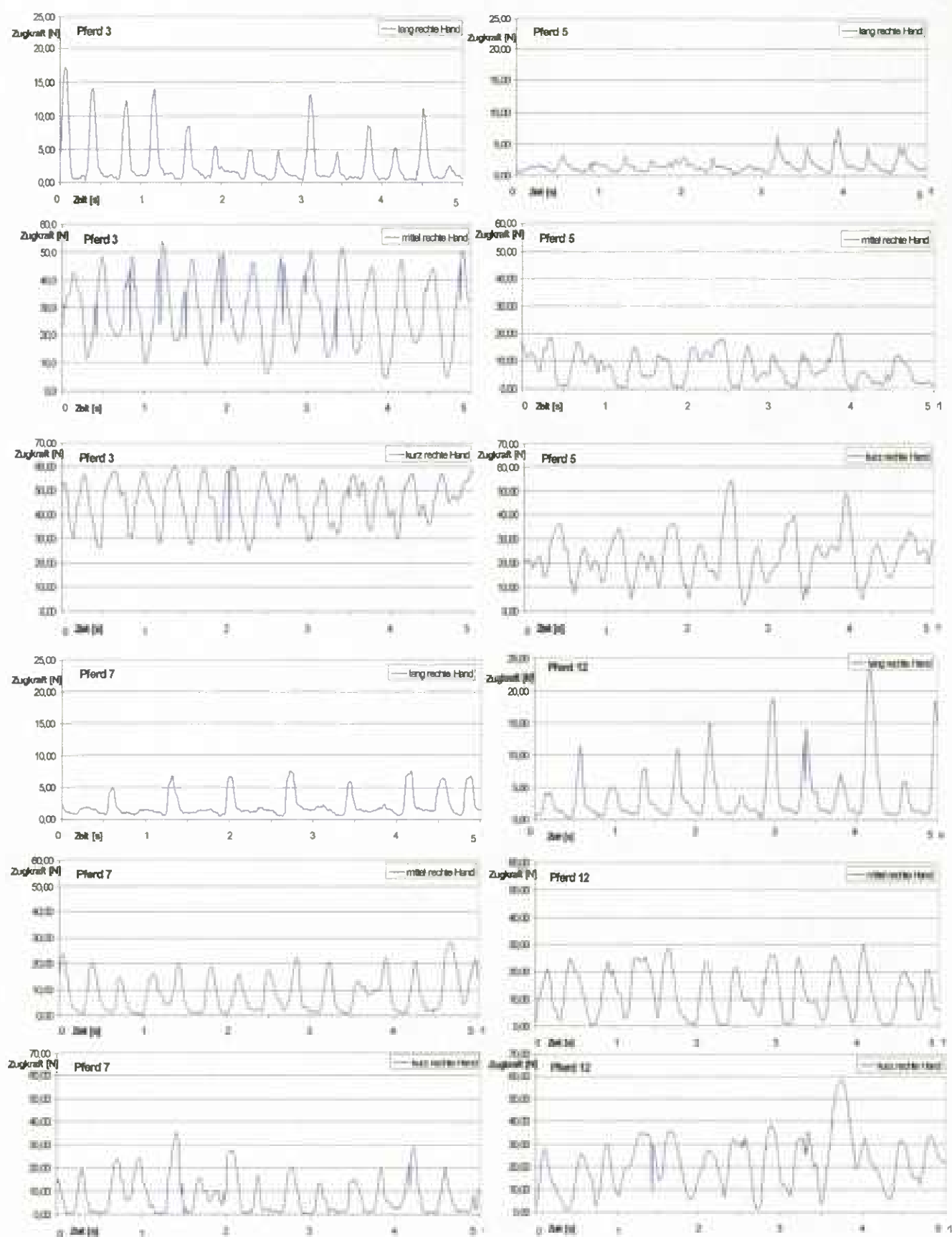
Mittelwerte der Zugkräfte beider Hände bei kurzer Verschnallung im Vergleich mit den Mittelwerten von rechter und linker Longierrichtung (unter Angabe der Maximalwert)



#### 4.1.4 Allgemeine Beobachtungen

*Abbildung 10* zeigt die Summe der Zügelkräfte von vier frei gewählten Pferden während der drei verschiedenen Messeinstellungen. Auch hier wird wieder deutlich, wie unterschiedlich der Zug an den Ausbindern bei den unterschiedlichen Pferden war. Während der Zug bei langer Verschnallung bei Pferd 7 und Pferd 5 nicht über 7,55 N steigt, ergeben sich bei Pferd 3 Werte bis 17,14 N, bei Pferd 12 sogar bis zu 23,64 N. Bei Pferd 3 sieht man bei dieser Art der Darstellung sehr gut, wie die Kräfte bei mittlerer und kurzer Ausbindevariante sich aufbauen und sich nicht, wie bei der langen Verschnallung, zwischenzeitlich vollständig wieder abbauen. Bei mittlerer Länge sanken die Kräfte während der Messung bei dieser Stute nicht unter 4,55 N. Bei weiter verkürzten Ausbindern lagen die Zügeldrücke konstant über einem Wert von 26,13 N.

Ähnliches ist auch bei Pferd 12 und Pferd 5 in abgeschwächter Form und vor allem bei kurzer Verschnallung zu beobachten. Insgesamt zeigte sich bei nur sechs von zwölf Pferden bei kurzen Ausbindern eine „Verbindung“ deren Wert oberhalb von Null lag, sodass permanent Kraft auf das Pferdemaul wirkte. Bei mittlerer Länge konnte dies nur bei zwei Pferden gemessen werden.



**Abb. 10:**

Zeitlicher Verlauf der Zugkräfte, die bei den unterschiedlichen Ausbinderlängen auf das Pferdemaul wirken. Alle Darstellungen von der rechten Longierrichtung, Kräfte von linken und rechten Ausbinder sind zusammen gefasst.

#### 4.1.5 Verhältnis Außenzügel zu Innenzügel

Um eine Aussage über das Verhältnis von Innen- zu Außenzügel treffen zu können, wurde der Wert des linken Ausbinders vom Wert des rechten Ausbinders subtrahiert. Aus diesen Werten wurde dann der Mittelwert gebildet, der sich positiv zeigte (violette Felder von Tabelle 4), wenn die Kräfte auf dem rechten Kraftmesser überwogen. Wurde der Wert negativ (pinke Felder von Tabelle 4), konnte daraus geschlossen werden, dass die Kräfte am linken Ausbindezügel über die Dauer des ausgewählten Abschnittes höher waren (vergleiche Tabelle 4). Diese Werte wurden durch den augenscheinlichen Eindruck beim Betrachten der Grafiken über die Zugkräfte am linken und rechten Ausbinder gestützt.

**Tab. 4:**  
Mittelwert der Zugkräfte nach Subtraktion der Werte des linken Zugkraftmessers von den Werten des Rechten

	linke Hand				rechte Hand			
	lang	mittel	kurz	Bewertung	lang	mittel	kurz	Bewertung
Pferd 1	0,45	0,68	1,08	immer außen	0,02	-0,67	0,06	2/3 innen
Pferd 2	-0,02	-0,56	-0,97	immer innen	0,60	1,42	1,42	immer innen
Pferd 3	0,04	-0,13	-0,23	2/3 innen	-0,08	0,02	0,10	2/3 außen
Pferd 4	0,18	0,52	0,54	immer außen	0,13	0,12	0,17	immer innen
Pferd 5	0,02	0,13	-0,30	2/3 außen	-0,03	-0,40	-1,10	immer außen
Pferd 6	-0,04	-0,06	-0,09	immer innen	-0,04	0,18	1,54	2/3 innen
Pferd 7	0,38	0,88	0,47	immer außen	-0,07	0,31	0,31	2/3 innen
Pferd 8	-0,48	-0,57	-0,71	immer innen	Nicht gemessen	-0,47	-0,27	(immer außen)
Pferd 9	0,12	-0,80	-1,15	2/3 innen	0,18	-0,14	0,28	2/3 innen
Pferd 10	-0,01	-0,01	-0,81	immer innen	0,09	-0,03	-0,03	2/3 außen
Pferd 11	-0,38	-0,55	-0,54	immer innen	0,03	-0,07	-0,10	2/3 außen
Pferd 12	0,33	-0,56	-1,97	2/3 innen	-0,51	-0,51	-1,46	immer außen

höherer Zug am linken Ausbinder	Negativer Wert
höherer Zug am rechten Ausbinder	Positiver Wert

Wie beim Reiten wird auch beim Longieren der äußere Zügel bzw. Ausbinder derjenige, der an der Außenseite des Zirkels am Pferd befestigt ist. Demzufolge ist beim Longieren auf der linken Hand der rechte Ausbinder der äußere, beim Longieren auf der rechten Hand ist es der Linke.

Die Messungen konnten dabei die in *Kap. 2.4.1* formulierten Theorien über vermehrte Kraft am Außenzügel nicht bestätigen. Nur Pferd 7 der Testgruppe zeigte auf beiden Händen vermehrte Kraft am äußeren Zügel, sodass darauf zu schließen war, dass es sich jeweils nach innen stellte und somit den äußeren Ausbinder vermehrt spannte.

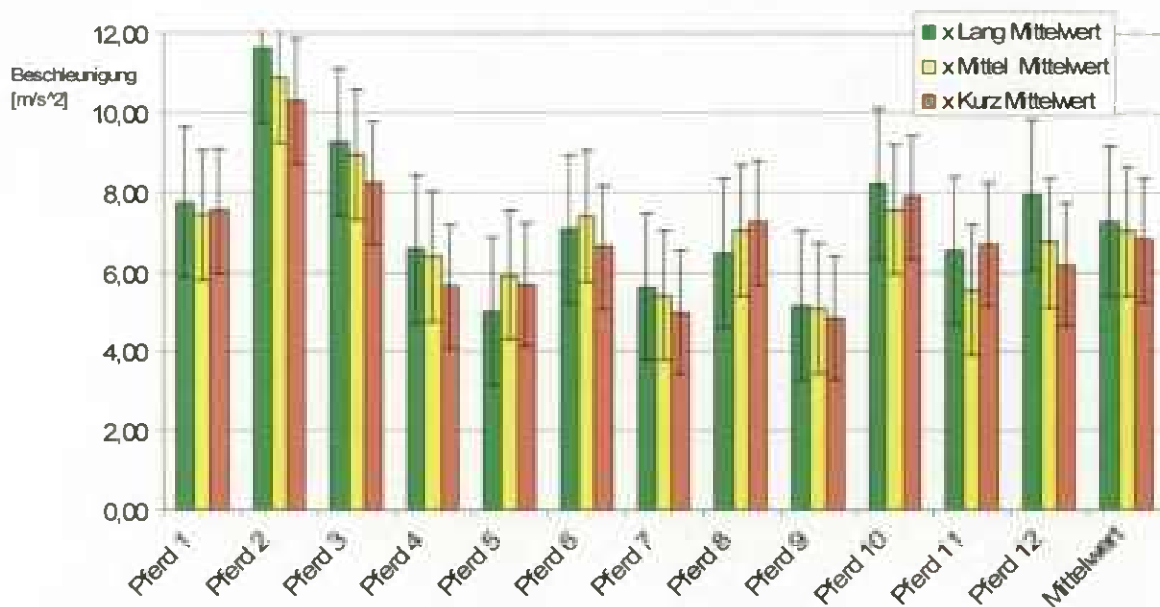
Fünf von zwölf Pferden (Pferd 3, Pferd 8, Pferd 10, Pferd 11, Pferd 12) der Messung hielten sowohl auf der linken als auch auf der rechten Hand die stärkere Verbindung auf dem linken Ausbinder. Bei drei Pferden (Pferd 1, Pferd 4, Pferd 7) wirkte, unabhängig von der Longierrichtung, vermehrt Kraft auf den rechten Ausbindezügel. Ebenfalls drei (Pferd 2, Pferd 6, Pferd 9) hatten die größeren Kräfte auf dem jeweils inneren Ausbinder.

## 4.2 Rückenbeschleunigung

Um die Rückentätigkeit zu bestimmen wurden mit dem Accelerometer drei verschiedene Beschleunigungsrichtungen gemessen. Entscheidend für die Qualität sind im Trab die Beschleunigungen in X-Richtung und in Z- Richtung. Die Verschiebung zu den Seiten (Y- Richtung) ist im Trab aufgrund der Starrheit des Rückens unbedeutend (siehe *Kapitel 2.3.1*) und wird im nachfolgenden Teil nicht weiter berücksichtigt.

### 4.2.1 Beschleunigung in X-Richtung

Die Beschleunigung in X-Richtung zeigt die Vorwärtsbewegung des Rückens während der Trabbewegung.



**Abb. 11:**  
Beschleunigung des Rückens in X-Richtung bei den drei unterschiedlichen Ausbinderlängen im Vergleich (unter Angabe der Standardabweichung)

Im Mittel aller Pferde lag der X- Wert bei langer Verschnallung bei  $7,27 \text{ m/s}^2$  ( $\pm 1,87 \text{ m/s}^2$ ), bei mittellangen Ausbindern bei  $7,03 \text{ m/s}^2$  ( $\pm 1,63 \text{ m/s}^2$ ) und bei der kurzen Variante ergab sich im Durchschnitt aller Pferde eine Beschleunigung von  $6,82 \text{ m/s}^2$

( $\pm 1,55 \text{ m/s}^2$ ) (vgl. *Abbildung 11*, Mittelwert). Bei sechs von zwölf Pferden war eine Abnahme der Beschleunigung vom langen über den mittleren zum kurzen Ausbindezügel zu erkennen. Bei den anderen sechs Pferden zeigte sich dreimal ein geringerer Wert bei kurzer Verschnallung im Vergleich zur langen. Die Mittelwerte der kurzen Ausbinderlänge waren bei Pferd 8 und Pferd 11 am höchsten. Während bei Pferd 11 die Mittelwerte von kurzer und langer Ausbindevariante sehr dicht beieinander lagen ( $6,53 \text{ m/s}^2$  und  $6,69 \text{ m/s}^2$ ), steigen die Beschleunigungen bei Pferd 11 von lang ( $6,47 \text{ m/s}^2$ ) über mittel ( $7,04 \text{ m/s}^2$ ) zu kurz ( $7,26 \text{ m/s}^2$ ). Bei Pferd 5 und Pferd 6 wurden die höchsten Beschleunigungswerte bei der mittellangen Hilfszügeleinstellung gemessen. Auffällig hoch waren die Beschleunigungswerte bei Pferd 2. Sie lagen bei mittlerer Ausbindereinstellung 54,53 % über den Mittelwerten aller Pferde (vergleiche Tabelle 5).

Diese Messung deckt sich mit der Beobachtung während des Longierens, bei der Pferd 2 als sehr fleißig und eilig eingestuft wurde. Eine erhöhte Grundgeschwindigkeit kann sich auf die Rückenbeschleunigung auswirken.

**Tab. 5:**

Differenzen der individuellen Mittelwerte beider Longierrichtungen zum Mittelwert aller Pferde bei der Beschleunigung in X- Richtung

Pferde	Differenz zum Mittelwert [ $\text{m/s}^2$ ]			Differenz zum Mittelwert in Prozent		
	x- Beschleunigung lang	mittel	kurz	lang	mittel	kurz
Pferd 1	0,48	0,40	0,72	6,54	5,73	10,60
Pferd 2	4,36	3,83	3,47	60,03	54,53	50,90
Pferd 3	1,99	1,92	1,42	27,43	27,29	20,86
Pferd 4	-0,71	-0,64	-1,18	-9,71	-9,06	-17,31
Pferd 5	-2,27	-1,10	-1,14	-31,26	-15,69	-16,70
Pferd 6	-0,19	0,38	-0,18	-2,55	5,44	-2,64
Pferd 7	-1,65	-1,63	-1,85	-22,65	-23,14	-27,12
Pferd 8	-0,79	0,02	0,44	-10,93	0,24	6,48
Pferd 9	-2,11	-1,95	-2,00	-28,97	-27,81	-29,31
Pferd 10	0,96	0,54	1,06	13,16	7,64	15,54
Pferd 11	-0,74	-1,48	-0,13	-10,19	-21,01	-1,87
Pferd 12	0,66	-0,29	-0,64	9,11	-4,16	-9,42

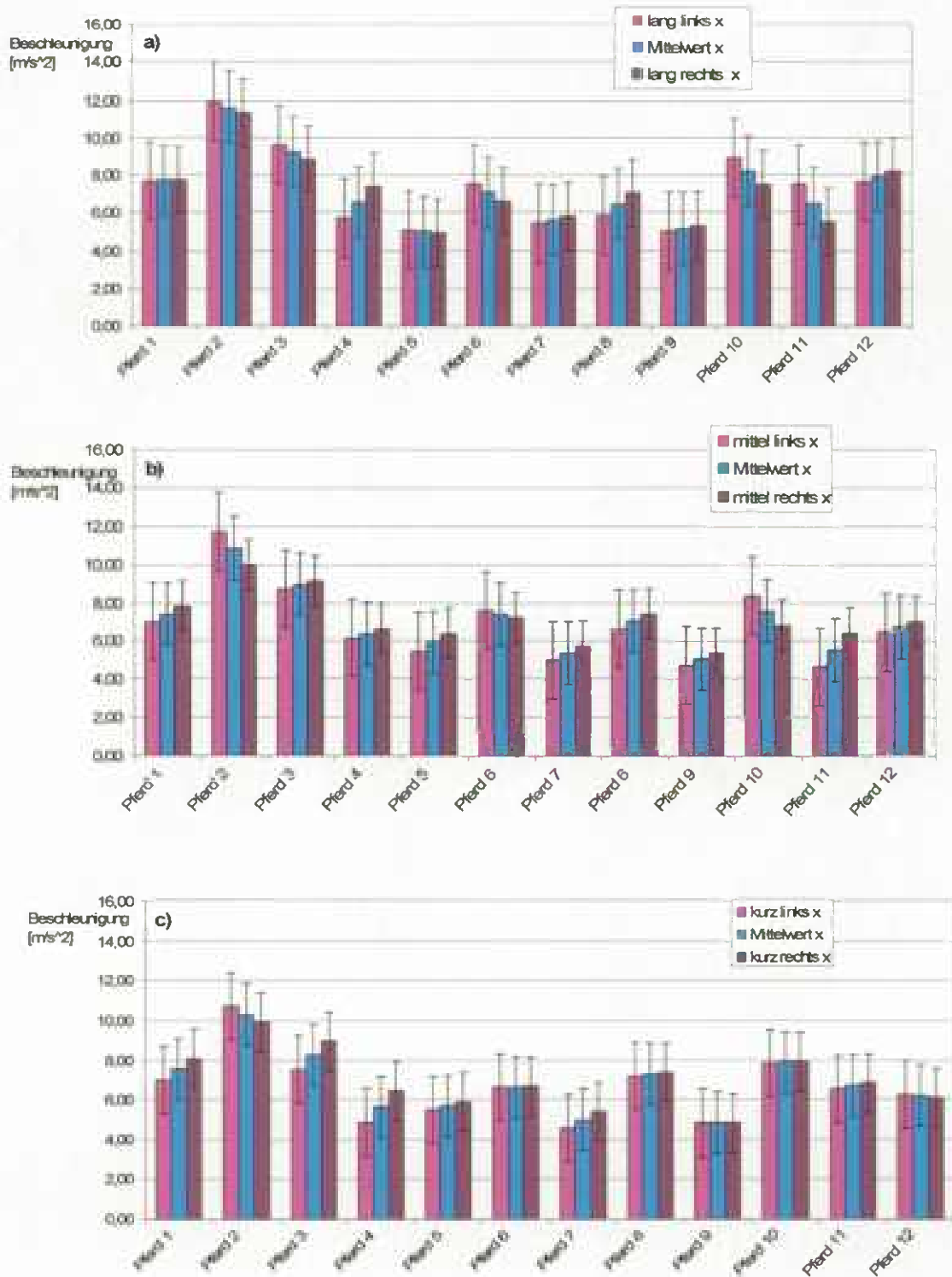
Unterschiede zwischen den Mittelwerten von rechter und linker Longierrichtung, dargestellt in *Abbildung 12 a-c*, haben sich kaum ergeben. Bei vier Pferden (Pferd 1, Pferd 4, Pferd 5 und Pferd 9) lagen die Mittelwerte von rechter und linker Hand bei langen Ausbindern annähernd auf einem Niveau (Toleranz von  $0,3 \text{ m/s}^2$ ). Fünf Pferde (Pferd 2, Pferd 3, Pferd 6, Pferd 10 und Pferd 11) zeigten auf der linken Hand eine durchschnittlich höhere Beschleunigung des Rückens in der Vorwärtsbewegung. Bei Pferd 7, Pferd 8 und Pferd 12 zeichneten sich beim Longieren mit langen Ausbindern auf der rechten Hand höhere mittlere Beschleunigungen ab. Im Durchschnitt aller Pferde unterschieden sich die Beschleunigungswerte der beiden Longierrichtungen bei der ersten Messung um  $0,84 \text{ m/s}^2 (\pm 0,63 \text{ m/s}^2)$ .

Bei mittlerer Einstellung der Hilfszügel lag die durchschnittliche Abweichung zwischen den zwei Longierrichtungen bei  $0,83 \text{ m/s}^2 (\pm 0,61 \text{ m/s}^2)$  und somit vergleichbar zum Ergebnis der langen Ausbindeviation.

In *Abbildung 12a* und *12b* ist zu sehen, dass sich zwischen den Longierrichtungen deutliche Unterschiede in der Beschleunigung des Rückens ergeben haben. Die höchsten Abweichungen zwischen den Longierrichtungen zeigten sich bei Pferd 11. Auffällig ist auch, dass bei der kurzen Verschnallung geringere Abweichungen auftraten. Bei Pferd 6, Pferd 8, Pferd 9, Pferd 10 und Pferd 12 lag die Differenz der durchschnittlichen Rückenbeschleunigung zwischen rechter und linker Hand unter  $0,3 \text{ m/s}^2$ . Im Durchschnitt aller Pferde, siehe auch Tabelle 6, unterschieden sich die zwei Hände um  $0,58 \text{ m/s}^2 (\pm 0,55 \text{ m/s}^2)$ .

**Tab. 6:**  
Differenz der X-Werte beider Longierrichtungen

X-Beschleunigung	lang	mittel	kurz
Pferd 1	0,06	0,81	1,07
Pferd 2	0,59	1,72	0,82
Pferd 3	0,79	0,40	1,42
Pferd 4	1,71	0,52	1,57
Pferd 5	0,13	0,93	0,41
Pferd 6	0,97	-0,41	0,04
Pferd 7	0,35	0,76	0,86
Pferd 8	1,22	0,78	0,19
Pferd 9	0,30	0,63	0,02
Pferd 10	1,39	1,56	0,04
Pferd 11	2,01	1,76	0,31
Pferd 12	0,53	0,53	0,18
<b>MW</b>	0,84	0,83	0,58
<b>SD</b>	0,63	0,61	0,55



**Abb. 12:**

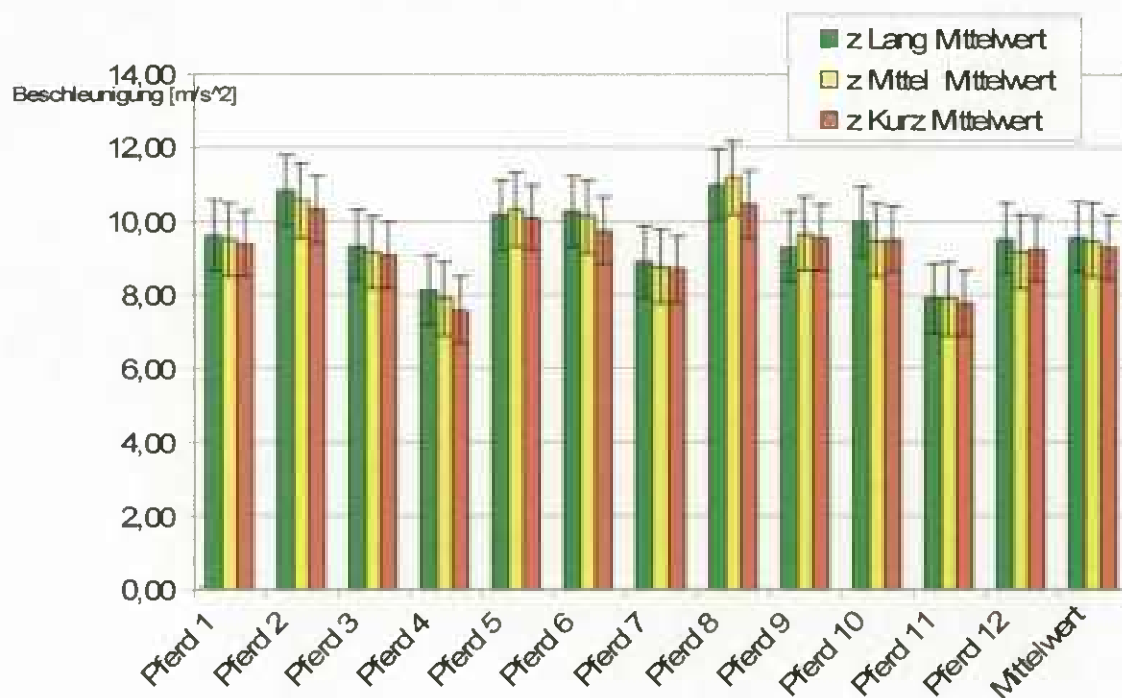
Mittelwert beider Hände im Vergleich mit den Mittelwerten von linker und rechter Longierrichtung bei **a)** langer, **b)** mittlerer und **c)** kurzer Verschnallung der Ausbinder (unter Angabe der Standardabweichung)



#### 4.2.2 Beschleunigung in Z- Richtung

Unter der Beschleunigung in Z- Richtung versteht man die Bewegung des Pferderückens nach oben und unten im Zusammenhang mit der ventralen und dorsalen Flexion der Wirbelsäule in der Bewegung.

Wie in *Abbildung 13* zu erkennen ist, nehmen die durchschnittlichen Mittelwerte der Beschleunigung in Z- Richtung bei Verkürzung der Ausbinderlänge ab. Bei neun der zwölf Pferde ist eine abnehmende Tendenz der Rückenamplitude von lang über mittel zu kurz zu erkennen. Bei Pferd 5, Pferd 8 und Pferd 9 überragt der Mittelwert der Rückenbewegung bei mittlerer Ausbinderverschnallung die Werte von langer und kurzer. Nur bei Pferd 9 zeigt sich bei der Kopf- Hals- Haltung hinter der Senkrechten eine stärkere Rückenbewegung als bei der langen Variante des Ausbindens.



**Abb. 13:**  
Beschleunigung des Rückens in Z- Richtung bei den drei unterschiedlichen Ausbinderlänge im Vergleich (unter Angabe der Standardabweichung)

Insgesamt war die Beschleunigung in Z- Richtung, wie typisch im Trab (siehe Beschreibung in Kapitel 2.3.1) größer als die in X-Richtung. Der Mittelwert liegt hier bei  $9,58 \text{ m/s}^2$  ( $\pm 0,96 \text{ m/s}^2$ ) bei langen Ausbindern, bei  $9,48 \text{ m/s}^2$  ( $\pm 1,00 \text{ m/s}^2$ ) bei mittlerer Verschnallung und bei  $9,29 \text{ m/s}^2$  ( $0,91 \text{ m/s}^2$ ) während der engen Kopf-Hals- Haltung.

In den folgenden *Abbildungen 14-17* sind die Kurvenverläufe der Z-Werte von vier zufällig gewählten Pferden zu sehen. Beim Vergleich der Bögen fällt auf, dass sich diese wenig durch die unterschiedlichen Ausbinderlängen verändern. Werte um null kennzeichnen eine Schwebephase, Werte kleiner als -1 g treten bei der Fußung einer Diagonale auf. In *Abbildung 17* erkennt man, dass das Pferd mit kurzen Ausbindern langsamer getrabt ist. Bei den anderen Pferden ist das nicht so.

Die Differenzen zwischen den zwei Longierrichtungen, dargestellt in Tabelle 7, waren bei der Beschleunigung in Z-Richtung viel geringer als bei der in X-Richtung (vergleiche Tabelle 6 mit Tabelle 7). Bei langer Verschnallung trat zwischen den zwei Händen eine Differenz von durchschnittlich  $0,23 \text{ m/s}^2$  ( $\pm 0,24 \text{ m/s}^2$ ) auf, bei mittlerer Einstellung  $0,37 \text{ m/s}^2$  ( $\pm 0,40 \text{ m/s}^2$ ). Der deutlichste Unterschied zwischen den zwei Longierrichtungen ergab sich zwischen den Messungen mit kurzen Ausbindern. Die Differenz beträgt  $0,46 \text{ m/s}^2$  ( $\pm 0,45 \text{ m/s}^2$ ), liegt aber noch deutlich geringer als die Abweichungen, die sich bei den Messungen der Beschleunigung in X-Richtung ergeben haben. Es ist aber eine interessante Beobachtung, da bei der Beschleunigung in X- Richtung die Differenzen zwischen den Longierrichtungen abnahmen, während sie nun bei der Z- Richtung ansteigend sind.

**Tab. 7:**  
Differenz der Z-Werte beider Longierrichtungen

Z-Beschleunigung	lang	mittel	kurz
Pferd 1	0,07	0,07	0,53
Pferd 2	0,27	0,30	0,54
Pferd 3	0,38	0,03	0,03
Pferd 4	0,28	0,45	1,04
Pferd 5	0,31	0,38	0,47
Pferd 6	0,24	0,91	0,09
Pferd 7	0,41	0,10	0,69
Pferd 8	0,53	0,46	0,11
Pferd 9	0,00	0,48	0,39
Pferd 10	0,05	0,17	0,20
Pferd 11	0,15	0,94	1,17
Pferd 12	0,04	0,15	0,20
<b>MW</b>	0,23	0,37	0,46
<b>SD</b>	0,24	0,40	0,45

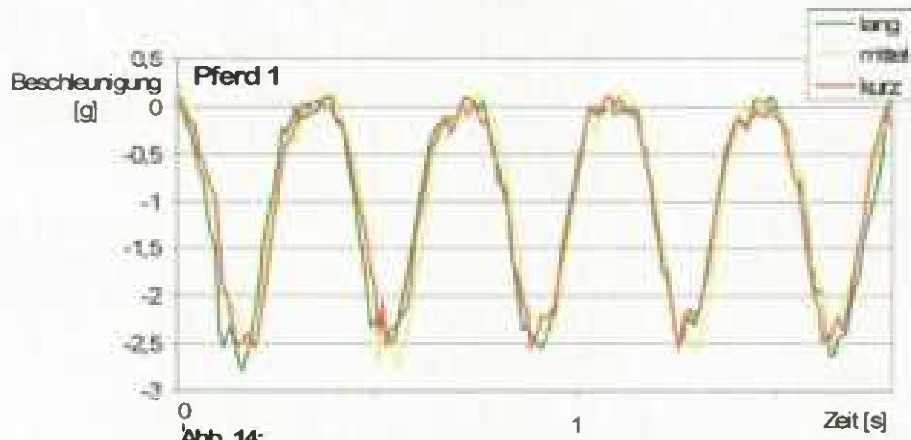


Abb. 14:  
Z-Werte im Kurvenverlauf von Pferd 1

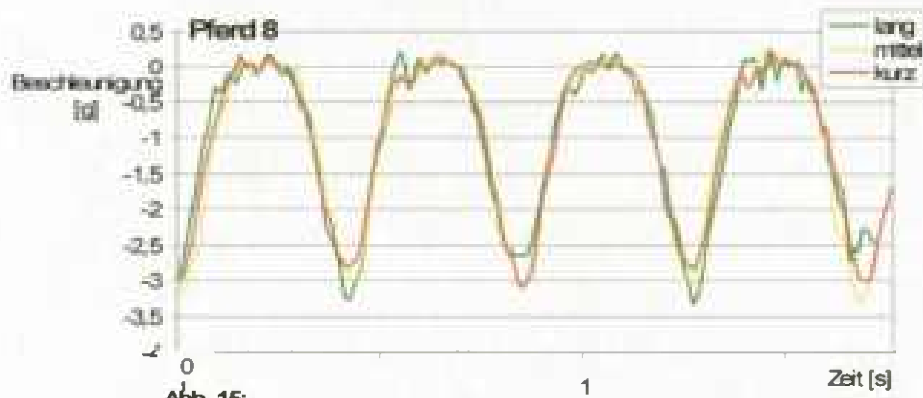


Abb. 15:  
Z-Werte im Kurvenverlauf von Pferd 8

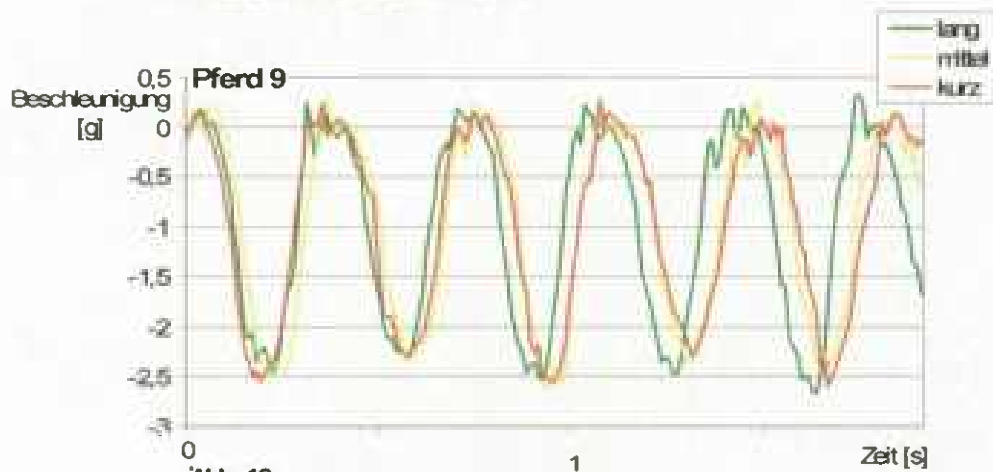


Abb. 16:  
Z-Werte im Kurvenverlauf von Pferd 9

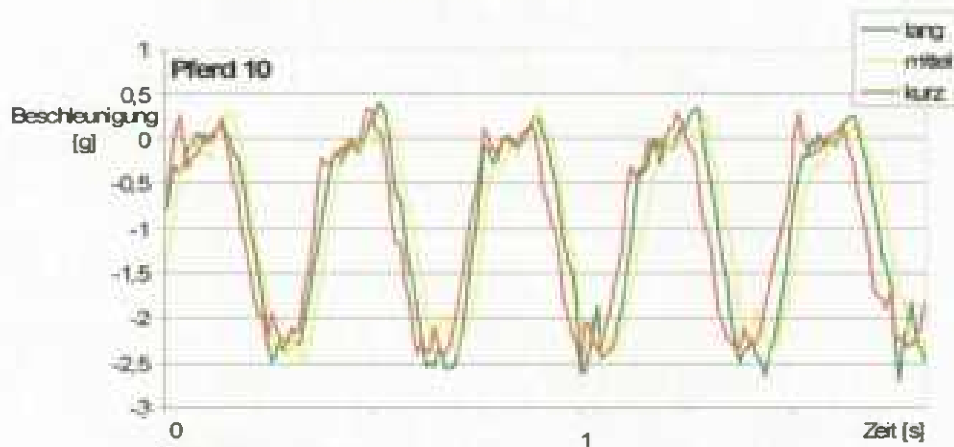


Abb. 17:  
Z-Werte im Kurvenverlauf von Pferd 10

## 5. Diskussion

Das Ziel dieser Arbeit war es, die Rückentätigkeit des Pferdes beim Traben an der Longe in Abhängigkeit von drei verschiedenen Ausbinderlängen zu untersuchen. Durch den Messaufbau wurden auch die Kräfte beachtet, die bei der Benutzung von Ausbindern auf das Pferdemaul wirken. Insbesondere wurde gemessen, wie sich diese beim Verkürzen der Hilfszügel verändern und ob ein bestimmtes Verhältnis zwischen Außen- und Innenzügel vorliegt.

Die Rückentätigkeit, ausgedrückt in der Beschleunigung des Sensors in Bewegungsrichtung und in vertikale Richtung nahm mit Verkürzung der Ausbinderlänge ab. Die Abnahmen sind relativ gering und zwischen den Pferden gab es erhebliche Unterschiede. Neun von zwölf Pferden zeigten bei der Beschleunigung in Bewegungsrichtung bei kurzer Verschnallung geringere Werte als mit langen Hilfszügeln. Bei der Messung der Z- Werte ergaben sich bei elf der zwölf Pferde die größeren Beschleunigungen bei langen Ausbindern.

Um die Kraft zu ermitteln, die auf das Pferdemaul durch die Ausbindezügel wirkt, wurden die Werte beider Kraftmesser zusammengezählt. Dabei ergab sich, dass mit abnehmender Ausbinderlänge die Kräfte, die auf das Pferdemaul wirken, signifikant ansteigen. Bei einer langen Verschnallung lag die durchschnittliche Kraft bei 3,17 N ( $\pm 1,05$  N), in mittlerer Positur bei 12,88 N ( $\pm 7,17$  N) und bei kurzer Verschnallung ergaben sich gemittelte Kräfte von 21,96 N ( $\pm 12,16$  N). Bei langer Verschnallung lagen dabei die Spitzenwerte zwischen 2,60 N und 32,91 N erheblich tiefer als mit mittellangen und kurzen Ausbindezügeln. Bei mittlerer Ausbinderlänge lagen die Maximalwerte zwischen 3,10 N und 58,46 N, bei einer Halshaltung mit der Stirn- Nasen- Linie hinter der Senkrechten sogar zwischen 14,14 N und 63,93 N. Auffällig geringe Zugkräfte wurden bei zwei Pferden der Studie gemessen. Bei Pferd 10 machten die Werte bei langer Verschnallung ~48 % des Durchschnitts aller Pferde aus. Bei mittlerer Ausbinderlänge nur 9,2 % und bei kurzer Einstellung 33 %. Diese auffällig geringen Werte ergaben sich vermutlich dadurch, dass dieses Pferd versucht hat dem Druck durch so genanntes „Verkriechen hinter dem Zügel“ auszuweichen. Anhand von Bildern kann dies nicht genau nachvollzogen werden, da die Bilder in der frühen Phase der Studie zunächst im Stand gemacht wurden. Dennoch kann gerade bei Pferd 10 diese Tendenz möglicherweise durch seinen Einsatz als Longen- und Therapiepferd erklärt werden. Bei Pferd 11 lagen die

Werte bei mittlangen und kurzen Ausbindern ähnlich tief. Die Messwerte bei mittlerer Verschnallung lagen bei 47,3 % des Durchschnitts, bei kurzer Verschnallung nur bei ~24 %. Ein weiteres Pferd, bei dem Auffälligkeiten bei den Zügelwerten zu sehen waren, ist Pferd 7. Bei dieser Stute stießen wir bei der Befestigung der Ausbinder auf erhebliche Gegenwehr. Sie geriet schnell in Panik und ruckte so heftig gegen die Verbindung, dass mehrfach die Kabelbinder, mit denen die Messgeräte befestigt waren, rissen. Obwohl die Stute nicht sehr groß ist, wurden bei ihr für die mittlere und kurze Verschnallung relativ lange Ausbindereinstellungen gewählt (Prozentwerte siehe Anhang, Seite XXV) Eine wirkliche kurze Verschnallung der Ausbinder, bei der man von „Rollkur“ sprechen könnte, wurde bei keinem der Pferde vorgenommen. Bei der gemessenen kurzen Einstellung lag die Stirn- Nasen- Linie der Pferde ca. eine Handbreit hinter der Senkrechten. Von einem weiteren Verkürzen der Ausbinder wurde aus Rücksicht auf die Pferde abgesehen, weil viele schon in dieser „Zwangshaltung“ unzufrieden und angespannter wirkten als bei den Messungen zuvor.

Ausgangspunkt für diese Arbeit waren Diskussionen über Training in der so genannten „Rollkur“, die sogar die internationale reiterliche Vereinigung zu eigenen Komiteetreffen in Lausanne veranlasste (FEI, 2006). Die meisten der bisher ausgeführten Studien beschäftigen sich mit den Auswirkungen der „Trainingsmethode“ auf die Stressbelastung der Pferde während des Trainings und danach. Es gibt jedoch auch Studien, die sich mit den körperlichen Auswirkungen dieser extremen Beizäumung auseinandersetzen.

Bei einer Studie der Universitäten Uppsala, Utrecht und Zürich aus dem Jahr 2006 wurden sieben Grand Prix Dressurpferde mit Leuchtmarkern beklebt und auf einem mit Kraftsensoren versehenen Laufband gefilmt. Die Pferde liefen mit sechs unterschiedlichen Kopf- Hals- Positionen im Schritt und im Trab. Neben den Positionen „langer Zügel“, „relative Aufrichtung“ und „vorwärts- abwärts“ wurden die Pferde auch übermäßig beigezümt, übermäßig aufgerichtet und in Rollkur-Position bewegt. In Bezug auf die Verlagerung des Körperschwerpunktes ergab die Studie, dass der Eindruck der Mehrbelastung der Hinterhand bei der Versammlung nicht effektiv messbar ist. Erklärt wurde diese Sinneswahrnehmung mit der vermehrten Hinterhandaktivität und Hankenbeugung in der Versammlung.

In Hinblick auf die Beweglichkeit ergab sich bei der Studie ein verminderter Bewegungsumfang sowohl des Rückens als auch der Gliedmaßen bei starker Einwirkung zum Beizäumen und Aufrichten. Bei der Rollkurposition konnten, wie auch in der hier vorliegenden Studie, nur geringe Veränderungen der Rückentätigkeit festgestellt werden. Im

Newsletter 01/2007 der „Stiftung Forschung für das Pferd“ wurde jedoch herausgestellt, dass die Pferde, wenn sie „tief und rund“ liefen, wenig unter den Schwerpunkt traten und mit den Hinterbeine nach hinten hinaus liefen, während das Becken und der Rücken in einer gestreckten Haltung waren. Die kurze Verschnallung in der hier vorliegenden Studie muss zwischen den Positionen „übermäßig beigezäumt“ und „Rollkur“ der Studie von WEISHAUPT und VAN WEEREN et al. (2007) liegen. Die Pferde liefen durchweg mit der Stirn- Nasen-Linie hinter der senkrechten, es wurde jedoch kein Wert darauf gelegt, dass das Genick weiterhin den höchsten Punkt der Aufrichtung ausmacht. Dabei wurde der Pferdehals nicht so weit „aufgerollt“ wie es die Position der „Rollkur“ in der niederländisch- schwedisch-schweizerischen Studie ausmacht.

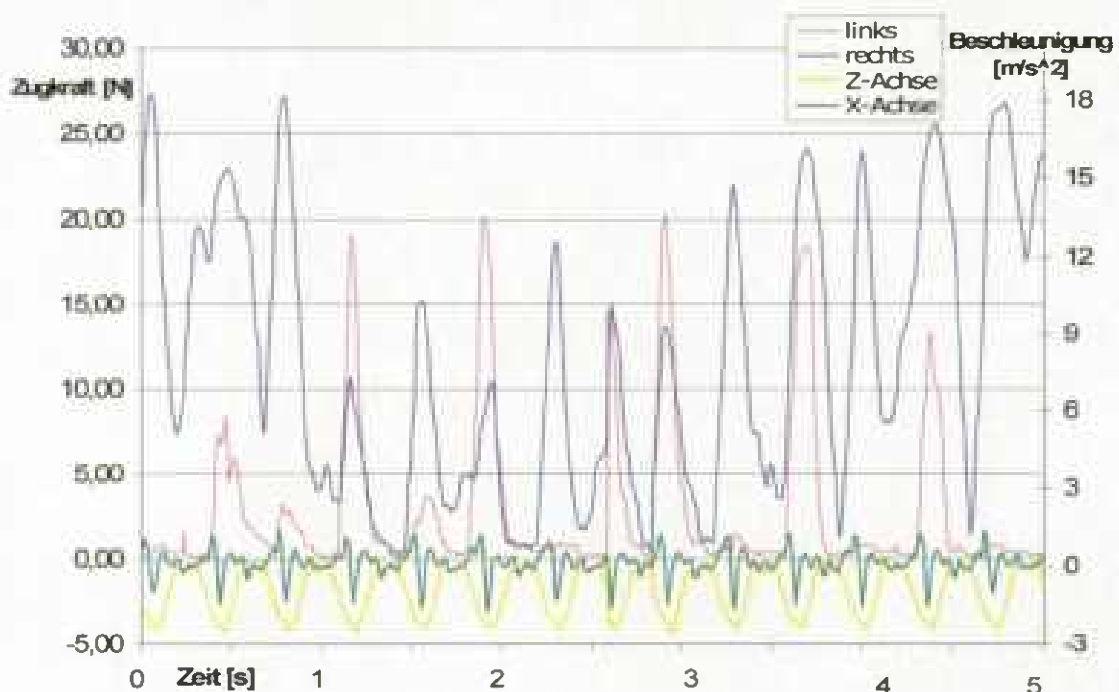
Beide Effekte die sich während der Studie bei den zwei unterschiedlichen Kopf- Hals-Positionen ergeben haben, konnten auch in der kurzen Verschnallung während des Longierens erkannt werden. Einerseits kam es zu keiner signifikanten Abnahme der Rückenbewegung, andererseits war aber doch ein abnehmender Trend zu erkennen. Zusammen mit den Beobachtungen, die aufgrund mangelnden Video- und unzureichenden Fotomaterials nicht in die Ergebnisse einfließen konnten, war bei den letzten Messungen eine Einschränkung des Raumgriffs, teilweise auch des Tempos zu erkennen.

Ausschlaggebend dafür, dass keine Messungen in tatsächlicher Rollkur Position gemacht wurden, waren der subjektiv unzufriedene Gesichtsausdruck der Pferde während der letzten Verschnallung und die ansteigenden Zügelkraftwerte durch die Ausbindezügel.

Bei der Untersuchung von WEISHAUPT und VAN WEEREN et al. (2007) wurden die Pferde auf einem Laufband bewegt, was dafür sorgt, dass das Tempo gleichmäßig gehalten, überwacht und miteinander verglichen werden kann. In der hier vorliegenden Arbeit wurden die Messungen beim Longieren gemacht, weil dies die gängigere Methode des Pferdetrainings ist. Das Tempo konnte dabei nur subjektiv vom Longenführer beeinflusst werden. Während der Messungen wurde darauf geachtet, dass alle Pferde gelöst und im ruhigen Tempo liefen. Das Grundtempo zwischen den Pferden und auch zwischen den einzelnen Messungen eines jeweiligen Pferdes kann jedoch variieren (siehe Abbildung 17). Bei den vier ausgesuchten Pferden zeigte sich aber, dass das Tempo bei allen drei Messungen relativ einheitlich war, die Kurvenverläufe konnten ohne weitere Bearbeitung deckend übereinander gelegt werden. In einer nachfolgenden Studie könnte man die Messungen in einer Führanlage bei gleicher Geschwindigkeit bei allen drei Ausbinderlängen durchführen.

Bei der Messung der Zugkraftwirkung durch die Ausbinder wurde diese Arbeit durch einen Artikel der deutschen Pferdezeitschrift „Cavallo“ (HERDE, 2004) inspiriert, in dem über einen Zugkraftversuch von FALATURI (2004) berichtet wurde. Das Gewicht des in dieser Studie verwendeten Kraftmessers ist mit 27 Gramm nur ein zehntel so schwer wie die von FALATURI (2004) verwendeten Druckmessdosen, deren Gewicht bei 280 Gramm lag. Im Trab treten Beschleunigungen bis zu 3 g auf (siehe Abbildung 16). Entsprechend erhöht sich der Einfluss durch das Gewicht der Messeinrichtung.

Bei der Studie von FALATURI (2004) wurden vier Pferde getestet, davon zwei mit wenig Longierenerfahrung. Das Resultat dieser Studie ist, dass durch das Longieren mit Ausbinder, unabhängig ob mit oder ohne Gummininge, die Kräfte um ein Vielfaches geringer sind, als sie beim Reiten, selbst bei Profi-Reitern, auftreten. Der beobachtete Effekt, dass die Pferde sich beim Traben „mit einer ständigen Rechts- Links- Bewegung im Maul [zupfen]“, konnte mit dieser Studie nicht nachvollzogen werden. Es entstanden Wellenformen synchron zum



**Abb. 18:**

Kräfte von rechten und linken Ausbinder im Bezug zu den Beschleunigungswerten des Rückens im Trabrhythmus;  
Pferd 7, linke Hand, mittellanger Ausbinder

Rhythmus der Trabbewegung (Abbildung 18), die Druckspitzen von rechten und linken Ausbindezügeln wechselten sich jedoch nicht regelmäßig ab. Auch die Beobachtung, dass

Pferde sich selbstständig nach innen stellen und somit den äußeren Ausbindezügel vermehrt belasten, konnte nur in einem von zwölf Fällen bestätigt werden.

Die Erkenntnis, dass das Gewicht der Ausbindezügel entscheidend für die ruhige Lage am Pferdemaul ist, wurde bereits in einem Vorversuch gewonnen, soll hier aber dennoch nochmals erwähnt werden. Eine Modifizierung der Ausbinder, und vor allem ein Weglassen der Gummiringe, die laut der Untersuchung von FALATURI (2004) keine Dämpfung aufgrund der sowieso relativ geringen Kräfte bewirken, kann helfen, das Pferdemaul zu entlasten und eine konstante Anlehnung zu fördern.

Eine entscheidende Erkenntnis dieser Arbeit ist, dass die Akzeptanz und der Umgang mit den Ausbindern von Pferd zu Pferd sehr stark variiert. Auffallend sind die geringe Kräfte, die das Pferd von sich aus aufnimmt, wenn der Ausbindezügel lang genug verschnallt ist. Die von den hier gemessenen zwölf Pferden im Trab aufgenommenen Kräfte lagen bei langen Ausbindern und freier Haltung zwischen 1,52 N und 4,60 N. Auftretende Druckspitzen wurden durch Veränderung der Kopfhaltung ausgeglichen. FALATURI (2004) beobachtete dies auch bei kurzer Verschnallung und zog die Schlussfolgerung, „dass der Ausbindezügel für Pferde berechenbarer ist, weil er nicht aktiv zieht“. Die Beobachtung, dass bei kurzer Verschnallung kaum mehr Druck auf das Pferdemaul entsteht als bei langer Verschnallung, konnte auch in der vorliegenden Arbeit bei einigen Pferden, wie zum Beispiel Pferd 7, Pferd 10 und Pferd 11 gemacht werden. Sie wird jedoch kritisch betrachtet. Kann ein Pferd, das sich beim Longieren mit Ausbindezügel angewöhnt den Druck so gering wie möglich zu halten indem es seine Haltung anpasst, lernen eine Verbindung zur Reiterhand aufzubauen? Oder entwickelt sich dadurch das Verkriechen hinter den Zügel, mit dem nach der optischen Begutachtung die Werte der betreffenden Pferde dieser Studie begründet wurden? MEYER (1996) betont in seiner Studie zum Thema „Zusammenhang von Halshaltung, Rückentätigkeit und Bewegungsablauf beim Pferd“, dass bei „einem Pferd, das ‚hinter dem Zügel‘ geht, [...] keine Dehnung und Entlastung des Rückens entsteht“.

Um dies weiter zu untersuchen würde sich eine Untersuchung anbieten, in der die auftretenden Kräfte an den Ausbindern beim Longieren mit den Reiteigenschaften (Rittigkeit) der Pferde verglichen wird.

Abschließend lässt sich sagen, dass im üblichen Bereich gewählte Ausbinderlängen wenig Einfluss auf die Rückentätigkeit des Pferdes haben. Sehr wohl wirken sich aber die Länge und die Masse der Ausbindezügel auf die im Pferdemaul entstehenden Kräfte aus. Da die Rückentätigkeit wenig beeinflusst wird und die Pferde die Ausbindezügel bei langer



Verschnallung auch nicht als Balancierhilfe gebraucht haben, kann ein Ausbinden der Pferde eigentlich nur der Gewöhnung an den Zügel und an die geforderte Haltung darstellen. Da die Kräfte jedoch viel geringer sind als die, welche beim Reiten gemessen werden können (DOBBERTHIEN 2001; FELSINGER, 2004; STODULKA, 2006), ist es zweifelhaft, ob diese Gewöhnung über die Tatsache hinaus, dass es überhaupt Druck auf Zunge und Laden erfährt, hilfreich für das Pferd ist. Die Frage, ob das Pferd nicht eher durch den Ausbindezügel begreift dem Druck nach hinten auszuweichen ohne dass der Longenführer in der Mitte diese Entwicklung mitbekommt und ihr z. B. durch vermehrtes Nachtreiben und nachgeben entgegenwirken kann, wie dies durch einen feinfühligem Reiter möglich ist, bleibt bestehen.

## Zusammenfassung

Das Ziel dieser Untersuchung war den Einfluss von seitlichen Ausbindern beim Longieren auf die Rückentätigkeit des Pferdes und die entstehenden Zugkräfte bei drei verschiedenen Längen der Hilfszügel zu messen.

Zwölf Schulpferde der Hannoverschen Reit- und Fahrschule in Verden wurden im Trab auf beiden Händen longiert. Die Verschnallung der Ausbinder ermöglichte den Pferden zuerst eine freie Haltung des Kopfes, anschließend wurden die Pferde in einer mittleren Position mit der Stirn- Nasen- Linie vor der gedachten Senkrechten beigezäumt. Danach wurden die Ausbindezügel so verkürzt, dass die Pferde mit der Nasenlinie etwa eine Handbreit hinter der Senkrechten gingen.

Beim Longieren wurde die Rückentätigkeit über einen beschleunigungsempfindlichen Sensor am tiefsten Punkt des Rückens und die Zugkräfte über Kraftsensoren gemessen und am Computer aufgezeichnet.

Die unterschiedlichen Längen der Ausbindezügel konnte die Rückentätigkeit nicht wesentlich beeinflussen. Es kam bei neun von zwölf Pferden bei der Beschleunigung in X- Richtung und bei elf von zwölf Pferden bei der Beschleunigung in Z- Richtung von der langen zur kurzen Verschnallung zu einer abnehmenden Rückentätigkeit.

Die Zugbelastung, die das Pferd über das Gebiss erfährt, stieg durch das Verkürzen der Ausbindezügel von lang zu kurz um mehr als das Siebenfache. Eine Innenstellung konnte nur bei einem von zwölf Pferden gemessen werden, drei liefen auf beiden Händen in Außenstellung. Fünf der zwölf Pferde stellten sich unabhängig von der Longierichtung nach rechts, drei nach links.

Besonders zu beachten ist das Gewicht der Hilfszügel, das in dieser Studie durch den Ersatz gewöhnlicher Lederausbinder durch ein leichtes Kunststoffband erheblich verringert wurde. Dadurch kann ein Schwingen der Ausbindezügel im Trab vor allem bei längerer Verschnallung verhindert werden.

Abschließend kann man sagen, dass die durch Ausbindezügel vorgegebene Kopf- Halsposition wenig Einfluss auf die Rückentätigkeit beim Longieren hat, durch kurze Ausbindezügel aber erheblich stärkere Kräfte auf das Pferdemaul wirken als bei langer Verschnallung.

Schlüsselwörter: Longieren, Rückentätigkeit, Ausbinder, Zugkräfte

## Summary

The objective of this study was to measure the influence of side reins on the back acceleration of lunged horses. Additionally, the tractive force on the horses' mouth caused by side reins in three different lengths was measured.

Twelve trained horses of the Hanoverian Riding and Driving School in Verden (Germany) were lunged in trot in both directions. First, the length of the side reins allows the horses a free position of the head. A shortening of the side reins made the horses to trot in position 'on the bit' with the head on, or a little bit in front of an imaginary vertical. Afterwards the side reins got such a short adjusting that the horses were forced to trot with the nose-line behind the vertical.

While lunging, the movement of the back was measured by an acceleration-sensitive sensor that was placed at the deepest point of the back. Force-sensing sensors between side reins and bit measured the tractive force on the mouth.

There was no major difference in the acceleration of the back with the three lengths of the side reins. However, nine of twelve horses showed smaller acceleration of the back in the direction of movement (X-direction), with short side reins. Even eleven of twelve horses had a lower up and down acceleration (Z-direction) of the back with short side reins. The tractive forces on the horses' mouth with short side reins rose up to more than the sevenfold compared to values of long side reins.

Only one horse evinced the expected inside bending. Three horses bent always to the outside. Moreover, five of the twelve horses had always more weight on the left side rein with the result of bending to the right side. Three horses bent the opposite way around, independent of the direction of lunging.

Attention should also be paid to the weight of the side reins. In this study, a lightweight synthetic ligament replaced normal leather side reins. Thus, uncontrolled swinging of long adjusted side reins in trot can be avoided.

In summary it can be said that, the posture of head and neck, given by side reins, has little influence on the acceleration of the horses' back while lunging. Certainly short side reins induce significant higher tractive forces on the horses' mouth than longer adjusted side reins.

Keywords: lunging, back movement, side reins, tractive force

## Literaturverzeichnis

DOBBERTHIEN U. (2001)

Klappe halten

Cavallo 3/2001 - S.13- 23

FAUQUEX, E. (1982)

Der Abstand zwischen den Dornfortsätzen des Pferdes im Bereich der Sattellage in Abhängigkeit von der Körperhaltung und der Bewegung

Dissertation, Vet. med. Fakultät der Universität Zürich

FEI, Report of the FEI Veterinary and Dressage Committees' Workshop (2006)

The use of overbending ("Rollkur") in FEI competition

31 January 2006 during the FEI Veterinary Committee meeting in the Olympic museum, Lausanne -Version 5<sup>th</sup> March 2006

FELSINGER C. (2004)

In die Hand gedrückt

Cavallo 5/2004 - S. 16- 29

FN, Band 1, Grundausbildung für Reiter und Pferd

28 Aufl.

FNverlag, Warendorf - S. 168- 174

FN, Band 6, Longieren

7. Aufl., 1999

FNverlag, Warendorf

GAYER K. (2004)

Hilfszügel im Vergleich Teil 3- Der beidseitige Ausbindezügel

Reiter Revue 8/2004 - S. 52-53

HERDE L. (2004)

Feste Bindung

Cavallo 8/2004 - S. 61-65

HEUSCHMANN G. Dr. med. vet. (2006)

Anatomisch Grundlagen, Isabella Sonntag, Finger in der Wunde

Wu- Wei-Verlag, Schondorf - S. 50

HOFFMANN G. (2009)

Hippoline- Expertentipps Rückenleiden

<http://www.hippoline.lu/expert/rueck.htm>

(07.07.09)

HOLMER M. (2005)

Röntgenbefunde an den Dornenfortsätzen klinisch rückengesunder Warmblutpferde

Inaugural-Dissertation

Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians- Universität München

HÜBENER, E. (2004)

Die Bewegungen von Pferderumpf und –rücken aus der Sicht des Reiters

Tierärztl. Umschau 59 - S. 327-334

JEFFCOTT L. B. und DALIN G. (1980)

Natural rigidity of the horse's backbone

Equine Veterinary Journal 12 (3) - S.101-108

JUNG K. (2007)

Der Rücken als Bewegungszentrum des Pferdes

In: Reiten- anatomisch richtig und pferdegerecht

Franckh -Kosmos- Verlag, Stuttgart - S. 21

KRÜGER W. (1939)

Über die Schwingungen der Wirbelsäule – insbesondere der Wirbelbrücke – des Pferdes während der Bewegung

Berl. Münch. tierärztl. Wochenschr. 13 - S.197-203

KÖNIG H. E., LIEBIG H. -G. und MAIERL J. (2001)

Statik und Dynamik,

In: Anatomie der Haussäugetiere- Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis  
Schattauer GmbH, Stuttgart - S.265

MEYER H. (1996)

Zum Zusammenhang von Halshaltung, Rückentätigkeit und Bewegungsablauf beim Pferd  
Pferdeheilkunde 12 - S. 807-822

POTICEK E. (2009)

Läuft wie am Schnürchen

Cavallo 5/2009 - S. 43

ROTTER B. (2004)

Anatomie und Funktion des Pferderückens

Isi-Rider 4/2004

SCHMIDT, D. (1998)

Gymnastizierende und heilende Longenarbeit,

In: Longieren: sinnvoll und richtig,

Frankh - Kosmosverlag, Stuttgart - S. 15

STAHLECKER, F. - die gewaltfreie Pferdeausbildung

Halt der Gewalt beim Longieren

<http://www.hsh-fritz->

[stahlecker.de/fileadmin/user\\_upload/Dokumente/Stahlecker%20Artikel%20Longieren..pdf](http://www.hsh-fritz-stahlecker.de/fileadmin/user_upload/Dokumente/Stahlecker%20Artikel%20Longieren..pdf)

(21.07.09)

STAHLECKER, F.

Wie straff dürfen die Zügel sein?

Reiterjournal 7 – S. 118 f

STODULKA R. (2006)

Skala der Ausbildung

In: Medizinische Reitlehre

Parey, Stuttgart - S. 115

TOWNSEND, H.G.G., LEACH, D.H., DOIGE, C.E. KIRKALDY – WILLIS, W.H. (1986)

Relationship between spinal biomechanics and pathological changes in the equine thoracolumbar spine

Equine Vet. J. 18: 107-112

UHLIG F. (2009)

Darstellung der Lage verschiedener Trensengebisse im Pferdemaul bei Einwirkung unterschiedlich starken Zügelzuges am gerittenen Pferd im Halten

Bakkalaureatsarbeit im Studiengang Pferdewissenschaften

Veterinärmedizinische Universität Wien

und der Universität für Bodenkultur Wien

VAN WEEREN P. R. (2004)

Structure and biomechanical concept of the equine back

Pferdeheilkunde 20 - S.341-348

WAGNER P. (2006)

Auf die krumme Tour

Cavallo 6/2006 – S. 15-28

WEISHAUPT M. A., WISTNER T., VON PEINEN K., WALDEM N., ROEPSTORFF L., VAN WEEREN R., MEYER H. und JOHNSTON C. (2007)

Einfluss der Kopf- und Halshaltung auf Lastverteilung zwischen Vor- und Nachhand in Schritt und Trab

[http://www.forschungpferd.ch/PDF/newsletter/SFP\\_VFP\\_NL\\_0701\\_g.pdf](http://www.forschungpferd.ch/PDF/newsletter/SFP_VFP_NL_0701_g.pdf)

(19.05.2009)



## Anhang

Übersicht der Pferde:





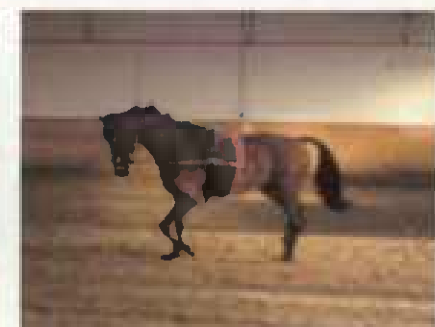
Pferd 6



Pferd 7



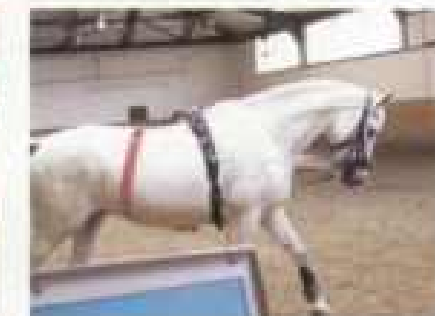
Pferd 8



Pferd 9



Pferd 10





### Zu Kapitel 3.6.1 Kolmogorov- Smirnov Test der Zugkräfte

lang Name	[N]	sortiert	z-Transformation	Standnormvert	i/n	Standnormvert - (i/n)
Pferd 1	3,41	1,52	-1,50	0,07	0,0833333	0,016
Pferd 2	4,37	1,53	-1,49	0,07	0,1666667	0,099
Pferd 3	2,60	2,19	-0,90	0,18	0,25	0,065
Pferd 4	2,19	2,60	-0,52	0,30	0,3333333	0,033
Pferd 5	1,53	2,60	-0,52	0,30	0,4166667	0,116
Pferd 6	2,60	3,25	0,07	0,53	0,5	0,027
Pferd 7	4,38	3,34	0,15	0,56	0,5833333	0,025
Pferd 8	4,60	3,41	0,22	0,59	0,6666667	0,081
Pferd 9	3,25	4,30	1,02	0,85	0,75	0,097
Pferd 10	1,52	4,37	1,08	0,86	0,8333333	0,027
Pferd 11	3,34	4,38	1,10	0,86	0,9166667	0,053
Pferd 12	4,30	4,60	1,30	0,90	1	0,097
<b>Mittelwert</b>	<b>3,17</b>					
<b>SD</b>	<b>1,10</b>					

Tabellenwert für n=12: 0,375

Max Wert 0,116 PG

PG < Tabellenwert -> keine  
signifikante Abweichung von der  
Normalverteilung

z-  
Transformation=(x-MW)/SD

mittel Name	[N]	sortiert	z-Transformation	Standnormvert	i/n	Standnormvert - (i/n)
Pferd 1	13,24	1,20	-1,56	0,06	0,0833333	0,024
Pferd 2	14,64	5,93	-0,93	0,18	0,1666667	0,010
Pferd 3	27,60	6,09	-0,91	0,18	0,25	0,068
Pferd 4	11,22	10,72	-0,29	0,39	0,3333333	0,053
Pferd 5	5,93	11,22	-0,22	0,41	0,4166667	0,005
Pferd 6	15,89	11,47	-0,19	0,43	0,5	0,075
Pferd 7	11,47	11,62	-0,17	0,43	0,5833333	0,150
Pferd 8	10,72	13,24	0,05	0,52	0,6666667	0,148
Pferd 9	24,95	14,64	0,24	0,59	0,75	0,157
Pferd 10	1,20	15,89	0,40	0,66	0,8333333	0,177
Pferd 11	6,09	24,95	1,61	0,95	0,9166667	0,030
Pferd 12	11,62	27,60	1,97	0,98	1	0,025
<b>Mittelwert</b>	<b>12,88</b>					
<b>SD</b>	<b>7,48</b>					

Tabellenwert für n=12: 0,375

Max Wert 0,177 PG

PG < Tabellenwert -> keine  
signifikante Abweichung von der  
Normalverteilung

z-  
Transformation=(x-MW)/SD

kurz Name	[N]	sortiert	z-Transformation	Standnormvert	l/n	Standnormvert - (l/n)
Pferd 1	27,11	5,21	-1,32	0,09	0,0833333	0,010
Pferd 2	24,57	7,28	-1,16	0,12	0,1666667	0,043
Pferd 3	46,32	8,48	-1,06	0,14	0,25	0,106
Pferd 4	20,70	12,49	-0,75	0,23	0,3333333	0,105
Pferd 5	22,04	20,70	-0,10	0,46	0,4166667	0,044
Pferd 6	25,67	22,04	0,01	0,50	0,5	0,003
Pferd 7	8,48	22,61	0,05	0,52	0,5833333	0,063
Pferd 8	12,49	24,57	0,21	0,58	0,6666667	0,085
Pferd 9	41,04	25,67	0,29	0,61	0,75	0,135
Pferd 10	7,28	27,11	0,41	0,66	0,8333333	0,176
Pferd 11	5,21	41,04	1,50	0,93	0,9166667	0,017
Pferd 12	22,61	46,32	1,92	0,97	1	0,028
<b>Mittelwert</b>	<b>21,96</b>					
<b>SD</b>	<b>12,70</b>		<b>Tabellenwert für n=12: 0,375</b>		<b>Max Wert</b>	<b>0,176 PG</b>

PG < Tabellenwert -> keine signifikante  
Abweichung von der Normalverteilung

$z\text{-Transformation} = (x - MW) / SD$

**Zu Kapitel 3.6.1  
ANOVA der Zügelkräfte**

Test	Hilfszügel	Pferd 1	Pferd 2	Pferd 3	Pferd 4	Pferd 5	Pferd 6	Pferd 7	Pferd 8	Pferd 9	Pferd 10	Pferd 11	Pferd 12	MW	± s
1	lang	3,41	4,37	2,60	2,19	1,53	2,60	4,38	4,60	3,25	1,52	3,34	4,30	3,17	1,101
2	mittel	13,24	14,64	27,60	11,22	5,93	15,89	11,47	10,72	24,95	1,20	6,09	11,62	12,88	7,484
3	kurz	27,11	24,57	46,32	20,70	22,04	25,67	8,48	12,49	41,04	7,28	5,21	22,61	21,96	12,699
													<b>GES</b>	<b>12,67</b>	<b>7,09</b>

Lang	SSt		SSb		SSw	
	x	(x-MWges) <sup>2</sup>	MW lang	(MWlang-MWges) <sup>2</sup>	x	(x-Mwlang) <sup>2</sup>
	3,41	85,753	3,17	90,212	3,41	0,06
	4,37	68,986	3,17	90,212	4,37	1,42
	2,60	101,487	3,17	90,212	2,60	0,33
	2,19	109,943	3,17	90,212	2,19	0,97
	1,53	124,123	3,17	90,212	1,53	2,70
	2,60	101,475	3,17	90,212	2,60	0,33
	4,38	68,739	3,17	90,212	4,38	1,46
	4,60	65,103	3,17	90,212	4,60	2,04
	3,25	88,808	3,17	90,212	3,25	0,01
	1,52	124,235	3,17	90,212	1,52	2,72
	3,34	87,149	3,17	90,212	3,34	0,03
	4,30	70,074	3,17	90,212	4,30	1,27

**SSt 1095,874      SSb 1082,540      SSw 13,334**

mittel	SSt		SSb		SSw	
	x	(x-MWges) <sup>2</sup>	MW mittel	(MWmittel-MWges) <sup>2</sup>	x	(x-MWmittel) <sup>2</sup>
	13,24	0,319	12,88	0,044	13,24	0,13
	14,64	3,893	12,88	0,044	14,64	14,68
	27,60	222,740	12,88	0,044	27,60	3,68
	11,22	2,113	12,88	0,044	11,22	0,41
	5,93	45,470	12,88	0,044	5,93	1,21
	15,89	10,346	12,88	0,044	15,89	0,15
	11,47	1,444	12,88	0,044	11,47	2,64
	10,72	3,817	12,88	0,044	10,72	0,00
	24,95	150,671	12,88	0,044	24,95	3,82
	1,20	131,510	12,88	0,044	1,20	0,29
	6,09	43,254	12,88	0,044	6,09	2,18
	11,62	1,098	12,88	0,044	11,62	0,09

**SSt 616,674      SSb 0,525      SSw 29,256**

	SSt		SSb		SSw	
	x	(x-MWges) <sup>2</sup>	MW kurz	(MWkurz-MWges) <sup>2</sup>	x	(x-Mwlang) <sup>2</sup>
kurz	27,11	208,444	21,96	86,283	27,11	26,51
	24,57	141,553	21,96	86,283	24,57	6,81
	46,32	1132,408	21,96	86,283	46,32	593,53
	20,70	64,472	21,96	86,283	20,70	1,59
	22,04	87,802	21,96	86,283	22,04	0,01
	25,67	168,936	21,96	86,283	25,67	13,75
	8,48	17,592	21,96	86,283	8,48	181,80
	12,49	0,033	21,96	86,283	12,49	89,71
	41,04	804,734	21,96	86,283	41,04	364,01
	7,28	29,010	21,96	86,283	7,28	215,35
	5,21	55,625	21,96	86,283	5,21	280,46
	22,61	98,727	21,96	86,283	22,61	0,42
		<b>SSt 2809,337</b>		<b>SSb 1035,394</b>		<b>SSw 1773,943</b>
<b>Endsumme</b>	<b>SSSt 4521,886</b>		<b>SSb 2118,460</b>		<b>SSw 1816,533</b>	

Varianz SSt  
= SSt/35                    129,1967

Varianz SSb  
= SSb/ 2                    1059,23

Varianz SSw  
= SSw/ 11                    55,04645

**Varianz SSb > Varianz SSw**

**Hilfszügellänge hat erheblichen Einfluss auf  
die Zugkräfte im Maul**

Zu Kapitel 3.6.1  
Kolmogorov- Smirnov Test der X- Beschleunigung

<b>x</b>						
<b>lang</b>						
Name	[m/s <sup>2</sup> ]	sortiert	z-Transformation	Standnomvert	i/n	Standnomvert - (i/n)
Pferd 1	7,74	4,99	-1,21	0,11	0,08333333	0,029
Pferd 2	11,63	5,16	-1,12	0,13	0,16666667	0,036
Pferd 3	9,26	5,62	-0,88	0,19	0,25	0,060
Pferd 4	6,56	6,47	-0,42	0,34	0,33333333	0,002
Pferd 5	4,99	6,53	-0,40	0,35	0,41666667	0,070
Pferd 6	7,08	6,56	-0,38	0,35	0,5	0,147
Pferd 7	5,62	7,08	-0,10	0,46	0,58333333	0,123
Pferd 8	6,47	7,74	0,25	0,60	0,66666667	0,067
Pferd 9	5,16	7,93	0,35	0,64	0,75	0,112
Pferd 10	8,22	8,22	0,51	0,70	0,83333333	0,138
Pferd 11	6,53	9,26	1,06	0,86	0,91666667	0,060
Pferd 12	7,93	11,63	2,33	0,99	1	0,010
<b>Mittelwert</b>	7,27					
<b>SD</b>	1,87		Tabellenwert für n=12: 0,375		Max Wert	0,147 PG

PG < Tabellenwert -> keine signifikante  
Abweichung von der Normalverteilung

z-  
Transformation = (x-MW)/SD

<b>X</b>						
<b>mittel</b>						
Name	[m/s <sup>2</sup> ]	sortiert	z-Transformation	Standnomvert	i/n	Standnomvert - (i/n)
Pferd 1	7,43	5,07	-1,20	0,12	0,08333333	0,032
Pferd 2	10,86	5,40	-1,00	0,16	0,16666667	0,007
Pferd 3	8,94	5,55	-0,90	0,18	0,25	0,067
Pferd 4	6,39	5,92	-0,68	0,25	0,33333333	0,084
Pferd 5	5,92	6,39	-0,39	0,35	0,41666667	0,068
Pferd 6	7,41	6,73	-0,18	0,43	0,5	0,071
Pferd 7	5,40	7,04	0,01	0,50	0,58333333	0,079
Pferd 8	7,04	7,41	0,23	0,59	0,66666667	0,074
Pferd 9	5,07	7,43	0,25	0,60	0,75	0,153
Pferd 10	7,56	7,56	0,33	0,63	0,83333333	0,204
Pferd 11	5,55	8,94	1,17	0,88	0,91666667	0,037
Pferd 12	6,73	10,86	2,35	0,99	1	0,009
<b>Mittelwert</b>	7,03					
<b>SD</b>	1,63		Tabellenwert für n=12: 0,375		Max Wert	0,204 PG

PG < Tabellenwert -> keine signifikante  
Abweichung von der Normalverteilung

z-  
Transformation = (x-MW)/SD



X kurz						
Name	[m/s <sup>2</sup> ]	sortiert	z-Transformation	Standnormvert	l/n	Standnormvert - (i/n)
Pferd 1	7,54	4,82	-1,29	0,10	0,08333333	0,015
Pferd 2	10,29	4,97	-1,19	0,12	0,16666667	0,050
Pferd 3	8,24	5,64	-0,76	0,22	0,25	0,027
Pferd 4	5,64	5,68	-0,73	0,23	0,33333333	0,102
Pferd 5	5,68	6,17	-0,41	0,34	0,41666667	0,077
Pferd 6	6,64	6,64	-0,12	0,45	0,5	0,046
Pferd 7	4,97	6,69	-0,08	0,47	0,58333333	0,116
Pferd 8	7,26	7,26	0,28	0,61	0,66666667	0,055
Pferd 9	4,82	7,54	0,47	0,68	0,75	0,071
Pferd 10	7,88	7,88	0,68	0,75	0,83333333	0,081
Pferd 11	6,69	8,24	0,92	0,82	0,91666667	0,096
Pferd 12	6,17	10,29	2,24	0,99	1	0,013
<b>Mittelwert</b>	<b>6,82</b>					
<b>SD</b>	<b>1,55</b>					

Tabellenwert für n=12: 0,375

Max Wert 0,116 PG

PG < Tabellenwert -> keine  
signifikante Abweichung von der  
Normalverteilung

z-  
Transformation =  $(x - MW) / SD$

Zu Kapitel 3.6.1  
ANOVA der X- Beschleunigung

Test	Hilfszügel	Pferd 1	Pferd 2	Pferd 3	Pferd 4	Pferd 5	Pferd 6	Pferd 7	Pferd 8	Pferd 9	Pferd 10	Pferd 11	Pferd 12	MW	± s
1	lang	7,74	11,63	9,26	6,56	4,99	7,08	5,62	6,47	5,16	8,22	6,53	7,93	7,27	1,873
2	mittel	7,43	10,86	8,94	6,39	5,92	7,41	5,40	7,04	5,07	7,56	5,55	6,73	7,03	1,632
3	kurz	7,54	10,29	8,24	5,64	5,68	6,64	4,97	7,26	4,82	7,88	6,69	6,17	6,82	1,551
														GES	7,04 1,69

	SSt		SSb		SSw	
	x	(x-MWges) <sup>2</sup>	MW lang	(MWlang-MWges) <sup>2</sup>	x	(x-MWlang) <sup>2</sup>
Lang	7,74	0,498	7,27	0,053	7,74	0,23
	11,63	21,086	7,27	0,053	11,63	19,02
	9,26	4,943	7,27	0,053	9,26	3,97
	6,56	0,226	7,27	0,053	6,56	0,50
	4,99	4,167	7,27	0,053	4,99	5,16
	7,08	0,002	7,27	0,053	7,08	0,03
	5,62	2,004	7,27	0,053	5,62	2,71
	6,47	0,318	7,27	0,053	6,47	0,63
	5,16	3,516	7,27	0,053	5,16	4,43
	8,22	1,409	7,27	0,053	8,22	0,92
	6,53	0,260	7,27	0,053	6,53	0,55
	7,93	0,796	7,27	0,053	7,93	0,44
	<b>SSt</b> 39,224		<b>SSb</b> 0,637		<b>SSw</b> 38,588	

	SSt		SSb		SSw	
	x	(x-MWges) <sup>2</sup>	MW mittel	(MWmittel-MWges) <sup>2</sup>	x	(x-MWlang) <sup>2</sup>
mittel	7,43	0,153	7,03	0,00011	7,43	0,16
	10,86	14,595	7,03	0,00011	10,86	14,68
	8,94	3,635	7,03	0,00011	8,94	3,68
	6,39	0,419	7,03	0,00011	6,39	0,41
	5,92	1,238	7,03	0,00011	5,92	1,21
	7,41	0,138	7,03	0,00011	7,41	0,15
	5,40	2,678	7,03	0,00011	5,40	2,64
	7,04	0,000	7,03	0,00011	7,04	0,00
	5,07	3,857	7,03	0,00011	5,07	3,82
	7,56	0,277	7,03	0,00011	7,56	0,29
	5,55	2,210	7,03	0,00011	5,55	2,18
	6,73	0,092	7,03	0,00011	6,73	0,09

SSt 29,292                      SSb 0,001                      SSw 29,291

	SSt		SSb		SSw	
	x	(x-MWges) <sup>2</sup>	MW kurz	(MWmittel-MWges) <sup>2</sup>	x	(x-MWlang) <sup>2</sup>
mittel	7,43	0,153	7,03	0,00011	7,43	0,16
	10,86	14,595	7,03	0,00011	10,86	14,68
	8,94	3,635	7,03	0,00011	8,94	3,68
	6,39	0,419	7,03	0,00011	6,39	0,41
	5,92	1,238	7,03	0,00011	5,92	1,21
	7,41	0,138	7,03	0,00011	7,41	0,15
	5,40	2,678	7,03	0,00011	5,40	2,64
	7,04	0,000	7,03	0,00011	7,04	0,00
	5,07	3,857	7,03	0,00011	5,07	3,82
	7,56	0,277	7,03	0,00011	7,56	0,29
	5,55	2,210	7,03	0,00011	5,55	2,18
	6,73	0,092	7,03	0,00011	6,73	0,09
		SSt 29,292		SSb 0,001		SSw 29,291

Varianz SSt  
= SSt / 35                      2,73

Varianz SSb  
= SSb / 2                      0,6089

Varianz SSw  
= SSw / 33                      2,8586

Varianz SSb < Varianz SSw

Hilfszügel haben keinen erheblichen Einfluss auf die Rückenbeschleunigung in X-Richtung

### Zu Kapitel 3.6.1 Kolmogorov- Smirnov Test der Z- Beschleunigung

Z lang						
Name	[m/s <sup>2</sup> ]	sortiert	z-Transformation	Standnormvert	i/n	Standnormvert - (i/n)
Pferd 1	9,61	7,89	-1,76	0,04	0,08333333	0,044
Pferd 2	10,82	8,12	-1,52	0,06	0,16666667	0,102
Pferd 3	9,35	8,89	-0,72	0,24	0,25	0,013
Pferd 4	8,12	9,30	-0,28	0,39	0,33333333	0,055
Pferd 5	10,17	9,35	-0,24	0,41	0,41666667	0,010
Pferd 6	10,27	9,52	-0,06	0,48	0,5	0,024
Pferd 7	8,89	9,61	0,04	0,51	0,58333333	0,069
Pferd 8	10,99	9,98	0,42	0,66	0,66666667	0,004
Pferd 9	9,30	10,17	0,62	0,73	0,75	0,018
Pferd 10	9,98	10,27	0,73	0,77	0,83333333	0,067
Pferd 11	7,89	10,82	1,30	0,90	0,91666667	0,013
Pferd 12	9,52	10,99	1,47	0,93	1	0,070
Mittelwert	9,58					
SD	0,96					

Tabellenwert für n=12: 0,375

Max Wert 0,102 PG

PG < Tabellenwert -> keine signifikante Abweichung von der Normalverteilung

z-Transformation = (x-MW)/SD

Z mittel						
Name	[m/s <sup>2</sup> ]	sortiert	z-Transformation	Standnormvert	i/n	Standnormvert - (i/n)
Pferd 1	9,51	7,90	-1,58	0,06	0,08333333	0,026
Pferd 2	10,57	7,90	-1,58	0,06	0,16666667	0,109
Pferd 3	9,16	8,76	-0,72	0,24	0,25	0,014
Pferd 4	7,90	9,16	-0,32	0,37	0,33333333	0,041
Pferd 5	10,32	9,18	-0,30	0,38	0,41666667	0,036
Pferd 6	10,13	9,48	0,00	0,50	0,5	0,001
Pferd 7	8,76	9,51	0,03	0,51	0,58333333	0,073
Pferd 8	11,19	9,65	0,17	0,57	0,66666667	0,098
Pferd 9	9,65	10,13	0,65	0,74	0,75	0,007
Pferd 10	9,48	10,32	0,85	0,80	0,83333333	0,032
Pferd 11	7,90	10,57	1,09	0,86	0,91666667	0,055
Pferd 12	9,18	11,19	1,71	0,96	1	0,043
Mittelwert	9,48					
SD	1,00					

Tabellenwert für n=12: 0,375

Max Wert 0,109 PG

PG < Tabellenwert -> keine signifikante Abweichung von der Normalverteilung

z-Transformation = (x-MW)/SD

Z							
kurz							
Name	[m/s <sup>2</sup> ]	sortiert	z-Transformation	Standnormvert	i/n	Standnormvert - (i/n)	
Pferd 1	9,38	7,58	-1,89	0,03	0,08333333	0,054	
Pferd 2	10,33	7,78	-1,66	0,05	0,16666667	0,118	
Pferd 3	9,08	8,70	-0,64	0,26	0,25	0,010	
Pferd 4	7,58	9,08	-0,23	0,41	0,33333333	0,075	
Pferd 5	10,09	9,24	-0,05	0,48	0,41666667	0,062	
Pferd 6	9,74	9,38	0,10	0,54	0,5	0,039	
Pferd 7	8,70	9,51	0,25	0,60	0,58333333	0,015	
Pferd 8	10,47	9,55	0,29	0,61	0,66666667	0,052	
Pferd 9	9,55	9,74	0,50	0,69	0,75	0,057	
Pferd 10	9,51	10,09	0,88	0,81	0,83333333	0,022	
Pferd 11	7,78	10,33	1,15	0,87	0,91666667	0,042	
Pferd 12	9,24	10,47	1,30	0,90	1	0,097	
Mittelwert	9,29						
SD	0,91						
		Tabellenwert für n=12: 0,375			Max Wert	0,118	PG

PG < Tabellenwert -> keine signifikante  
Abweichung von der Normalverteilung

z-  
Transformation  $= (x - MW) / SD$

**Zu Kapitel 3.6.1  
ANOVA der Z-Beschleunigung**

Test	Hilfszugel	Pferd 1	Pferd 2	Pferd 3	Pferd 4	Pferd 5	Pferd 6	Pferd 7	Pferd 8	Pferd 9	Pferd 10	Pferd 11	Pferd 12	MW	± s
1	lang	9,6107	10,824	9,3495	8,121	10,169	10,273	8,8891	10,988	9,3039	9,9791	7,8914	9,5195	9,6	0,96
2	mittel	9,505	10,566	9,1573	7,9003	10,324	10,13	8,762	11,187	9,6517	9,476	7,903	9,1763	9,5	1
3	kurz	9,3762	10,328	9,0766	7,5763	10,087	9,7441	8,7038	10,465	9,5514	9,5124	7,7828	9,2395	9,3	0,91
													<b>GES</b>	9,45	0,95

	SS <sub>t</sub>		SS <sub>b</sub>		SS <sub>w</sub>	
	x	(x-MW <sub>ges</sub> ) <sup>2</sup>	MW lang	(MW <sub>lang</sub> -MW <sub>ges</sub> ) <sup>2</sup>	x	(x-MW <sub>lang</sub> ) <sup>2</sup>
Lang	9,61	0,027	7,27	0,017	9,61	0,00
	10,82	1,896	7,27	0,017	10,82	117,16
	9,35	0,010	7,27	0,017	9,35	0,02
	8,12	1,759	7,27	0,017	8,12	65,95
	10,17	0,520	7,27	0,017	10,17	0,78
	10,27	0,682	7,27	0,017	10,27	105,53
	8,89	0,311	7,27	0,017	8,89	0,31
	10,99	2,373	7,27	0,017	10,99	120,73
	9,30	0,021	7,27	0,017	9,30	86,56
	9,98	0,283	7,27	0,017	9,98	99,58
	7,89	2,421	7,27	0,017	7,89	62,27
	9,52	0,005	7,27	0,017	9,52	90,62
<b>SS<sub>t</sub> 10,306</b>		<b>SS<sub>b</sub> 0,200</b>		<b>SS<sub>w</sub> 749,518</b>		

	SS <sub>t</sub>		SS <sub>b</sub>		SS <sub>w</sub>	
	x	(x-MW <sub>ges</sub> ) <sup>2</sup>	MW mittel	(MW <sub>mittel</sub> -MW <sub>ges</sub> ) <sup>2</sup>	x	(x-MW <sub>mittel</sub> ) <sup>2</sup>
mittel	9,51	0,003	7,03	0,00096	9,51	0,00
	10,57	1,251	7,03	0,00096	10,57	1,18
	9,16	0,084	7,03	0,00096	9,16	0,10
	7,90	2,393	7,03	0,00096	7,90	2,49
	10,32	0,768	7,03	0,00096	10,32	0,72
	10,13	0,467	7,03	0,00096	10,13	0,43
	8,76	0,469	7,03	0,00096	8,76	0,51
	11,19	3,028	7,03	0,00096	11,19	2,92
	9,65	0,042	7,03	0,00096	9,65	0,03
	9,48	0,001	7,03	0,00096	9,48	0,00
	7,90	2,385	7,03	0,00096	7,90	2,48
	9,18	0,073	7,03	0,00096	9,18	0,09
	<b>SS<sub>t</sub> 10,964</b>		<b>SS<sub>b</sub> 0,012</b>		<b>SS<sub>w</sub> 10,952</b>	

	SSt		MW kurz	SSb		SSw	
	x	(x-MWges) <sup>2</sup>		(MWkurz-MWges) <sup>2</sup>	x	(x-MWlang) <sup>2</sup>	
kurz	9,38	0,005	6,82	0,026	9,38	0,01	
	10,33	0,776	6,82	0,026	10,33	1,08	
	9,08	0,137	6,82	0,026	9,08	0,04	
	7,58	3,500	6,82	0,026	7,58	2,93	
	10,09	0,410	6,82	0,026	10,09	0,64	
	9,74	0,088	6,82	0,026	9,74	0,21	
	8,70	0,553	6,82	0,026	8,70	0,34	
	10,47	1,036	6,82	0,026	10,47	1,39	
	9,55	0,011	6,82	0,026	9,55	0,07	
	9,51	0,004	6,82	0,026	9,51	0,05	
	7,78	2,770	6,82	0,026	7,78	2,26	
	9,24	0,043	6,82	0,026	9,24	0,00	
		SSt	9,334	SSb	0,308	SSw	9,026
Endsumme	SSt	30,604	SSb	0,520	SSw	769,496	

Varianz SSt      0,8744  
=SSt/ 35

Varianz SSb      0,26  
=SSb/2

Varianz SSw      23,318  
=SSw / 33

Varianz SSb < Varianz SSw

Hilfszügel haben keinen erheblichen Einfluss auf die Rückenbeschleunigung in Z- Richtung

## Zu 4.2.1 und 4.2.2

## Effektivwerte der Rückenbeschleunigung

2. [m/s<sup>2</sup>]

Name	Lang links			Lang rechts			Mittel links			Mittel rechts		
	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
Pferd 11	7,53	6,45	7,97	5,52	5,41	7,82	4,67	4,85	7,43	6,43	6,80	8,37
Pferd 4	5,70	3,79	7,98	7,42	4,90	8,26	6,13	3,96	7,67	6,65	4,32	8,13
Pferd 5	5,06	5,19	10,32	4,93	4,27	10,01	5,46	4,82	10,52	6,39	4,22	10,13
Pferd 6	7,57	6,35	10,15	6,59	5,89	10,39	7,67	4,82	10,59	7,20	5,37	9,67
Pferd 9	5,01	4,52	9,30	5,31	3,85	9,31	4,75	4,15	9,41	5,35	3,56	9,81
Pferd 1	7,71	5,46	9,58	7,77	5,24	9,64	7,02	5,35	9,47	7,83	5,99	9,54
Pferd 10	8,92	6,37	10,00	7,53	4,35	9,95	8,34	5,57	9,56	6,79	4,10	9,39
Pferd 12	7,66	6,13	9,50	8,19	5,08	9,54	6,47	5,59	9,25	7,00	5,09	9,10
Pferd 7	5,44	3,72	9,09	5,80	3,43	8,69	5,02	3,26	8,71	5,78	3,61	8,81
Pferd 3	9,65	7,22	9,54	8,86	6,06	9,16	8,74	6,65	9,17	9,14	5,71	9,14
Pferd 2	11,92	6,63	10,96	11,33	6,98	10,69	11,72	6,72	10,71	10,00	6,63	10,42
Pferd 8	5,86	4,85	11,25	7,08	4,76	10,72	6,65	4,69	11,42	7,43	5,14	10,96

Name	Kurz links			kurz rechts		
	x	y	z	x	y	z
Pferd 11	6,53	0,57, 5,56	7,20	6,84	6,43	8,37
Pferd 4	4,85	3,73	7,05	6,42	4,31	8,10
Pferd 5	5,47	4,87	10,32	5,88	4,42	9,85
Pferd 6	6,62	6,53	9,97	6,66	6,35	9,70
Pferd 9	4,81	3,91	9,75	4,83	3,24	9,35
Pferd 1	7,00	5,72	9,11	8,07	6,26	9,64
Pferd 10	7,85	5,32	9,61	7,90	4,67	9,41
Pferd 12	6,26	5,73	9,34	6,08	4,81	9,14
Pferd 7	4,54	0,35, 3,43	8,36	5,40	4,42	9,05
Pferd 3	7,53	6,36	9,09	8,95	6,03	9,06
Pferd 2	10,69	5,61	10,60	9,88	6,69	10,06
Pferd 8	7,16	4,58	10,57	7,35	4,58	10,41



## Zu Abbildung 11 und 13:

Mittelwerte der Rückenbeschleunigung  
[m/s<sup>2</sup>]

	X			Z		
	Lang Mittelwert	Mittel Mittelwert	Kurz Mittelwert	Lang Mittelwert	Mittel Mittelwert	Kurz Mittelwert
Pferd 1	7,74	7,43	7,54	9,61	9,51	9,38
Pferd 2	11,63	10,86	10,29	10,82	10,57	10,33
Pferd 3	9,26	8,94	8,24	9,35	9,16	9,08
Pferd 4	6,56	6,39	5,64	8,12	7,90	7,58
Pferd 5	4,99	5,92	5,68	10,17	10,32	10,09
Pferd 6	7,08	7,41	6,64	10,27	10,13	9,74
Pferd 7	5,62	5,40	4,97	8,89	8,76	8,70
Pferd 8	6,47	7,04	7,26	10,99	11,19	10,47
Pferd 9	5,16	5,07	4,82	9,30	9,65	9,55
Pferd 10	8,22	7,56	7,88	9,98	9,48	9,51
Pferd 11	6,53	5,55	6,69	7,89	7,90	7,78
Pferd 12	7,93	6,73	6,17	9,52	9,18	9,24
Mittelwert	7,27	7,03	6,82	9,58	9,48	9,29

## Zu Abbildung 12 a-c:

	Lang links x	Lang Mittelwert	Lang rechts x
Pferd 1	7,71	7,74	7,77
Pferd 2	11,92	11,63	11,33
Pferd 3	9,65	9,26	8,86
Pferd 4	5,70	6,56	7,42
Pferd 5	5,06	4,99	4,93
Pferd 6	7,57	7,08	6,59
Pferd 7	5,44	5,62	5,80
Pferd 8	5,86	6,47	7,08
Pferd 9	5,01	5,16	5,31
Pferd 10	8,92	8,22	7,53
Pferd 11	7,53	6,53	5,52
Pferd 12	7,66	7,93	8,19

**Zu Abbildung 6:****Durchschnitt der Mittelwerte aus den Ergebnissen von linker und rechter Hand**

% von 3 kg

<b>Name</b>	<b>kurz</b>	<b>mittel</b>	<b>lang</b>
Pferd 11	17,71	20,71	11,33
Pferd 4	70,34	38,12	7,43
Pferd 5	74,89	20,14	5,20
Pferd 6	87,22	53,98	8,83
Pferd 9	139,45	84,76	11,03
Pferd 1	92,11	44,97	11,59
Pferd 10	24,75	4,09	5,18
Pferd 12	76,82	39,49	14,61
Pferd 7	28,80	38,97	14,88
Pferd 3	157,40	93,77	8,82
Pferd 2	83,48	49,76	14,83
Pferd 8	42,43	36,42	15,64
<b>Mittelwert</b>	<b>74,62</b>	<b>43,76</b>	<b>10,78</b>

Mittelwerte aus obiger Tabelle in kg

<b>Name</b>	<b>kurz</b>	<b>mittel</b>	<b>lang</b>
Pferd 11	0,53	0,62	0,34
Pferd 4	2,11	1,14	0,22
Pferd 5	2,25	0,60	0,16
Pferd 6	2,62	1,62	0,26
Pferd 9	4,18	2,54	0,33
Pferd 1	2,76	1,35	0,35
Pferd 10	0,74	0,12	0,16
Pferd 12	2,30	1,18	0,44
Pferd 7	0,86	1,17	0,45
Pferd 3	4,72	2,81	0,26
Pferd 2	2,50	1,49	0,44
Pferd 8	1,27	1,09	0,47
<b>Mittelwert</b>	<b>2,24</b>	<b>1,31</b>	<b>0,32</b>

Mittelwerte aus obiger Tabelle in Newton

<b>Name</b>	<b>kurz</b>	<b>mittel</b>	<b>lang</b>
Pferd 11	5,21	6,09	3,34
Pferd 4	20,70	11,22	2,19
Pferd 5	22,04	5,93	1,53
Pferd 6	25,67	15,89	2,60
Pferd 9	41,04	24,95	3,25
Pferd 1	27,11	13,24	3,41

Pferd 10	7,28	1,20	1,52
Pferd 12	22,61	11,62	4,30
Pferd 7	8,48	11,47	4,38
Pferd 3	46,32	27,60	2,60
Pferd 2	24,57	14,64	4,37
Pferd 8	12,49	10,72	4,60
<b>Mittelwert</b>	21,96	12,88	3,17

### Zu Abbildung 7, 8 und 9

In Newton	lang			lang			
	MW links	Max-Wert li	max- MW	MW re + li	MW rechts	Max-Wert re	max- MW
Pferd 1	4,99	19,27	14,28	5,91	1,84	7,31	5,47
Pferd 2	1,94	8,94	7,00	5,34	6,81	28,66	21,85
Pferd 3	2,44	10,78	8,34	3,82	2,76	17,14	14,38
Pferd 4	2,34	12,65	10,31	3,36	2,04	9,94	7,90
Pferd 5	1,47	4,31	2,84	2,27	1,59	7,56	5,97
Pferd 6	2,68	8,94	6,25	3,95	2,52	14,23	11,71
Pferd 7	6,63	19,17	12,54	7,71	2,15	7,68	5,53
Pferd 8	6,31	25,31	19,01	6,31	0,00	0,00	0,00
Pferd 9	3,84	32,91	29,07	5,17	2,67	22,28	19,61
Pferd 10	1,04	2,60	1,55	2,05	2,01	13,89	11,87
Pferd 11	4,91	18,94	14,03	5,80	1,77	10,24	8,47
Pferd 12	4,78	24,09	19,31	6,70	3,83	23,64	19,81
<b>MW</b>	3,62			<b>MW</b>	2,50		
<b>Stabw</b>	1,89			<b>Stabw</b>	1,62		

In Newton	mittel			mittel			
	MW links	Max-Wert li	max- MW	MW re + li	MW rechts	Max-Wert re	max- MW
Pferd 1	15,43	54,27	38,83	20,98	11,09	26,38	15,29
Pferd 2	7,99	20,55	12,56	18,67	21,36	47,95	26,59
Pferd 3	26,44	52,56	26,12	40,87	28,86	53,98	25,13
Pferd 4	13,13	38,84	25,71	17,80	9,35	33,18	23,83
Pferd 5	4,39	14,94	10,55	8,13	7,49	19,97	12,48
Pferd 6	15,06	48,31	33,25	23,45	16,78	41,50	24,72
Pferd 7	14,43	42,49	28,06	18,71	8,55	28,12	19,57
Pferd 8	10,97	43,14	32,17	16,22	10,51	39,80	29,29
Pferd 9	21,92	55,10	33,18	35,96	28,07	58,46	30,39
Pferd 10	0,94	3,10	2,16	1,67	1,48	5,12	3,65
Pferd 11	9,76	25,21	15,45	10,99	2,45	13,57	11,11
Pferd 12	10,98	36,62	25,64	17,14	12,31	29,75	17,44
<b>MW</b>	12,62			<b>MW</b>	13,19		
<b>Stabw</b>	6,97			<b>Stabw</b>	8,94		

In Newton **kurz****kurz**

	MW links	Max-Wert li	max- MW	MW re + li	MW rechts	Max-Wert re	max-MW
Pferd 1	29,43	49,83	20,40	41,88	24,89	58,01	33,12
Pferd 2	24,81	63,85	39,04	37,02	24,42	49,45	25,03
Pferd 3	47,20	58,74	11,54	70,01	45,63	59,83	14,20
Pferd 4	21,03	44,15	23,12	31,26	20,45	49,55	29,10
Pferd 5	21,45	40,37	18,92	32,81	22,72	54,11	31,38
Pferd 6	28,77	51,85	23,08	40,10	22,67	41,38	18,71
Pferd 7	8,37	29,99	21,62	12,40	8,07	35,19	27,12
Pferd 8	13,67	42,53	28,86	19,35	11,36	48,00	36,64
Pferd 9	38,12	63,93	25,81	59,47	42,70	63,21	20,51
Pferd 10	11,73	26,37	14,64	13,16	2,87	14,14	11,27
Pferd 11	6,67	22,00	15,33	8,56	3,78	18,35	14,57
Pferd 12	23,49	39,14	15,65	34,40	21,82	58,67	36,86
<b>MW</b>	22,89			<b>MW</b>	20,95		
<b>Stabw</b>	12,03			<b>Stabw</b>	13,47		

**Zu Kapitel 5**

	Verhältnis zum MW in %		
	kurz	mittel	lang
Pferd 1	123,45	102,76	107,49
Pferd 2	111,88	113,69	137,57
Pferd 3	210,94	214,25	81,84
Pferd 4	94,26	87,09	68,88
Pferd 5	100,37	46,02	48,22
Pferd 6	116,89	123,35	81,86
Pferd 7	38,60	89,05	138,04
Pferd 8	56,87	83,21	145,05
Pferd 9	186,88	193,68	102,34
Pferd 10	33,17	9,34	48,06
Pferd 11	23,74	47,31	105,13
Pferd 12	102,95	90,24	135,52