

**Medizinische Fakultät der Universität Basel
Advanced Studies**

MAS IN FUNCTIONAL KINETIC SCIENCE MFKSc

Titel der Arbeit :

Zusammenhang von Sattel, Steigbügelposition und
menschlicher Biomechanik beim Reiten

Name des Verfassers:

Debora Laumer

Adresse, Tel.-Nr.:

Steig 4

8535 Herdern

0041 79 764 60 25

Betreuer :

Andreas M. Bertram

Prof. Dr. med. Niklaus Friederich

Studiengangleitung :

Prof. Dr. med. Niklaus Friederich

Facharzt FMH Orthopädische Chirurgie
und Traumatologie des Bewegungsapparates
Sportmedizin SGSM

Andreas M. Bertram

Dipl. Physiotherapeut
Master of Sports Physiotherapy
Certified Instructor Functional Kinetic (CIFK)

Zusammenhang von Sattel, Steigbügelposition und menschlicher Biomechanik beim Reiten

Masterarbeit Debora Laumer
Universität Basel
Studiengang MFKSc

2. Oktober 2016

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	3
2	Einleitung	4
3	Theoretische Grundlagen	7
3.1	Begriffserklärung	7
3.2	Der funktionelle Reitersitz	8
3.2.1	Die hypothetische Norm des Reitersitzes	9
3.2.2	Das Gleichgewicht	10
3.2.3	Der Körperschwerpunkt und die Unterstützungsfläche des Reiters	12
3.2.4	Der Körperschwerpunkt und die Unterstützungsfläche des Pferdes	14
3.2.5	Körperschwerpunkt und Unterstützungsfläche der Funktionseinheit Pferd-Reiter	15
3.2.6	Die hypothetische Norm in der Dynamik	17
3.3	Voraussetzungen der Sattel-Kontakt-Körpersegmente für eine optimale Biomechanik	19
3.3.1	Das Körpersegment Becken	19
3.3.2	Körpersegmente Oberschenkel, Unterschenkel und Fuss	21
3.4	Beobauungskriterien	24
3.5	Die Geschichte des Reitsattels	24
3.6	Die Bauteile des heutige Sattels	25
3.6.1	Der Sattelbaum	25
3.6.2	Das Sattelblatt	26
3.6.3	Die Pauschen	26
3.6.4	Die Steigbügelauflhängung	26
3.7	Bindeglied Sattel: Passform Sattel und Reiter	27
3.7.1	Aufgabe des Sattels	27
3.7.2	Die Beckenbreite	28
3.7.3	Die Beckentiefe	28
3.7.4	Die Sitzfläche	28
4	Hypothesen	30
5	Methodik	31
5.1	Rekrutierung Reiter und Pferd	31
5.2	Versuchssetting	32
5.3	Formular zur Statikmessung	32
5.4	Computer-Satteldruck-Analyse	33
5.4.1	Analyse der Gewichtsverteilung	33
5.4.2	Einfaches Berechnen des Durchschnittwertes einer Messung	33
5.4.3	Einfaches Berechnen des Maximalwertes einer Messung	34

5.4.4	Schwerpunktsweg als Kreuz oder Linien	34
5.5	Sattelvermessung	34
5.5.1	Videoanalyse	35
5.6	Statistik	35
5.6.1	Druckmessdatenanalyse	36
5.6.2	Schwerpunktanalyse	37
5.6.3	Mathematische Definitionen	37
6	Ergebnisse	39
6.1	Ergebnisse der Videoanalyse	39
6.2	Ergebnisse der Satteldruckmessung	40
7	Diskussion	43
7.1	Diskussion der Satteldruckmessung	43
7.2	Diskussion der Fotoauswertung	45
8	Zusammenfassung	48
8.1	Beantwortung der Fragestellung	48
8.2	Biomechanik des Reiters	49
9	Ausblick	50
10	Danksagung	51
11	Anhang	52
11.1	Subjektive Wahrnehmung	52
11.2	Formulare zur Statikvermessung	53
11.3	Einverständniserklärungen der Reiter	55

Kapitel 1

Vorwort

*Erst satteln, dann reiten!
Doch ist zuzeiten
verloren der Mann,
der ohne Sattel nicht reiten kann.*

Carl Weitbrecht (1847 - 1904), deutscher Schriftsteller 'Der Kalenderstreit'

Den Reiter anhand der funktionellen Bewegungslehre zu analysieren hat mich schon lange fasziniert. Im Rahmen der Masterarbeit konnte ich dies wissenschaftlich aufgleisen und dokumentieren. Mit den zu Verfügung stehenden finanziellen und methodischen Hilfsmitteln unter Berücksichtigung der zeitlichen Limiten sind die Möglichkeiten klein. Die Visualisierung der Reiterbiomechanik ist technisch sehr aufwändig. Zusammenhänge zwischen Pferd und Reiter zu messen und darzustellen ist noch schwieriger. Nach intensiven Recherchen und Gesprächen ergab sich die Satteldruckanalyse als das Messinstrument der Wahl, um indirekt die Reiterbiomechanik und direkt deren Einfluss auf das Pferd zu erfassen.

Die Auseinandersetzung mit dem Bindeglied Sattel war der nächste Schritt - ein Testsattel musste ausgewählt werden. Trotz meinen guten Voraussetzungen im Bezug auf Anatomie, Körperwahrnehmung, Trainingszustand und Biomechanik beeinflusst der Sattel massgeblich meine Leistung.

Literaturrecheren zum Thema Sattel brachten wenig Licht ins Dunkel, weil der Reitsport vor allem auf Tradition und Überlieferung aufgebaut ist. Wenige Menschen haben sich bis anhin auf wissenschaftlicher Basis mit dem Thema auseinandergesetzt. Gerade biomechanische und physikalische Ansätze sind nur sehr begrenzt in der Literatur und im Internet zu finden. Mich frustriert, dass jede Fachperson etwas anderes erzählt, ohne dies anhand logischen, nachvollziehbaren Beweisen untermauern zu können. Für den Service eines Sattlers muss ein Reiter aber viel Geld bezahlen - und tut dies oft im völlig blinden Vertrauen auf den Experten. Nur wenige lassen von einer unabhängigen Partei beispielsweise anhand einer Satteldruckmessung und Videoanalyse die Richtigkeit der Angaben vor dem Sattelkauf überprüfen. Und noch weniger denken dabei an die Passform Reiter und Sattel.

Dank der Firma Stübben, welche ihre Sattelkonzepte auch immer wieder wissenschaftlich zu untermauern versucht, kam die Idee dieser Masterarbeit zu Stande. Das neu entwickelte EquiSoft-System schuf die perfekte Vorlage, in einer wissenschaftlichen Arbeit den Einfluss des Sattels auf die Reiterbiomechanik und die Druckverteilung unter dem Sattel zu analysieren.

Kapitel 2

Einleitung

Vor allem im Spitzensport orientieren sich Sportler an Winkeln in Bewegungsabläufen, um ihre individuelle Biomechanik zu optimieren. Diese angestrebten Winkel haben sich aus verschiedenen Beobachtungen, physikalischen Gesetzmässigkeiten und biomechanischen Modellen ergeben. Die Biomechanik eines Sportlers ist der Schlüssel zum seinem Erfolg.

Woran orientiert sich der Reiter? Welcher Reitlehrer überprüft eine Winkelstellung, korrigiert die Biomechanik seiner Reitschüler? Unfassbar aber wahr: Kaum ein Reitlehrer weiss etwas Konkretes über die reiterliche Biomechanik, Winkelstellungen oder verfügt über das didaktische Wissen, korrekte Bewegungsabläufe auch zu instruieren und zu korrigieren. Es ist ignorant und blasphemisch, wie in der Reiterwelt die einfachsten biomechanischen Gesetzmässigkeiten einfach übergangen werden. Das 'Sportgerät' des Reiters ist ein anderes Lebewesen, dessen Biomechanik der Reiter beeinflussen und steuern will. Umso mehr muss der Reiter die eigene Biomechanik präzisieren und auf hohem Niveau beherrschen.

Mary Wanless [26] setzt sich seit Jahrzehnten intensiv mit der Biomechanik des Reiters auseinander. Sie orientiert sich an der Biomechanik von Spitzenreitern, vor allem von Dressurreitern. In ihrem Buch 'Ride with your mind' bebildert Mary Wanless häufige Fehlhaltungen sowie Abweichungen der Biomechanik des Reiters und erklärt deren Auswirkungen auf das Pferd. Sie beschreibt die nötigen Korrekturen, lässt diese ausführen und dokumentiert, wie die Haltungsveränderung des Reiters sich direkt auf die Körperhaltung des Pferdes auswirkt.

Lesimple et al. [15] zeigen in einer Studie aus dem Jahre 2010, dass ein negativer Effekt auf die Körperhaltung des Pferdes direkt mit der Körperhaltung des Reiters zusammenhängt. Leider wurde in der Studie nur die Position der Hand, die Zügelänge und die Fersenstellung des Reiters betrachtet. Einmal mehr wurde das Becken und das Hüftgelenk, welche die Grundlage für die Oberkörperstellung und die Beinlage, sind nicht analysiert. Über den Einfluss der Becken- und Beinlage auf die Biomechanik von Reiter und Pferd kann somit keine Aussage getroffen werden. Klar ist, dass ein undifferenziertes Ansteuern von Muskelketten, hier anhand der hochgezogenen Ferse und der hohen Handposition, die Biomechanik des Reiters so verändern, dass das Pferd sich offensichtlich gestört fühlt und sogar das Risiko für ein schmerzhaftes Rückenleiden des Pferdes besteht. Dass Profireiter einen stabilieren Rumpf zeigen, welcher sich synchron mit dem Pferd mitbewegt, konnte eine Arbeit aus dem Bereich der Sportwissenschaft von Ködderitzsch-Frank [13] beweisen.

In einem Review über die Pferd-Reiter-Interaktion fassten Greve & Dyson [7] die wichtigsten Punkte zusammen:

- Erfahrene Reiter passen sich flexibel der Pferdebewegung an und können störende Kräfte absorbieren.
- Asymmetrien des Reiters führen zu einer asymmetrischen Druckverteilung unter dem Sattel.

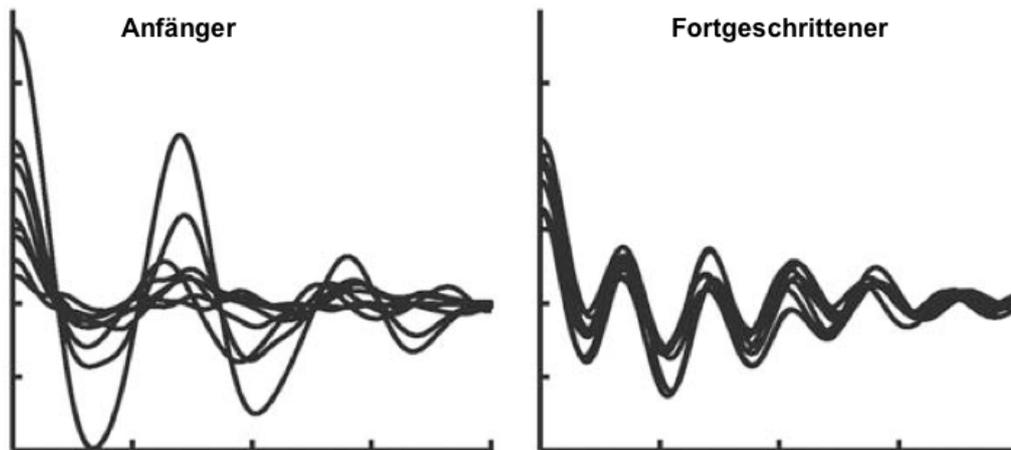


Abbildung 2.1: Autokorrelation der Beschleunigungssensoren von Anfängern und Fortgeschrittenen

- Gegenüber dem Leichttraben oder dem ausgesessenen Trab zeigen Reiter im leichten Sitz die geringsten Auslenkungen des Schwerpunktes.
- Der ausgesessene Trab führt zu den signifikant am höchsten gemessenen Kräften, die auf den Pferderücken wirken.

Studien in diesem Themenbereich von Licka et al. [16], von Peinen et al. [18] sowie von Byström et al. [4] können einige der oben genannten Aussagen untermauern. Summerley et al. [23] zeigen, wie der Reitstil respektive das reiterliche Können auch einen Einfluss auf das mechanische Verhalten des Hufes in der Standbeinphase ausübt. Das Können, sprich die Biomechanik des Reiters, haben Einfluss auf die Kräfte, mit welchen ein Pferderücken konfrontiert wird.

Es stellt sich die Frage, wie gross der Einfluss des Sattels in der Gleichung

$$\text{Reitkönnen} + \text{Sattelpassform} = \text{Druckverteilung auf dem Pferderücken}$$

ist. Das Reitkönnen kann gleichgesetzt werden mit der Biomechanik des Reiters. Die Passform des Sattels für das Pferd als auch die Passform des Sattels für den Reiter muss zur Bestimmung der Sattelpassform analysiert werden.

Eine gemeinsame Nutzung des Sattels von mehreren Reitern ist heute Tatsache - oft mit mehr oder weniger grossen Kompromissen zu Ungunsten der Passform von Reiter und Sattel. Ergebnisse der Dissertationsarbeit von Jungermann der tierärztlichen Hochschule Hannover [9] lassen auf Zusammenhänge zwischen Sattelkonstruktion und Reiterbiomechanik schliessen. In welcher Form diese Zusammenhänge bestehen und welche Konsequenzen sich dabei für das Pferd ergeben, bleibt offen. Als Vorreiter in diesem Bereich hat Schleese [?] ein Prinzip zur Evaluierung der Sattelpassform für den Reiter entwickelt und vorgestellt. Dieses berücksichtigt die Beckenform, den Hüftumfang und die Beinlänge im Steigbügel.

Zum Thema Sattelanpassung an den Reiter oder den Einfluss der Sattelkonstruktion auf die Biomechanik des Reiters war in den konsultierten Datenbanken (pubmed, OvidSP, ncbi, scienceDirect, onlinelibrary.wiley.com und GoogleScholar) nichts zu finden. Ein Grund dafür mag die Individualität des Pferdes sowie des Reiters sein, welche eine korrekte wissenschaftliche Untersuchung mit übertragbaren Resultaten stark erschweren. Alle möglichen Technologien und Formen von Sätteln sind auf dem Markt vertreten. Trotz unzähligen Empfehlungen fehlt ein einheitliches Konzept - was aufgrund der fehlenden Datenlage nachvollziehbar wird.

Wird nun die aufgestellte Gleichung:

$$\text{Reitkönnen} + \text{Sattel} = \text{Druckverteilung auf dem Pferderücken}$$

ausformuliert, entsteht folgende neue Gleichung:

$$\textit{Reitkönnen} + \textit{Sattelpassform Reiter} + \textit{Sattelpassform Pferd} = \text{Druckverteilung auf dem Pferderücken}$$

Zwei von den drei Komponenten auf der linken Seite der Gleichung werden vom Reiter beeinflusst. Es ist anzunehmen, dass die Sattelpassform für den Reiter auch einen Einfluss auf das Reitkönnen, also die Biomechanik des Reiters hat. Diese Masterarbeit untersucht genau diese zwei kursiv gedruckten Komponenten. Wie gross ist der Einfluss des Reitkönnens auf die Druckverteilung auf dem Pferderücken verglichen mit dem Einfluss den der Sattel auf die Druckverteilung auf dem Pferderücken hat? Beeinflusst der Sattel das Reitkönnen, sprich die Biomechanik des Reiters und damit auch die Druckverteilung auf dem Pferderücken massgeblich? In den folgenden Kapiteln werden die Grundlagen für das Verständnis der reiterlichen Biomechanik einerseits und den Einfluss des Sattels auf den Reiter andererseits erläutert.

Kapitel 3

Theoretische Grundlagen

3.1 Begriffserklärung

Zum besseren Verständnis werden einige Begriffe aus der funktionellen Bewegungslehre erklärt. [12], [24]

Aktivitätszustände:

Muskuläre Aktivitäten sind abhängig von der Position des Körpers im Raum und vom Kontakt des Körpers mit der Umwelt. Man unterscheidet die Spielfunktion, Stütz- und Abstützaktivität, Parkierfunktion, Hängeaktivität und Brückenaktivität.

Dorsal:

Im Bezug zum Körper in Richtung des Rückens gelegen.

Frontal:

Im Bezug zum Körper unterteilen frontale Ebenen den Körper in vordere und hintere Hälften. Die mittlere Frontalebene teilt den Körper vorne und hinten symmetrisch in zwei Hälften (den Kopf z.B. in eine Gesichtshälfte und den Hinterkopf).

Gleichgewichtsreaktionen:

Sobald eine Gewichtsverteilung eine horizontale Richtungskomponente enthält, löst sie automatische, leicht beobachtbare Gleichgewichtsreaktionen aus. Man unterscheidet: Veränderung der Unterstützungsfläche und Einsetzen von Gegengewichten.

Konstitution:

Analyse des Einflusses der Längen, Breiten, Tiefen und der Gewichtsverteilung innerhalb des Körpers auf das Bewegungsverhalten des Körpers.

Potentielle Mobilität:

Die potentielle Mobilität beschreibt die Reaktionsbereitschaft mit welcher die Muskulatur auf Bewegungsimpulse antwortet.

Reaktive Hyperaktivität:

Die normale Reaktion der gesunden Muskulatur auf eine schlechte Haltung.

Sagital:

Im Bezug zum Körper unterteilen sagitale Ebenen den Körper in rechte und linke Hälften. Die mittlere Sagalebene unterteilt den Körper rechts und links in zwei symmetrische Hälften.

Statik:

Analyse der Haltung des Körpers und deren Einfluss auf das Bewegungssystem in Form von Belastung.

Unterstützungsfläche:

Bezeichnung für die kleinste Fläche, welche die Kontaktstellen der Körperabschnitte mit der Unterlage einrahmt.

Ventral:

Im Bezug zum Körper in Richtung Bauch gelegen.

3.2 Der funktionelle Reitersitz

Welche Funktion muss ein Reiter erfüllen?

Welche Ansprüche werden damit biomechanisch an den Reiter gestellt?

Der Begriff 'funktionell' wird im Duden [5] wie folgt definiert:

'(a) auf die Leistung bezogen, durch Leistung bedingt'

'(b) die Funktion erfüllend, im Sinne der Funktion wirksam; das Funktionieren, die Funktionen betreffend, eine bestimmte Funktion habend'.

Dieses Funktionsverständnis ist die wichtigste Grundlage für alle Reiter. Das Pferd und der Reiter bilden eine Funktionseinheit, welche mit zwei Akrobaten vergleichbar ist. Das Pferd in tragender Funktion, der Reiter als derjenige Akrobat, welcher die Kunststücke auf dem Rücken seines Partners ausführt. Jede Bewegung des Reiters ist vom Pferd zu spüren und muss von diesem stabilisiert werden - wie zwei Menschen, welche zusammen Hebefiguren ausführen. Beide müssen ihre Funktion einzeln, im Wissen und unter Berücksichtigung der Funktion des anderen, ausüben können. Das Wissen um die Schwerpunktlage des Reiters, des Pferdes und der funktionellen Einheit Pferd-Reiter ist darum essentiell.

Das Pferd als 'Primärbeweger' ist zuständig für die Tätigkeit 'Bewegung' [14], und damit bestimmt das Pferd die Funktion des Reiters. Dies ist ein ganz entscheidender Unterschied zu den meisten Sportarten bei denen der Mensch selber der Primärbeweger ist. Zusätzlich erschwerend ist, dass der 'Primärbeweger' Pferd unberechenbar, unvorhersehbar und individuell reagiert. Natürlich kann biomechanisch genau definiert werden, wie ein Pferd sich bewegen kann und welche Impulse sich also auf den Reiter übertragen, respektive mit welchen Kräften der Reiter konfrontiert wird. Aber auch hier liegt die Kunst im Detail: die Nuancen in Amplitude, Frequenz und Periode der Bewegung werden nicht nur zwischen verschiedenen Pferden stark variieren sondern bereits beim gleichen Pferd eine gewisse Varianz aufweisen.

Wie von M. Mrozkowiak und D. Ambroży [17] sehr treffend beschrieben: Die Körperhaltung im Reiter - Pferd Setting soll als eine motorische Aufgabe betrachtet werden, welche Anpassungen mittels kontinuierlicher Kontrolle benötigt. Dies bedingt eine konstante Anpassung der Muskelaktivitäten auf die momentanen Anforderungen. Diese Anforderungen werden von einem spezifischen Programm in unserem Gehirn mit dem Jetzt-Zustand verglichen und anhand deren Diskrepanz werden die Anpassungen programmiert und ausgeführt. Ohne eine echte Reitsituation wird dieses Programm nicht entwickelt und modifiziert, genau wie bei jeder anderen Sportart auch der spezifische Bewegungsablauf trainiert werden muss. Die Qualität und Quantität dieser Bewegungen schaffen dann die Struktur und damit die Funktion. Jede Adaption in diesem komplexen System ist folglich funktionsspezifisch. [2]

Für das korrekte Verständnis der Funktionseinheit Pferd-Reiter, muss die komplexe Pferd-Reiter-Interaktion auf Primärbewegungen, weiterlaufende Bewegungen und differenzierte Gleich-

gewichtsreaktionen präzise analysiert und interpretiert werden.

S. Klein-Vogelbach hat dies anschaulich geschildert: 'Es muss ein Schema und Beobachtungskriterien geben, welche mit Hilfe von definierten Terminologien aus der Mathematik, Physik, Anatomie und Physiologie Regeln aufstellen, anhand derer approximative Vergleiche über Haltung und Bewegung gemacht werden können. [12] Dieses Schema wird anhand der hypothetischen Norm geschaffen und davon können Beobachtungskriterien abgeleitet werden.

3.2.1 Die hypothetische Norm des Reitersitzes

Die hypothetische Norm eines Körpers ist die Idealvorstellung der Konstitution und damit auch von Haltung und Bewegung. Die hypothetische Norm des menschlichen Körpers beruht auf einem Mittelwert von Beobachtungen vieler Menschen, und ist ein relativ grober Vergleichsparameter um Abweichungen des Bewegungsverhaltens zu erkennen. Wie in Abb 3.1 zu erkennen, ist die hypothetische Norm genau vermessen, und kann als Schema und Leitfaden zur Analyse eines Körpers benutzt werden.

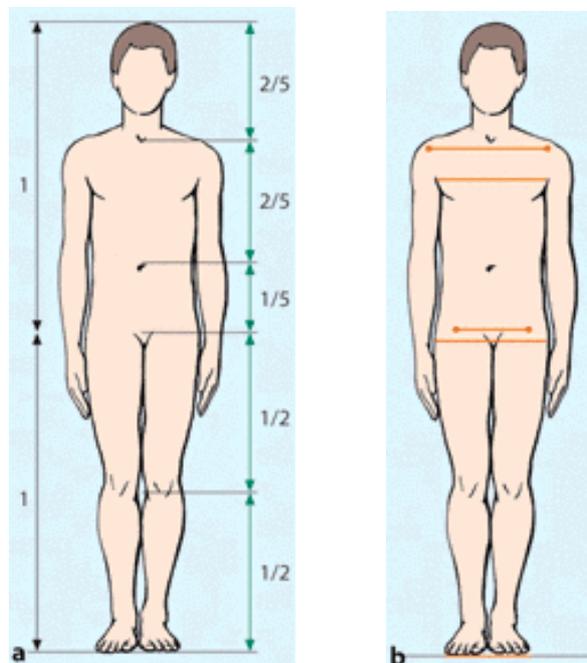


Abbildung 3.1: Konstitution; a: Längen der hypothetischen Norm, b: Breiten der hypothetischen Norm

Jeder Körper wird auf Längen, Breiten, Tiefen und Gewichtsverteilung analysiert und zur Vereinfachung dafür in einzelne funktionelle Segmente gegliedert. Jeder Körperabschnitt bildet eine funktionelle Einheit mit typischen Eigenschaften und Aufgaben im Bewegungsverhalten. Die einzelnen Abschnitte stehen in enger Wechselbeziehung mit den benachbarten Abschnitten.

U. Künzle [14] gliedert in ihrem Buch zur Hippotherapie den Rumpf in drei funktionelle Abschnitte: Becken, Bruskorb und Kopf.

Da die Beine in der Hippotherapie aus therapeutischen Gründen ruhig und entspannt am Pferd anliegen sollen (in Parkierfunktion), werden diese nicht als funktioneller Abschnitt aufgelistet. Trotzdem wird eine genaue Lage und Stellung der Beine angestrebt, welche in den nachfolgenden Kapiteln erklärt wird, und sich mit dem funktionellen Reitersitz im Sportreiterbereich weitgehend deckt.

M. Mrozkowiak und D. Ambroży [17] schlagen eine Gliederung in acht Segmente vor, weil es nicht möglich ist den menschlichen Körper als stabile Struktur aus kubischen Blöcken zu

definieren, und ihn dann unter quasi statischen und dynamischen Bedingungen zu analysieren. Ein fundamentaler Faktor im menschlichen Körper zur Erhaltung des Gleichgewichtes ist die Wirbelsäulenkrümmung und deren Flexibilität, welche sich so adaptiert, dass die Schwerlinien auf die Unterstützungsfläche der gesamten Struktur fallen. Unter Berücksichtigung der natürlichen Wirbelsäulenkrümmung wird deswegen die Unterteilung der Körperabschnitte in entgegengerichtete pyramidenförmige Trapezoide, wie in Abb. 3.2 zu sehen ist, begründet und vorgeschlagen. Bei diesem Modell werden die Dynamik, alle Abschnitte und Gelenke der kinema-

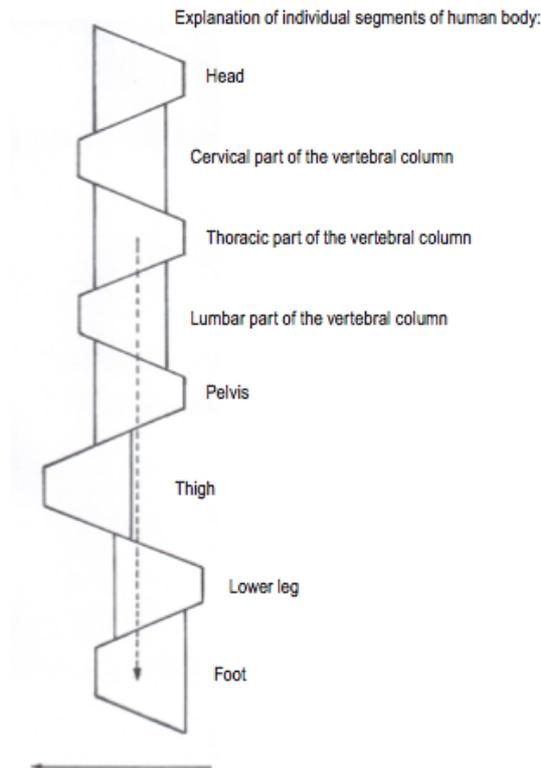


Abbildung 3.2: Einordnung der acht Körpersegmente beim Reiter; statische Konditionen

tischen Ketten, wie auch Beweglichkeitsdefizite in einzelnen Gelenken und deren Auswirkungen mit einbezogen. Das Hüftsegment ist beim Reiter im aufrechten Sitz nach ventral verschoben, das Unterschenkelsegment dagegen etwas nach dorsal, ähnlich einer Kniebeugeposition, wobei sich der gesamte Körper immer noch im Gleichgewicht befindet.

Das Gleichgewicht wird gewährleistet, da sich der Körperschwerpunkt immer noch über der Unterstützungsfläche befindet. Denn der Körperschwerpunkt und die Unterstützungsfläche bestimmen das Gleichgewicht eines Körpers. Neutralisiert sich die Summe aller Kräfte, die auf den Körper einwirken, befindet sich der Körper im Gleichgewicht. Im Sinne der Ökonomie strebt jeder Körper eine möglichst stabile Gleichgewichtslage an. [24]

3.2.2 Das Gleichgewicht

S. Klein-Vogelbach sieht dieses Bestreben das Gleichgewicht zu erhalten in der spontanen und unbewussten Einordnung der Körperabschnitte in die virtuelle Körperlängsachse. Diese Einordnung ist mit dem Bestreben des Körpers nach Ökonomie, also möglichst geringem Energieverbrauch statisch wie auch dynamisch erklärbar.

Im stabilen Gleichgewicht befindet sich ein Körper laut S. Klein-Vogelbach, wenn sich der Körperschwerpunkt über der Mitte der Unterstüzungsfäche befindet und diese durch mindestens drei Auflagepunkte bestimmt ist. Auch wenn der Körperschwerpunkt sich unterhalb des Drehpunktes befindet, wird von einer stabilen Gleichgewichtslage gesprochen. Mit nur zwei Auflagepunkten kann sich ein Körper nicht im stabilen Gleichgewicht befinden, ausser wenn die zwei Auflagepunkte von einer ganze Fläche (wie z.B. der Fussfläche beim Stehen inkl. der dazwischenliegenden Fläche) gebildet werden. Um im Gleichgewicht zu bleiben, muss der Mensch die auf ihn wirkenden Kräfte ausgleichen, also eine Gleichgewichtsreaktion ausführen.

Dies kann der Mensch durch die Veränderung der Unterstüzungsfäche und/oder dem Einsatz von Gegengewichten tun. Wenn die Unterstüzungsfäche nicht verändert werden kann, können Gewichtsverschiebungen mit Gegengewichten begrenzt werden (Abb. 3.3). Können oder dürfen auch keine Gegengewichte eingesetzt werden, kann eine Gewichtsverschiebung durch stabilisierende Muskelaktivitäten begrenzt werden. Dabei erhöht sich der Druck innerhalb der Unterstüzungsfäche. Gleichgewichtsreaktionen treten oft als eine Kombination der oben beschriebenen Möglichkeiten auf. [24]

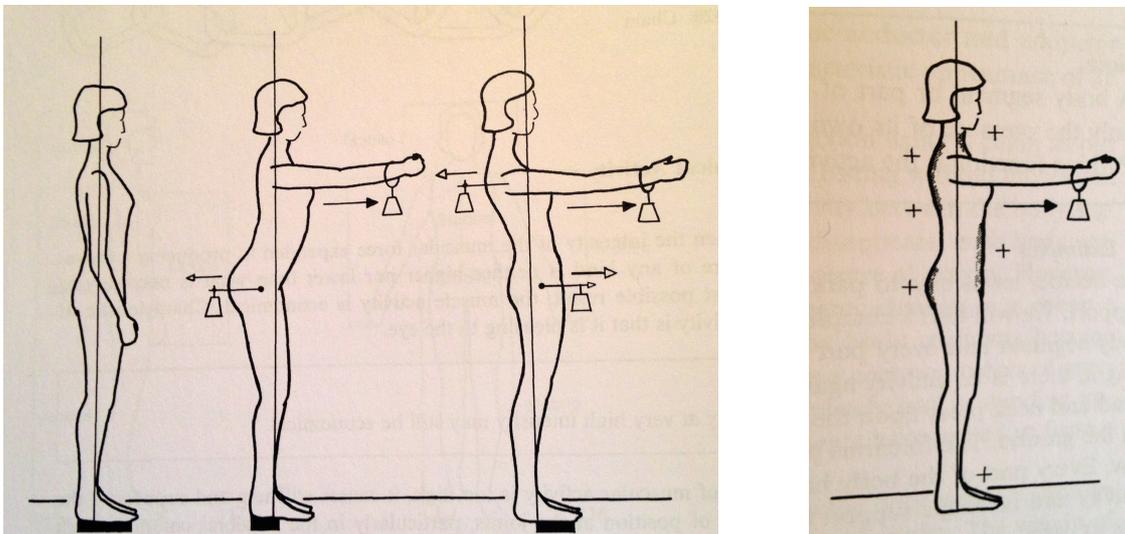


Abbildung 3.3: Gleichgewichtsreaktionen oder Gegenaktivität der Muskulatur (+) zur Erhaltung des Gleichgewichtes

Die Möglichkeiten des Reiters seine Unterstüzungsfäche zu verändern sind durch seine Position auf dem Pferderücken eingeschränkt. Die Grösse und Beschaffenheit der Unterstüzungsfäche bestimmt die Biomechanik des Menschen. M. Mrozkowiak und D. Ambrozy [17] geben die Stabilitätsgrenze des Menschen im Stand als die Unterstüzungsfäche inklusive einer zusätzlichen Sicherheitszone von 5-7cm an. Verschiebt sich der Körperschwerpunkt ausserhalb dieser Sicherheitszone, reicht die Muskelkraft alleine als Kompensation im Sinne einer Tonuserhöhung nicht aus. Der Einsatz von Gegengewichten und/oder die Veränderung der Unterstüzungsfäche müssen möglich sein. Für den Reiter sind beide Gleichgewichtsreaktionen jedoch nur sehr begrenzt möglich. Seine Unterstüzungsfäche wird teilweise vom Pferd definiert und der Einsatz von Gegengewichten durch die vorgegebene, sitzende und relativ labile Position auf dem Pferd begrenzt. Der Reiter ist also besonders darauf bedacht, seinen Schwerpunkt innerhalb der Unterstüzungsfäche zu halten und eine möglichst stabil Ausgangslage einzunehmen (siehe Abb. 5.5). Mit Hilfe des Sattels schafft sich der Reiter eine stabilere Unterstüzungsfäche, durch den Sitz in einer Kniebeugeposition vergrössert er seine Unterstüzungsfäche.

3.2.3 Der Körperschwerpunkt und die Unterstützungsfläche des Reiters

Im betrachteten Fall von M. Mrozkowiak und D. Ambroży in Abb. 3.2 sind der Körperschwerpunkt und der Masseschwerpunkt des Reiters identisch, da auf der Erde das Gravitationsfeld von kleinen Objekten wie von einem Auto, Flugzeug etc. homogen ist. Die oszillierende Schwerlinie des Körperschwerpunktes vom Reiter fällt dabei vor der Fibula in das Zentrum der Unterstützungsfläche. Im Stand ist der Körperschwerpunkt des Menschen ungefähr bei 53-60%

Berechnung Körperschwerpunkt

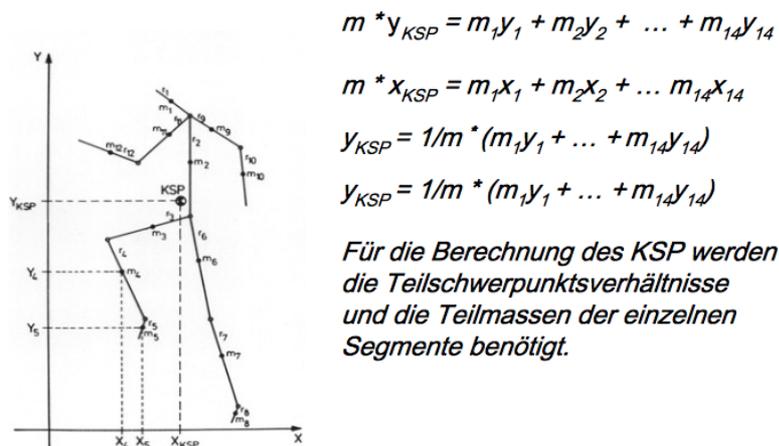


Abbildung 3.4: Berechnung des Körperschwerpunktes

seiner Körpergröße. Durchschnittswerte für junge Männer werden bei 56.5%, für junge Frauen bei 55.5% angegeben. Diese geringen Differenzen werden durch die unterschiedliche Anatomie der Geschlechter, d.h. den kräftigeren Schultern der Männer und dem ausgeprägteren Becken der Frauen verursacht. Bei Kindern ist der Körperschwerpunkt höher gelegen, wegen der relativ höheren Masse des Kopfes und geringeren Masse der Beine. Je nach individueller Konstitution und Statik (Trainingszustand etc.) kann der Körperschwerpunkt also etwas variieren. Somit liegt der Körperschwerpunkt im Stand ungefähr 2.5-5 cm vor dem zweiten Sacralwirbel auf Höhe der Beckensymphyse. Beim Reiter verschiebt sich der Körperschwerpunkt durch die Zügelhaltung nach vorne, und durch das Anwinkeln der Beine nach oben. Die Gravitationskraft muss in jedem Körpersegment ausbalanciert werden [10]. Wenn nun jedes Körpersegment auf einem anderen, ähnlichen Segment plaziert ist, repräsentieren die Gelenke die Unterstützungsflächen für die jeweiligen Segmente. Diese Unterstützungsflächen sind sehr klein und das Ausbalancieren des jeweiligen Segmentes kann sehr schwierig sein. [17]

Zum Beispiel balanciert der gesamte Rumpf über das Becken nur auf den Flächen der Oberschenkelköpfe links und rechts.

Weder die Schwerpunkte der einzelnen Segmente noch die Drehpunkte der Gelenke, welche die Segmente verbinden, weisen eine gemeinsame Schwerlinie auf. So liegt die Schwerlinie vom Sacralwirbel 1 z.B. zwischen Brustwirbel 7 und 8, diejenige von Lendenwirbel 2 zwischen Brustwirbel 4 und 5. [10]

Muskelaktivitäten werden reaktiv ausgelöst um die aufrechte Position garantieren zu können. Dazu kommt die Atembewegung, der Muskelzittern und die Herzbewegung, welche als auslenkende Kräfte wirksam sind. Das Gleichgewicht muss also aktiv gehalten werden, der menschliche Körper ist immer in Bewegung. Die Stabilität des Reiters hängt laut M. Mrozkowiak und D. Ambroży [17] von zwei Faktoren ab:

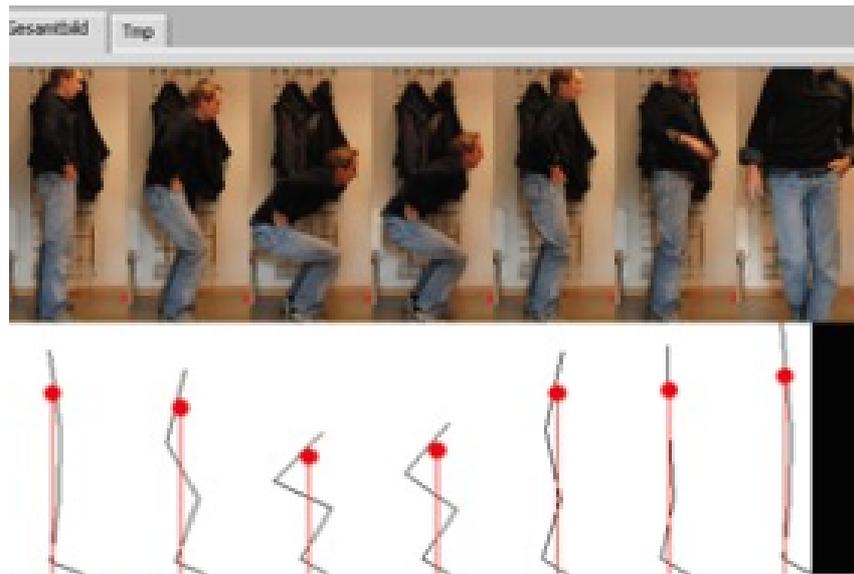


Abbildung 3.5: Lage des Körperschwerpunkt bei Kniebeugen - analog Reiter

1. Direktes Monitoring der gesamten Körperschwerlinie in Bezug auf ihre Unterstützungsfläche, welches das propriozeptive Feedback der Hüftgelenke und der Fussgelenke des Reiters involviert.
2. Änderungen in der Spannung und Länge der Beckenmuskulatur des Reiters, wie auch der Gelenkwinkel und der Druckverteilung der Kontaktflächen mit dem Sattel und Steigbügel - durch Deviation der gesamten Körperschwerlinie hervorgerufen.

Die optimale Gelenkposition für eine ökonomische Bewegung bei kleiner Unterstützungsfläche kann mit einer gewissen Ungenauigkeit bestimmt oder zumindest eingeschätzt werden.

Die vertikal projizierte Unterstützungsfläche des Reiters ergibt sich aus der Kontaktfläche der abduzierten Hüften und Unterschenkel mit dem Sattel, sowie der Kontaktfläche der Füße mit dem Steigbügel. Diese Unterstützungsfläche kann berechnet werden. Es darf von einer Fläche mit den Massen 76-85 cm x 4 cm (vertikale Distanz zwischen den äusseren Steigbügelkanten x Breite der Steigbügel) ausgegangen werden (Vergleich Abb 3.6 im Zweibeinstand linke Bildhälfte).

Die sagittale Ausdehnung mit 4 cm ist nur dann korrekt, wenn der Reiter sein Gewicht hauptsächlich im Steigbügel platzieren würde. Stützt der Reiter sein Gewicht mehrheitlich über die Sitzfläche und die Oberschenkel ab, vergrössert sich die sagittale Unterstützungsfläche. Die maximale anterior-posteriore Ausdehnung des Rumpfes erreicht ca. 35 cm. Diese 35 cm werden durch die Kniebeugeposition, welche der Reiter im Sitz einnimmt, bestimmt. Sie berechnen sich aus der Sitzfläche und der Auflage der Oberschenkel bis zum Kniegelenk. Das Reitergewicht wird genau von dieser Unterstützungsfläche getragen. Die Höhe der Wirbelsäule, die darüber stabilisiert werden muss, liegt oft bei 100 cm. Je näher die Hauptauflage am Schwerpunkt des Reiters desto stabiler und ökonomischer ist der Sitz des Reiters.

Sobald der Reiter sich beim Leichttraben im Sattel erhebt, reduziert sich seine Unterstützungsfläche, weil das Gesäss den Sattel verlässt. Der Oberschenkel fungiert nun als Hebel einer Waage: auf der einen Seite des Hebels ist das Rumpfgewicht, auf der anderen Seite der Unterschenkel und Fuss. Da der Rumpf viel mehr wiegt als der Unterschenkel, muss der Drehpunkt des Hebels, d.h. der Auflagepunkt des Reitergewichtes, möglichst nahe am Rumpf sein. Der Reiter sollte sich also auf dem rumpfnahen Anteil seiner inneren Oberschenkel abstützen. Umso punktueller sich der Reiter abstützt, desto schneller ist eine Gegenbewegung zur Wahrung des Gleichgewichtes nötig. Zusätzlich bewegt sich die Unterstützungsfläche im Raum und ver-

formt sich dabei, der Reiter muss sein Gleichgewicht andauernd neu kalkulieren und darauf reagieren. Bei ungenügenden Fähigkeiten des Reiters ist dieses Stabilitätsproblem am Pendeln des Unterschenkels, wenn dieser als Gegengewicht eingesetzt werden muss, oder am Oberkörper (Vor-, Rücklage) zu beobachten.

Optimalerweise zeigt die Unterstützungsfläche eine deutliche sagitale Ausdehnung um dieses Stabilitätsproblem möglichst klein zu halten. Dies geschieht nur, wenn das Reiterbein eine gewisse Winkelung im Hüftgelenk aufweist, der Reiter eine Kniebeugeposition im Sitzen einnimmt. Mary Wanless [26] spricht deshalb von einem Hüftgelenkwinkel von $40^\circ - 45^\circ$, welcher nicht unterschritten werden soll.

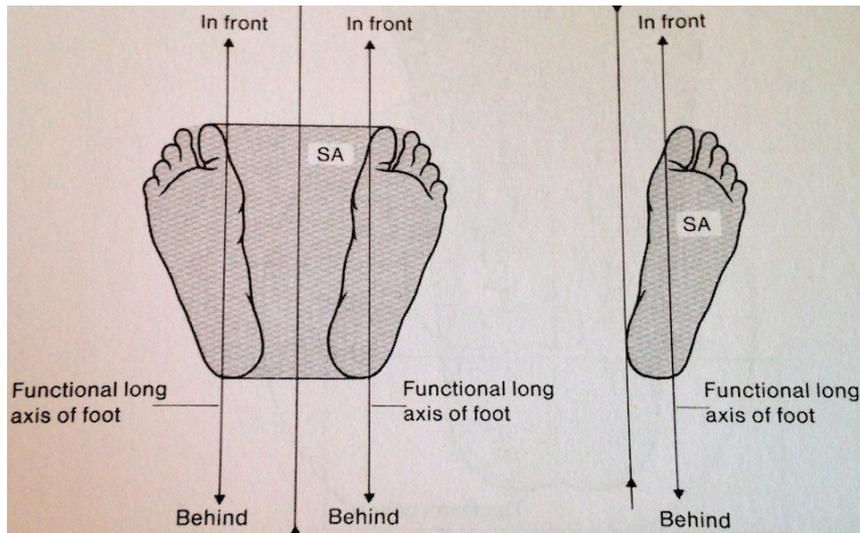


Abbildung 3.6: Unterstützungsfläche (grau) im Zwei- und Einbeinstand

Hieraus wird ersichtlich, dass die Unterstützungsfläche auf dem Sattel in sagitaler Ausdehnung mit ca. 35 cm geringer ist als in frontaler Ausdehnungen mit ca. 60 cm. Damit werden in der Sagitalebene hohe Ansprüche an die Haltungskontrolle des Reiters gestellt. Zusätzlich ist die Kraft, die durch die Vorwärtsbewegung vom Pferd auf den Reiter übertragen wird, in dieser Ebene viel grösser.

Da die Anordnung der Körperabschnitte zueinander eng mit muskulärer Aktivität zusammenhängt, kann folgende Gesetzmässigkeit formuliert werden [12]: Umso kleiner die Unterstützungsfläche des Körpers/Körperabschnittes, desto mehr potentielle Mobilität ist für eine ökonomische Bewegung nötig, weil die Instabilität des Gleichgewichtes ein hohes Mass an Reaktivität der Muskulatur verlangt.

3.2.4 Der Körperschwerpunkt und die Unterstützungsfläche des Pferdes

Wie in Abb. 3.7 zu erkennen ist, liegt der Körperschwerpunkt des Pferdes im Brustbereich. Von oben her betrachtet liegt er etwas vor dem Kreuzungspunkt der Diagonalen, des durch die Verbindungslinien der Extremitäten gebildeten Rechteckes der Unterstützungsfläche (3.8).

In der Bewegung verschiebt sich der Schwerpunkt laufend. Das Pferd schiebt mit einer Hinterextremität den Körper nach vorne, wodurch auch der Schwerpunkt in die Bewegungsrichtung verlagert wird. Gleichzeitig wird eine Vorderextremität nach vorne gestreckt. Bevor der Schwerpunkt über die vordere Kante der Unterstützungsfläche geschoben wird, fusst das Pferd mit der Vorderextremität auf. Damit verlagert es seine Unterstützungsfläche wieder unter den Schwerpunkt und bleibt im Gleichgewicht. Zu seitlichen Verlagerungen des Schwerpunktes

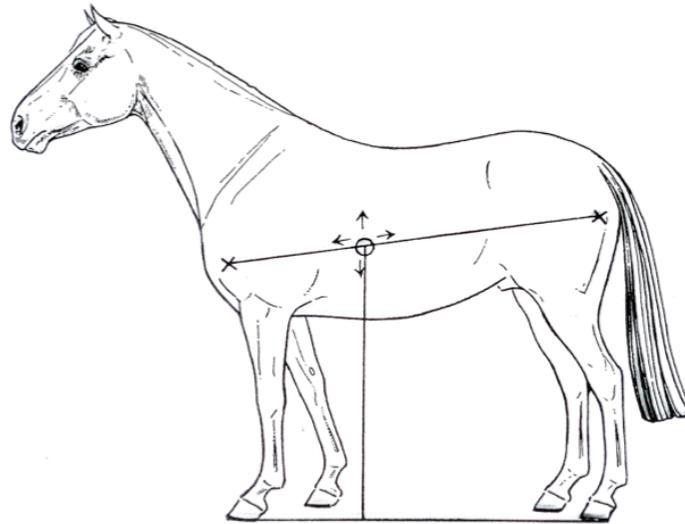


Abbildung 3.7: Körperschwerpunkt des Pferdes; die Pfeile weisen auf die geringe Verlagerung des Schwerpunktes in Ruhe hin.

kommt es bei Wendungen, Seitengängen, Fluchtreaktionen und beim Aufsteigen des Reiters. Wird der Schwerpunkt seitlich über die Kante der Unterstützungsfläche geschoben, verliert das Pferd das Gleichgewicht und stürzt. [21]

Die vom Reitpferd grundsätzlich erwartete Leistung lässt sich wie folgt definieren: Das Pferd soll sich mit dem Reiter auf seinem Rücken im Gleichgewicht in allen Gangarten vorwärts bzw. seitwärts bewegen. Wie in Abb. 3.9 zu sehen ist, kann die Unterstützungsfläche des Pferdes mit derjenigen des Menschen im Vierfüßlerstand verglichen werden. [12]

Bemerkenswert ist der Vergleich bei unterschiedlichen Grössen der Unterstützungsflächen, beispielsweise bei vier Beinen am Boden zu zwei Beinen am Boden, wie dies im Trab geschieht. Im Galopp gibt es sogar Momente, in welchen das Pferd sein Gewicht über der Unterstützungsfläche von einem Huf balancieren muss.

3.2.5 Körperschwerpunkt und Unterstützungsfläche der Funktionseinheit Pferd-Reiter

Der gemeinsame Körperschwerpunkt von Pferd und Reiter befindet sich über dem Körperschwerpunkt des Pferdes, und beim optimalen Reiten relativ lotrecht und nahe darüber. In Abb. 3.10 ist die geschätzte Lage der Schwerpunkte des Reiters, des Pferdes sowie der gemeinsame Körperschwerpunkt eingezeichnet. Der gemeinsame Körperschwerpunkt sollte verglichen mit dem Körperschwerpunkt des Reiters keine grösseren Abweichungen vom Zentrum der gemeinsamen Unterstützungsfläche erfahren. Sonst muss das Pferd diese Diskrepanz mit Muskelaktivitäten oder Gleichgewichtsreaktionen ausgleichen und wird in seinem Bewegungsverhalten gestört.

Die gemeinsame Unterstützungsfläche ist einfach zu berechnen, da der Reiter auf dem Pferd sitzt. Die Unterstützungsfläche des Reiters kann auf diejenige des Pferdes projiziert werden und sollte im Optimalfall für das Pferd deckungsgleich mit dessen Unterstützungsfläche sein. [17] Dies wird jedoch durch die Beinlage des Reiters seitlich am Rumpf des Pferdes nur der Fall sein, wenn sich der Reiter auf seiner Kontaktfläche zum Pferd abstützt. Sobald die Steigbügel belastet werden, wird eine Fläche belastet, welche in der Projektion ausserhalb der Unterstützungsfläche des Pferdes liegt. Bei sehr geringer und symmetrischer Belastung des rechten und linken Steigbügels mag dies für das Pferd irrelevant sein. Sobald die Belastung aber asymme-

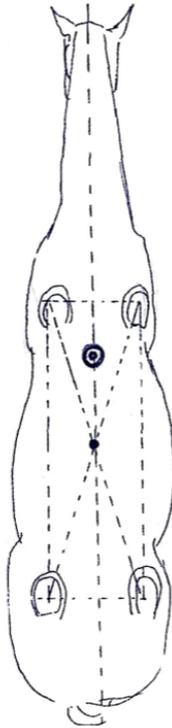


Abbildung 3.8: Unterstütsungsfläche und Körperschwerpunkt des Pferdes von oben.

trisch wird und das Pferd seine Unterstütsungsfläche wie im Trab auf einen diagonalen Balken reduziert, ist das Potential der Störung des Gleichgewichtes enorm. Für den Reiter wird beim Leichttraben die Unterstütsungsfläche in sagitaler Ebene noch geringer, da er sich zyklisch im Sattel erhebt. Belastet nun der Reiter den Steigbügel mit viel Gewicht während dem Aufstehen im Sattel, wird die sagitale Ausdehnung der Unterstütsungsfläche hauptsächlich durch den Steigbügel mit 4 cm definiert. Dies ist mit dem Stand auf einem 4 cm breiten Holzbalken zu vergleichen, auf welchem der Körperschwerpunkt stabilisiert werden muss. Dies sind zwei klare Beweise für die von Mary Wanless [26] schon lange proklamierte, möglichst minimale Steigbügelbelastung und Belastungsaufnahme über den inneren, dem Pferd anliegenden Anteil des Oberschenkels. Die Unterstütsungsfläche des Reiters muss in jedem Fall deutlich mehr als 4 cm in sagitaler Ausdehnung betragen, und liegt möglichst im Zentrum der Unterstütsungsfläche des Pferdes.

Das Leichttraben ist damit nicht nur für das Pferd sondern auch für den Reiter extrem schwierig. Gerade deshalb ist die Korrektheit der Biomechanik und das Erkennen von Fehlern essenziell. Hier ist anzumerken, dass beim Leichtreiten im Trab eine sehr kleine und instabile Unterstütsungsfläche für den Reiter vorhanden ist. Kleine Änderungen der Winkelstellungen lösen sofort eine Gleichgewichtsreaktion aus, die potentielle Mobilität für ein ökonomisches Bewegungsverhalten ist sehr gross. [12]

Der Toleranzbereich in welchem Änderungen mit geringem Aufwand kompensiert werden können ist abhängig von individuellen Voraussetzungen aber auch von der Ausgangsstellung der Körpersegmente. Daher können mit relativer Genauigkeit und Präzision optimale Winkelstellungen für biomechanische Abläufe festgelegt werden.

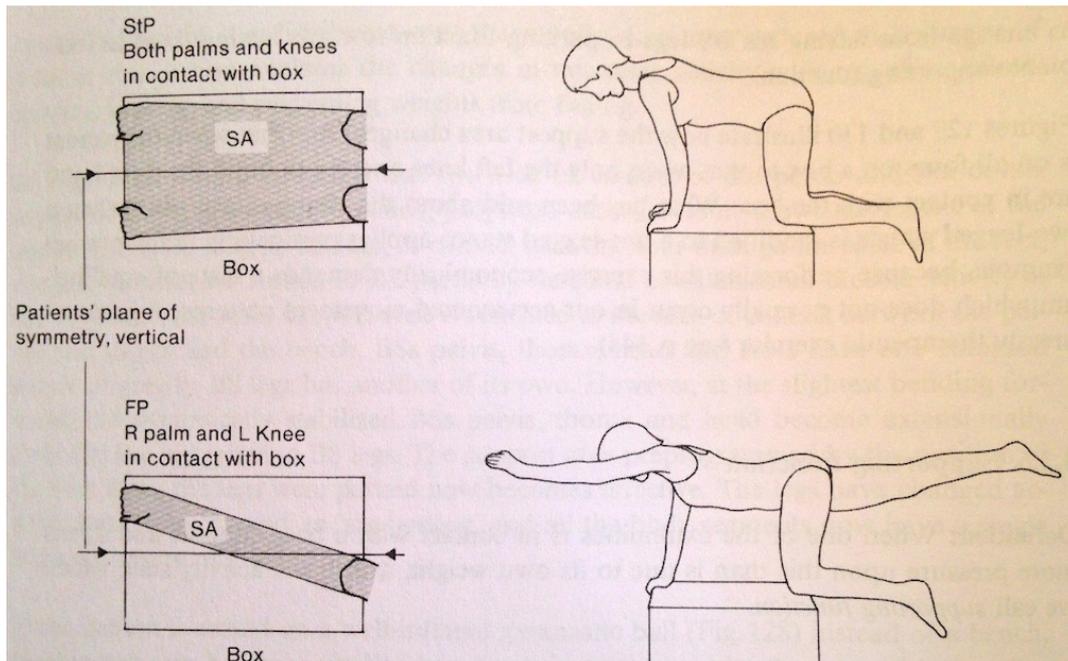


Abbildung 3.9: Unterstützungsfäche (grau) im Vierfüssler - analoges gilt für das Pferd.

3.2.6 Die hypothetische Norm in der Dynamik

Auch in der Dynamik müssen folgende Punkte für die Balance des Reiters erfüllt werden:

1. Die Schwerlinien jeder der acht Trapezoidsegmente fallen in die Kontaktfläche der angrenzenden Segmente und nicht ausserhalb des aktuellen Stabilitätslimites.
2. Die unteren Körpersegmente kreieren eine genügend grosse Unterstützungsfäche für den gesamten Körper.
3. Die Verbindungen der einzelnen Körpersegmente sind stark genug (abhängig von Bänder, Sehnen, Muskulatur).

Zu den beschriebenen natürlichen körperinternen Bewegungen kommt eine gewollte räumliche Bewegung hinzu. Die Haltungskontrolle des Menschen wird dabei von externen und internen Referenzen gewährleistet. Diese Referenzen ermöglichen antizipatorische und reaktive Korrekturen. Die Qualität der dynamischen Haltungskontrolle wird durch die Leitsignale und deren benötigte Ausführungszeit limitiert.

Daraus ergibt sich eine Reaktionsverspätung der Haltungskontrolle von 180 ms des Vestibularsystems, 0.5 s des Visuellensystems und 1- 2 s für Korrekturen der Kontrolle der subjektiv wahrgenommen Vertikalen. Für den Reiter sind die Impulse aus den Hüftgelenken die Hauptstimuli, welche zur Steuerung der Haltungskontrolle benötigt werden. [17]

Für das Pferd bedeutet der Trab eine ausschliesslich diagonale 2-Beinstütze (2-Takt), fast nur Vorwärtsbewegung mit sehr wenigen Seitwärtsschwingungen. Dieser diagonale Synchronismus bedeutet ein Wechsel zwischen den zwei Stützkonstellationen. Das diagonale stützende Gliedmassenpaar gibt, bevor es sich vom Boden löst, dem Rumpf einen Stoss nach oben (Hochwerfen des Reiters im Sattel) während das Hinterbein den Antrieb nach vorne gibt. Das Abstossen nach vorne oben ermöglicht der Vordergliedmasse sich vom Boden zu heben, bevor die gleichseitig nach vorne schwingende Hintergliedmasse unmittelbar hinter oder in der Spur aufsetzt. Je kräftiger der Abstoss der Hinterhand ist, desto schwungvoller wird der Trab und desto grösser die Möglichkeit für den Rücken zu schwingen.

Dies gleicht einem Federmechanismus. Die Gliedmassen nehmen in der Stützbeinphase Ener-



Abbildung 3.10: Gemeinsamer Schwerpunkt approximativ

gie auf, in dem sie abfedern und Gewicht tragen, und wandeln diese Energie beim Stemmen und Abstossen in Kraft um. Um eine gute Kraftübertragung zu gewährleisten, muss der Rücken des Pferdes eine solide Basis für die Gliedmassen bilden. Je schneller das Tempo wird, desto fester muss der Rücken sein. Der Trab ist wegen dem diagonalen Synchronismus die Gangart, in welcher der Rücken des Pferdes am wenigsten Bewegung erfährt. [21]

Durch die Stöße nach vorne oben bietet sich das Leichttraben, in Form eines 'Aufstehens' im Sattel, fast von selber an. Dies sollte möglichst synchron mit der Vorwärtsbewegung des Pferdes einhergehen (Abb. 2.1 [13]). Jegliche Schwerpunktverlagerung seitwärts stört das Pferd im Gleichgewicht und bringt den gemeinsamen Körperschwerpunkt in Grenznähe der schmalen, diagonalen Unterstützungsfläche. Dabei darf nicht vergessen werden, dass der Reiter die Schwerpunktlage des Pferdes erhöht. Weiter vom Pferderumpf entfernt gelegene Körperabschnitte des Reiters lösen schon bei kleinen Bewegungen eine Schwerpunktverlagerung aus (Strahlensatz, Hebelgesetz).

Die Möglichkeit des Reiters, sich in einer funktionellen Einheit harmonisch mit dem Pferd zu bewegen, erfordert Balance und Stabilität, individuelle, komplexe und spezifische Fähigkeiten. Diese werden nur durch die Einhaltung der physikalischen und biomechanischen Gesetzmäßigkeiten ermöglicht. Anhand Abb 3.11 ist ersichtlich, wie wichtig die korrekten Winkelstellungen sind, um die Aktivierung der richtigen Muskeln im richtigen Mass und zum richtigen Zeitpunkt zu gewährleisten. Die Abbildung zeigt Pferd und Reiter vor und nach der Korrektur der Steigbügellänge, Beinlage am Sattelblatt und verbaler Instruktion zum qualitativen und quantitativen Einsatz der Rumpf- und Beinmuskulatur. Die optimalen Winkelstellungen in den Gelenken der Kontaktsegmente Becken und Beine können mit relativer Genauigkeit bestimmt werden und sind Thema der nächsten Kapitel.

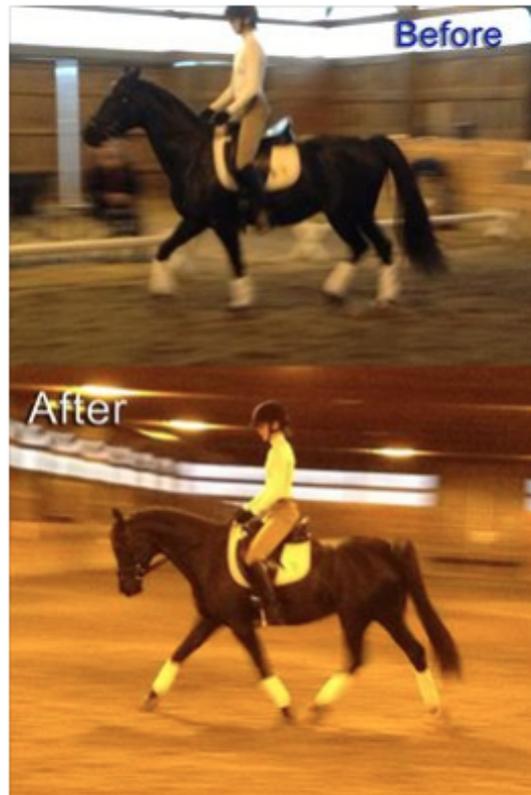


Abbildung 3.11: Auswirkung der Biomechanik des Reiters auf das Pferd

3.3 Voraussetzungen der Sattel-Kontakt-Körpersegmente für eine optimale Biomechanik

3.3.1 Das Körpersegment Becken

Das Becken als Fundament des Sitzens muss genauer hinsichtlich seiner Biomechanik beim Reiten betrachtet werden. Beim Sitzen ist die Beckenposition ausschlaggebend für die Möglichkeit, welche dem Menschen bleiben, seine darüberliegenden Körperabschnitte (Brustkorb und Kopf) auszurichten. Theoretische Konklusionen zeigen laut Klein und Sommerfeld [11], dass die Beckenfunktion einen engen Zusammenhang mit dem Knie und Fuss einerseits, und massgeblich Anteil am Gleichgewicht der gesamten Wirbelsäule andererseits hat. Jegliche Korrekturen der Körperhaltung, welche bei fehlerhafter Beckenposition gemacht werden, sind einerseits energieaufwendig oder unmöglich, und führen immer zu einem Verlust an potentieller Beweglichkeit und Reaktionsvermögen.

Das Becken ist Teil des Hüftgelenkes und des Kreuzdarmbeingelenkes. Damit ist es die Verbindung der Beine zur Lendenwirbelsäule. Die Lendenwirbelsäule ist über den fünften Lendenwirbel direkt mit dem Kreuzbein verbunden, welches durch ein straffes Gelenk (Amphiarthrose) mit dem Darmbein des Beckens verbunden ist. Weil die Bewegungen im Kreuzdarmbeingelenk so gering sind [11], kann davon ausgegangen werden, dass diese beim Reiten nicht isoliert vorkommen. Sie genügen nicht, um die nötigen Beckenbewegungen des Reiters zu ermöglichen. Somit werden diese in der vorliegenden Arbeit vernachlässigt, im Bewusstsein, dass sobald eine Beckenbewegung stattfindet auch immer Bewegungen im Kreuzdarmbeingelenk stattfinden. Beim Sitzen ist das Becken über die Sitzbeinhöcker das Bindeglied zwischen Mensch und Sitzfläche. Im Falle des Reiters ist das Becken das Bindeglied zwischen dem Reiter und dem

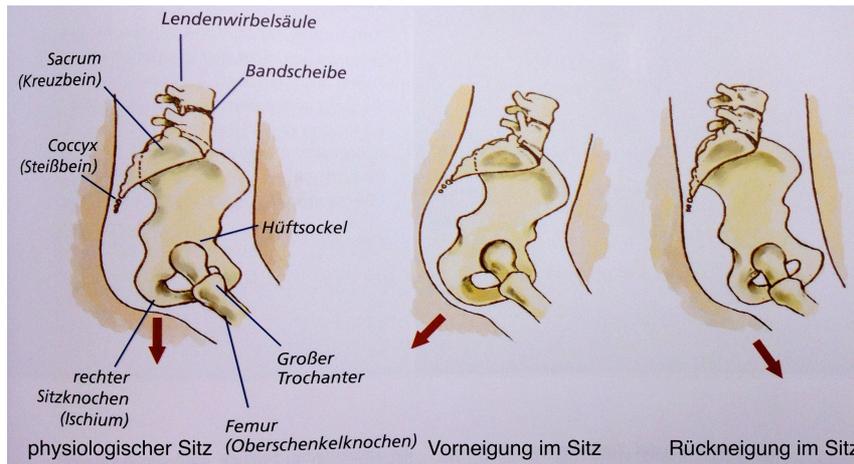


Abbildung 3.12: Auswirkung der Beckenstellung auf die Nachbargelenke

Pferderücken, welcher im Vergleich zu starren Sitzgelegenheiten immer in Bewegung ist.

Darum lässt sich das Sitzen auf einem Pferd viel besser mit dem Sitzen auf einem Gymnastikball vergleichen. Mit der potentiellen Beweglichkeit des Beckens geht unweigerlich ein Bewegen in den Hüftgelenken und der unteren Lendenwirbelsäule einher. Das Becken muss also zwingend die feinen Bewegungen des Pferderückens mitmachen können, wenn der Reiter seine Körpersegmente in Balance halten will. Nur so kann die dynamische Stabilisation des Brustkorbes gewährleistet werden, welcher durch die Stabilität die potentielle Beweglichkeit des Kopfes und der Lendenwirbelsäule erst ermöglicht.

Susanne Klein-Vogelbach [12] beschreibt, dass die potentielle Beweglichkeit des Beckens im Sitzen durch die Beweglichkeit in den Hüftgelenken definiert und beschränkt wird. Nun stellt sich die Frage, welches beim Reiten denn die optimale Gelenkstellung in den Hüftgelenken ist?

In Ruhestellung ist der Kapsel-Bandapparat maximal entspannt und somit jede Bewegungsrichtung mit gleichviel Aufwand verbunden. Dabei befindet sich das Gelenk in der sogenannten loose-packed-Position, wobei das Gelenkspiel am grössten ist. Die Ruhestellung des Hüftgelenkes liegt nach Jutta Hochschild bei etwa 30° Flexion, wobei im Sitzen die Druckverteilung des Körpergewichtes (des Oberkörpers) jedoch hauptsächlich in Richtung Sitzbeinhöcker (Tuber Ischiadica) fortgeleitet wird. Auf den Hüftgelenken selber lasten beim Sitzen ungefähr 30% des Körpergewichtes. [8]

Beim Sitzen im Sattel sollte das Bein frei und losgelassen hängen resp. am Sattelblatt aufliegen und der Fuss im Steigbügel parkiert sein (weniger Druck auf der Hüfte da keine Stuhlkante Druck ausübt). Frau Hochschild beschreibt auch die Zentrierung des Hüftgelenkes mit Flächendeckung des Hüftkopfes bei ca. 70° Flexion, leichter Abduktion und Aussenrotation. [8]

Dies ist für die Beweglichkeit und Motorik wichtig, da ein optimal zentriertes Gelenk am einfachsten stabilisiert und angesteuert werden kann. Es darf also davon ausgegangen werden, dass die Hüftgelenkstellung mit der grösstmöglichen potentiellen Beweglichkeit im Bereich zwischen 30-70° Flexion, leichter Abduktion und Aussenrotation liegt. Ursula Künzle empfiehlt beim therapeutischen Reiten einen erwünschten Hüftgelenkwinkel von 45-70°. Ist der Winkel kleiner, die Oberschenkel längsachse steiler und das Knie tiefer, wirkt das Beingewicht als ventraler Zug am Becken. Dies hilft zur Stabilisation der Beckenlängsachse in der Vertikalen, vorausgesetzt die Hüftgelenkbeweglichkeit ist frei und die Muskulatur erlaubt diese Stellung ohne Spannungserhöhung. Bei einem Winkel unter 45° wird sogar weniger adduktorische und flexorische Muskelarbeit nötig sein. [14]

Gerade beim Reitersitz spielt oft die Muskelmasse an den Oberschenkeln eine entscheidende Rolle, da viel Muskelmasse zu einer verstärkten Abduktion im Hüftgelenk mit Tonuserhöhungen in verschiedenen Muskelgruppen führen kann.

3.3.2 Körpersegmente Oberschenkel, Unterschenkel und Fuss

Zur Beinlage am Sattelblatt gibt es folgende Beurteilungspunkte:

- Umso besser das Bein sich an das Sattelblatt anschmiegt, desto besser kann dieses als Unterstütsungsfläche fungieren.
- Das Bein sollte möglichst entspannt aufliegen, um den Grundtonus nicht unnötig zu erhöhen. Das bedingt eine tiefe Adduktoren-Grundspannung.
- Die Beinachsenstellung sollte für eine gleichmässige Gelenkbelastung eingehalten werden (von vorne gesehen eine Lotlinie durch die Mitte des Fusses, des Knies und durch das Hüftgelenk). Beinachsenfehlstellungen müssen im Einzelfall beurteilt und berücksichtigt werden.

Werden diese drei Punkte erfüllt, weist das Bein eine geringe Innenrotation im Hüftgelenk auf. Das ermöglicht die Tonussenkung der Glutäalmuskulatur im Sitzen und damit das Wahrnehmen der Sitzbeinhöcker. [25]

Der Oberschenkel ist konisch geformt und liegt teils am Rande der Sitzfläche und zum grossen Teil am Sattelblatt. Nun ist das menschliche Bein nicht flach auf der Innenseite des Oberschenkels sondern hat je nach Geschlecht und Trainingszustand des Reiters mehr oder weniger ausgeprägte Weichteilrundungen. Bei Frauen sind die inneren Oberschenkelmuskeln meist runder geformt als beim Mann und brauchen dadurch mehr Platz. Ist diese Vertiefung bei viel Oberschenkelgewebe nicht vorhanden, kann der Reiter dadurch nicht tief im Sattel sitzen, sondern wird von seinen eigenen Weichteilen weggedrückt und gestört.

Das Knie zeigt nach vorne in Bewegungsrichtung des Pferdes. Das Bein rahmt den Pferdeleib ein, schmiegt sich daran an und ermöglicht ein Reagieren des Reiters in alle Richtungen. Es geht mit der Atembewegung des Pferdes mit und schränkt diese nicht ein, wie es oft bei einer Aussenrotation des Beines und damit verbundener Tonuserhöhung der dorsalen Oberschenkelmuskulatur der Fall ist [26] (Vergleich mit Abb. 3.13).

Die Fussposition ist durch die korrekte Lage des Beines automatisch parallel zum Pferd. Ein Abknicken in Pro- oder Supination ist aus Sicht der optimalen Gelenkbelastung und der Biomechanik unerwünscht. Der Vorfuss sollte mit der gesamten Fläche im Steigbügel aufliegen, um die dargebotene Unterstütsungsfläche auch nutzen zu können. Die Bügel dienen als Auflagefläche und als mögliche Unterstütsungsfläche, um das Gewicht der Beine abzugeben. Der Zug auf die Lendenwirbelsäule in Extension kann minimiert werden, die Reaktionsbereitschaft der Muskulatur wird optimiert. Die Bedingung zur Tonusregulation, welche differenzierte Gleichgewichtsreaktionen ermöglicht, ist damit gegeben. Der Hauptunterschied zwischen dem Aufstehen von einem Stuhl zum Aufstehen im Sattel liegt darin, dass der Steigbügel als ein Pendel fungiert. Nur wenn der Druck, den der Reiter ausübt, genau axial zum Steigbügelriemen wirkt, wird kein Drehmoment und damit keine Pendelbewegung ausgelöst. Sobald der Reiter eine Pendelbewegung auslöst, muss er diese, egal ob der Pendel nach vorne oder hinten schwingt, kompensieren. Das Risiko eine Pendelbewegung des Steigbügels auszulösen ist am kleinsten, wenn entweder möglichst kein Druck oder der Druck senkrecht zur Steigbügelfläche appliziert wird. Dies geschieht nur, wenn der Fuss parallel zum Boden ist, oder der Absatz höher als die Fussspitze. Weil keine dauernde Tonuserhöhung der dorsalen Muskelkette und insbesondere der

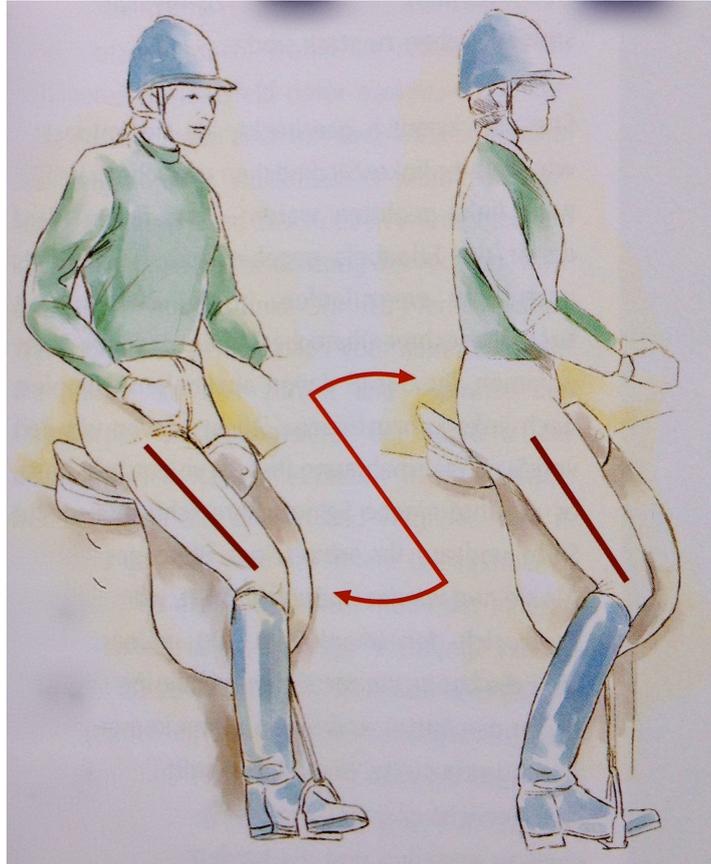


Abbildung 3.13: Auswirkung der Beinlage auf die Ausrichtung der Körpersegmente

Wade (treibende Funktion) erwünscht ist, sollte der Fuss parallel zum Boden gehalten werden (Abb. 3.13).

Im Sinne von Actio = Reactio wird der Reiter bei Druckapplikation im Steigbügel mit der gleichen Kraft nach oben aus dem Sattel weggestossen, welche er in den Steigbügel appliziert. Auf die Synchronisation der Reiter-Pferdebewegung kann dies fast nur störend sein. Der Reiter muss die Kraft abschätzen und koordinieren können, ansonsten muss diese vom Pferd abgefangen werden. Das Pferd generiert die Bewegung und der Reiter soll die Bewegungsamplitude und Frequenz modulieren. [26]

Die Modulation kann vom Reiter nur dann umgesetzt werden, wenn er sich, wie in Kapitel 3.2.2 und in Kapitel 3.2.3 beschrieben, eine möglichst stabile Unterstützungsfläche d.h. Ausgangsstellung schafft.

Unter Berücksichtigung der individuellen Längenverhältnisse der Beine und der Fusslänge können in einem einfachen Modell (siehe Abb 3.15) die Gelenkwinkel für den Reiter im Sitz ausgerechnet werden. Ist die Steigbügellänge bekannt, kann anhand der Ober- und Unterschenkel-Längenfunktion der Hüftwinkel α bestimmt werden:

$$\alpha = \arcsin \left(\frac{q^2 + m^2 - k^2}{2 \cdot m \cdot k} \right).$$

Da beim Sitz im Sattel der Fuss wie bei einer Kniebeuge unter dem Körperschwerpunkt liegen sollte, befindet sich das OSG optimalerweise unter dem Hüftgelenkszentrum.

Darum kann die Strecke l , welche beim Stübbensattel für den VSD Genesis zwischen 15-17 cm liegt, ungefähr gleich gesetzt werden mit der Länge der Strecke n , der Länge Ferse-

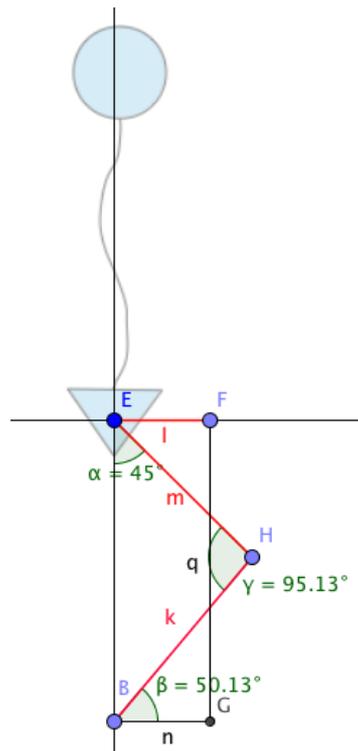


Abbildung 3.14: Modell zur Berechnung der Winkel

E: Zentrum Hüftgelenk *F*: Steigbügelaufhängung *H*: Kniegelenkszentrum

B: oberes Sprunggelenk/Malleolus lateralis *G*: Kleinzehengrundgelenk

k: Länge Unterschenkel, *l*: Länge Hüftgelenkszentrum-Steigbügelaufhängung

m: Länge Oberschenkel, *n*: Länge Ferse bis Kleinzehengrundgelenk, *q*: Steigbügellänge

Kleinzehengrundgelenk. Optimalerweise hat der Reiter also genau die Fusslänge, welche beim Sattel dem Abstand der Steigbügelaufhängung bis zum tiefsten Punkt der Sitzfläche entspricht. Dies ist jedoch eher unwahrscheinlich, darum ist die Formel für den Hüftwinkel nur eine ungefähre Näherung. Sie repräsentiert eher einen Bereich in dem die Steigbügellänge gewählt werden soll und nicht einen absoluten Wert. So kann der Hüftgelenkwinkel in der Praxis anhand der Steigbügellänge auf einfache Art und Weise ohne einen Winkelmesser überprüft werden. Um den Einfluss der Steigbügelaufhängung auf den Reitersitz abschätzen zu können, wurde folgende Formel für den Kniewinkel γ aufgestellt:

$$\beta = 90 - \arcsin \left(\frac{n + m \cdot \cos(\alpha) - l}{k} \right).$$

Diese Formel berücksichtigt mit der Strecke l in der Formel den Abstand Hüftgelenk - Steigbügelaufhängung. Bei gleichbleibender Steigbügellänge bewirkt eine Änderung des Hüftwinkels immer eine doppelt so grosse Änderung des Kniewinkels. Ändert sich nur die Position der Steigbügelaufhängung, ist der Effekt auf die Gelenkwinkel deutlich kleiner. Änderungen in den Längenverhältnissen von Oberschenkel zu Unterschenkel bewirken nur geringe Winkelveränderungen (5 cm \rightarrow 7 - 8°).

Der OSG-Winkel β kann aus den beiden anderen Winkeln schlussendlich ebenfalls berechnet werden:

$$\gamma = \alpha + \beta.$$

Dieser Winkel kann gerade bei Einschränkungen im OSG relevant sein.

3.4 Beobachtungskriterien

Nur anhand von ausgewählten Beobachtungskriterien lässt sich eine erklärable, nachvollziehbare und vergleichbare Aussage zur Qualität und Quantität der Biomechanik machen. Die Orientierung sollte möglichst einfach, gut sichtbar und in grösstmöglicher Korrelation mit den Gelenken (da wo die Bewegung auch stattfindet) sein. [12] Für den Beobachter von Pferd und Reiter eignen sich dementsprechend folgende Bezugspunkte zur Abschätzung der biomechanischen Qualität des Reiters:



Abbildung 3.15: Einordnung der Körpersegmente in die mittlere Frontalebene
H: Schultergelenkszentrum, *C*: Hüftgelenkszentrum, *E*: Malleolus lateralis

Von der Seite betrachtet erfolgt die Orientierung an der mittleren Frontalebene. Diese geht beim Reiter im Sitz durch das Ohr, die Mitte des Akromions/die Mitte der Schultergelenke, die Mitte des Hüftgelenkes und den Malleolus lateralis. [25] [26] In Abb. 3.15 ist die Profireiterin Heather Blitz im Schritt zu sehen, einzig ihr Ohr ist nicht in die mittlere Frontalebene eingeordnet. Die frontale Beurteilung ist um einiges schwieriger, da der Rumpf des Pferdes sich in der Bewegung seitlich neigt, und die Sitzfläche für den Reiter nicht horizontal bleibt. Da sie in dieser Arbeit nicht untersucht wurde, werden die Bezugspunkte hier nicht genauer erläutert.

3.5 Die Geschichte des Reitsattels

Die ersten Beweise über das Reiten der Pferde gehen auf Ausgrabungen in Dereivka (Ukraine) zurück. Gemäss diesen gab es vor etwa 6000 Jahren Bauernvölker am Westufer der Dnjepr mit domestizierten Pferdeherden, welche mit grosser Wahrscheinlichkeit auch zum Reiten genutzt wurden. Weitere Berichte über die Kimmerier und später die Skythen im Gebiet des heutigen Nordirans zeigen, dass das Reiten an Stellenwert zunahm. Die Skythen galten sogar als hochentwickeltes Reitvolk, wobei ihnen das Reiten das Beherrschen eines riesigen Gebietes ermöglichte. Auch das Urmodell eines Sattels, bestehend aus zwei flachen, haargefüllten Lederkissen, einem Gurt mit einer einfachen Hornschnalle und teilweise mit Vorder- und Hinterzwiesel ist auf Abbildungen der Skythen zu finden. Dieser Primitivsattel hatte keine Steigbügel. Griechen wie auch Römer begannen ungefähr im fünften Jahrhundert v. Christus ihre Satteldecken mit Gurten,

Vorder- und manchmal auch Hinterriemen auszurüsten. Die Römer entwickelten schliesslich einen einfachen Sattel mit einem Holzrahmen, mit Leder überzogen und mit einem Gurt auf einer dicken Satteldecke befestigt - genannt sella. Die ersten Sättel mit starrem Sattelbaum entwickelten sich etwa 200 v. Christus in China aus Packsätteln. Diese Art von Trachtensattel übernahmen germanische Stämme im 4.-5. Jahrhundert nach Christus von den Hunnen. Im Gegensatz zu den heute am häufigsten verwendeten Sätteln in der englischen Reitweise bestanden die Trachtensättel aus zwei Seitenbrettern (Trachten), die durch bogenförmige Holzbretter vorne und hinten miteinander verbunden waren. Bei Island-, Camargue-, Western- und Schweizer Armeesätteln findet das Trachtenprinzip auch heute noch Verwendung. Das einzige patentierte Sattelbaumprinzip auf der Welt von Swing Tree nutzt ebenfalls Trachten als Auflage. Steigbügel wurden in Asien, als eingenähte Lederschlaufen in den Satteldecken, entwickelt. Diese sollten die Beine auf längeren Reisen stützen und ihnen mehr Sicherheit und einen besseren Halt verschaffen. In China waren Steigbügel, wie wir sie heute kennen, zu Beginn des ersten Jahrhunderts in Gebrauch. Durch die Hunnen kam die Erfindung im sechsten Jahrhundert nach Europa, wo sie ab dem neunten Jahrhundert allgemein verwendet wurden. Mit der Etablierung der Reitkunst wurden von de la Guérinière (1688- 1751) leichtere Sättel entwickelt. Gleichzeitig entstand in England durch den Einsatz des Pferdes als 'Sportgerät' für Jagden, Springen und Rennen der leichte, englische Jagdsattel - Vorläufer und Grundmodell für alle heute gebräuchlichen englischen Sättel. [9]

Ziel des heutigen Reitsattels ist, dem Pferd die grösstmögliche Bewegungsfreiheit zu bieten und die gesundheitliche Belastung des Pferdes durch den Reiter zu reduzieren. Angestrebt wird, das Reitergewicht auf einer grösseren Fläche zu verteilen. So wird dem Reiter optimaler Komfort in puncto Balance, Reaktionsvermögen, differenzierter Wahrnehmung der Pferde- und Reiterbewegung wie auch eine differenzierte Hilfengebung ermöglicht.

3.6 Die Bauteile des heutige Sattels

3.6.1 Der Sattelbaum

Der Sattelbaum ist das sogenannte Skelett des Sattels und vor allem für Stabilität zuständig. Gängigste Werkstoffe dafür sind Holz, Aluminium und Fiberglas in Kombination mit einem Stahlkopfeisen. Das Kopfeisen bestimmt die Kammerweite und ist heute meistens so konzipiert, dass es verstellbar ist und auf das Pferd angepasst werden kann. Die Kammerweite bezeichnet den Freiraum zwischen den beiden Ortspitzen des Sattels. Damit gibt es Auskunft über die Winkelung des Sattels über dem Widerrist des Pferdes.

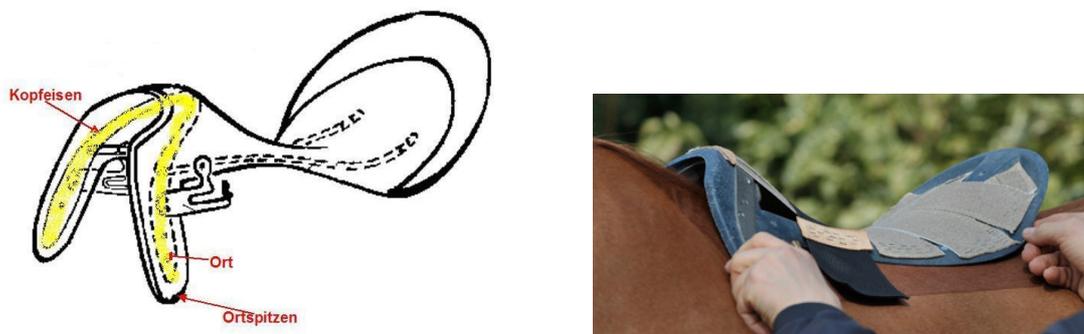


Abbildung 3.16: Erklärung zum Sattelbaum; Sattelbaum der Firma Stübben

3.6.2 Das Sattelblatt

Der Schnitt, respektive die Form des Sattelblattes hängt vom Reitstil ab. Hauptkriterium ist das Schaffen einer Fläche, welche die Kongruenz Pferdekörper und Reiterbein ermöglicht. Das Sattelblatt muss den Bereich abdecken, welcher vom Oberschenkel bei einem Hüftwinkel um die 45° benötigt wird. Es schützt das Reiterbein vor Reibung und Schweiß des Pferdeleibes.



Abbildung 3.17: Sattelblatt Vielseitigkeitssattel, Dressursattel und Springsattel der Firma Stübben im Vergleich

3.6.3 Die Pauschen

Je nach Form, Lage und Grösse helfen oder behindern sie den Reiter in der Beinlage. Vor allem bei Lektionen die viel Schwung vom Pferd verlangen, können Pauschen dem Reiter helfen, das Bein ruhig an Ort und Stelle zu halten und so den Rumpf zu stabilisieren. Bei falscher Lage verhindern sie die korrekte Beinlage, z.B. wenn zu grosse Pauschen das Knie bei einem Hüftwinkel von um die 45° nach aussen drücken. Sobald die Kongruenz des Reiterbeines mit dem Sattelblatt durch Pauschen verhindert wird, müssen diese vom Sattler angepasst werden. Pauschen können heute immer öfters über ein Klettsystem ausgetauscht und individuell positioniert werden. Gerade wenn ein Sattel von mehreren Reitern benutzt wird ist dies unabdingbar - selten sind zwei Reiter in Konstitution und Statik gleich.



Abbildung 3.18: Pauschen Vielseitigkeitssattel, Dressursattel und Springsattel der Firma Stübben im Vergleich

3.6.4 Die Steigbügelaufhängung

Die Steigbügel werden bei den heutigen konventionellen englisch Sätteln direkt am Kopfeisen in eine Sturzfeder eingehängt. Steht der Reiter im Bügel, hängt sich das Reitergewicht also an das Kopfeisen und den vorderen Teil des Sattels. Nur wenige Sattelsysteme lassen eine Modulation dieser Aufhängung zu und ermöglichen damit ein individuelles Positionieren der Steigbügel. Der WOW-Sattel ermöglicht zwei Einstellungen, bei Barefootsätteln kann die Position über ein Klettsystem beliebig eingestellt werden. Beim Swing Tree Sattelsystem [6] kann zwischen 6 Positionen gewählt werden. Die Firma Stübben hat ein System entwickelt, bei welchem vier



Abbildung 3.19: Steigbügelauflhängung mit Verstellmöglichkeit; die neue Equisoft-Technologie der Firma Stübben

verschiedene Positionen möglich sind - mit jeweils 2 cm Unterschied. Zusätzlich sind die Sturzfeder beweglich und können etwaige Pendelbewegungen des Steigbügelriemens mitmachen. So wird das Leder der Steigbügelriemen geschont, gleichzeitig entsteht aber auch weniger Reibung und damit weniger Bremswirkung. Reiter mit zu viel Druckapplikation im Steigbügel könnten mehr Mühe mit diesem beweglicheren System haben.

3.7 Bindeglied Sattel: Passform Sattel und Reiter

3.7.1 Aufgabe des Sattels

Der Sattel soll

- die optimale Kongruenz der Kontaktflächen Sattel-Pferd und Sattel-Reiter ermöglichen,
- eine optimale Unterstützungsfläche für den Reiter bieten (abhängig vom Reitstil und Können),
- eine optimale Sitzstellung ermöglichen oder sogar eine unerwünschte korrigieren/beeinflussen,
- eine Führungshilfe für die Aufnahme der Primärbewegungen bieten,
- die Primärbewegung verdeutlichen, indem er die einzelnen Bewegungsimpulse vergrößert,
- und Rutsch Tendenzen vermindern.

Herbei spielen die Beckenbreite, Beckentiefe, Beinlänge mit dem Verhältnis von Oberschenkellänge zu Unterschenkellänge, Fusslänge und die Muskelmasse eine Rolle, welche beurteilt werden müssen. U. Künzle [14] beschreibt die Auswirkungen von Sattelmodifikationen auf den Reiter, hier in einer Tabelle dargestellt:

	Sattel flach	Sattel tief	Bügel	kein Bügel
Vergroßerung der Kontaktfläche	+	-+	++	-
Förderung Extensionstendenz des Beckens in HG	+	*	*	-
Förderung Flexionstendenz Beckens in HG	0	*	0	++
Förderung Extensionstendenz Oberschenkel in HG	0	*	-	++
Minderung Extensionstendenz Oberschenkel in HG	0	-	++	-
Minderung Intensität der Primärbewegung	+	-	*	*
Erhöhung Intensität der Primärbewegung	0	+	*	*

3.7.2 Die Beckenbreite

Bezüglich der Breite der Sattelfläche gibt es keine Angaben von den meisten herkömmlichen Sattelherstellern. Auf Nachfrage bei der Firma Stübben wurden für den verwendeten Sattelbaum folgende Masse angegeben:

Die Baumbreite beträgt im Sitzbereich ca. 24 cm. Da ein Aufbau mit Naturgummi und Leder gemacht wird und das Leder an dieser Stelle über den Aufbau gespannt wird und nach aussen abfällt, beträgt die Messung an dieser Stelle ca. 20-22 cm. Ausgehend vom Grundbaum beträgt die Breite beim tiefsten Punkt ca. 20 cm. Analog ist die Breite für den tiefsten Punkt der Sitzfläche ca. 16 cm beim fertigen Sattel.

Laut Hochschild [8] zeigt das männliche Becken steiler gestellte Beckenschaufeln und der Winkel zwischen den beiden unteren Schambeinästen (Rami inferior ossis pubis), welche durch die Symphyse verbunden sind, beträgt 70-80°. Das weibliche hingegen hat mit einer deutlich breiteren und niedriger gelegenen Symphyse einen Winkel von ca. 100°. Der für den Sitz relevante Abstand zwischen den beiden Sitzbeinhöckern (Tuber ischiadica) beträgt wegen der niedrig gelegenen Symphyse der Frau trotzdem für beide Geschlechter bei ausgewachsenen Menschen etwa 11 cm. Die Sitzfläche vom Stübbensattel ist also breit genug für beide Becken. Obwohl Frauen einen höheren Körperfettanteil haben und dieses bevorzugt im Bindegewebe gespeichert wird, müsste auch mit dem damit zusätzlichen Weichteilgewebe am Gesäss, die Sitzfläche mit 16 cm immer noch breit genug sein.

3.7.3 Die Beckentiefe

Die Sitzgrösse, in Zoll angegeben, ist das Mass für die Gesässgrösse des Reiters. Damit ist die Länge der Sitzfläche gemeint, welche je nach Sattelhersteller ganz unterschiedlich gemessen wird. Generell gibt es Grössen von 16-18 Zoll (36- 42cm). Die Tiefe sollte so gewählt werden, dass das Becken in seiner Bewegungsfreiheit erhalten bleibt. Gleichzeitig hilft ein Einrahmen dabei, mit den Sitzbeinhöckern möglichst punktgenau sitzen zu bleiben und nicht auf der Sattelfläche vor und zurück zu rutschen.

3.7.4 Die Sitzfläche

Ein aktiver Sitz und eine aktive Körperhaltung kann auf einem Sofa nur schwer eingenommen werden und wird sehr schnell zu anstrengend. Die Sitzbeinhöcker werden bei viel Weichteilmasse weniger gut wahrgenommen und damit wird das Einnehmen und Kontrollieren der Sitzposition schwieriger. Die Sitzbeinhöcker sinken auf weichem Untergrund ein und kippen bevorzugt nach dorsal weg, der Reiter verliert die Verbindung zur Pferdebiomechanik. Der Mensch sitzt auf seinen Gesässmuskeln und oft in einer Entlordosierung der Lendenwirbelsäule, auch unter dem Namen Sitzkyphose bekannt, und verliert seine Beckenbeweglichkeit. Dies ist biomechanisch kontraproduktiv, da es sich beim Sattel um ein Sportgerät handelt, welches möglichst präzise Informationen vermitteln soll, und nicht um ein Sofa oder Polsterstuhl zum Entspannen.

Problematisch kann auch der Druck im Schambeinbereich werden. Dies ist vor allem für Frauen häufig ein Problem, da das weibliche Becken eine niedrig gelegene Beckensymphyse hat. Der empfindliche Schambereich hat bei herkömmlichen Modellen ('Männersätteln') direkten Kontakt mit der Sitzfläche, sobald die korrekte Beckenposition eingenommen wird. Einige Sattelhersteller haben hier Lösungen gefunden. Die Firma Stübben versucht mit der Biomex-Technologie den empfindlichen Schambereich zu entlasten und den unterschiedlichen Beckenringverhältnissen von Mann und Frau damit Rechnung zu tragen. Mit messbaren Verbesserungen und dementsprechenden Kundenrückmeldungen ist die Biomex-Technologie bis anhin sehr

erfolgreich. Der Übergang der Sitzfläche zum Sattelblatt muss genügend Platz für die Weichteilmasse des Oberschenkels bieten. Dies wird beim Stübbensattel nicht speziell ermöglicht wie z.B. beim WOW Sattel, welcher extra eine zusätzliche Vertiefung zwischen Sitzfläche und Sattelblatt mit eingebaut hat.



Abbildung 3.20: Sitzfläche des VSD Genesis mit dem geteilten Sattelbaum; die neue Equisoft-Technologie der Firma Stübben

Kapitel 4

Hypothesen

Anhand der aufgestellten Gleichung:

$$\text{Reitkönnen} + \text{Sattelpassform Reiter} + \text{Sattelpassform Pferd} = \text{Druckverteilung auf dem Pferderrücken}$$

wurden folgende Hypothesen aufgestellt:

- *Die Druckverteilung auf dem Pferderrücken repräsentiert die individuelle Biomechanik des Reiters.*
- *Die Druckverteilung auf dem Pferderrücken wird durch die Steigbügelposition beeinflusst.*
- *Die Druckverteilung auf dem Pferderrücken wird durch den Sattel beeinflusst.*
- *Die Verteilung des Schwerpunktes repräsentiert die individuelle Biomechanik des Reiters.*
- *Die Verteilung des Schwerpunktes auf dem Pferderrücken wird durch die Steigbügelposition beeinflusst.*
- *Die Verteilung des Schwerpunktes auf dem Pferderrücken wird durch den Sattel beeinflusst.*

Kapitel 5

Methodik

Um die Fragestellung dieser Masterarbeit zu beantworten, wurde bei neun Reitern beim Leichttraben auf einem Versuchspferd eine Computer-Satteldruck-Analyse durchgeführt. Die Analyse des zweiten Sattels konnte aus zeittechnischen Gründen und der Ermüdung des Versuchspferdes, nur bei sieben Reitern durchgeführt werden.

Die Statik der neun Reiter wurde vom Untersucher mit Hilfe eines selbst zusammengestellten Formulars, anhand der von Susanne Klein-Vogelbach definierten Statikmessungen, vermessen und beurteilt (Anhang 11.2). Ergänzend wurden subjektive Empfindungen zur Qualität der eigenen Biomechanik für die unterschiedlichen Messsituationen erfragt (Anhang 11.1).

Für einen Teil der Datenauswertung konnte das Programm 'Satteltester' [1] benutzt werden.

Die Videoanalyse erfolgte anhand von Fotoausschnitten mit Hilfe von GeoGebra 5.

Die Statistik wurde mit MATLAB durchgeführt.

5.1 Rekrutierung Reiter und Pferd

Die Auswahlkriterien für die Reiter waren:

- Reitstil: englisches Reiten
- Reiterfahrung: mehr als 2 Jahre Reitunterricht, minimum Brevetniveau oder im Besitz eines Reitbrevets
- Regelmässiges Reiten mindestens 2mal pro Woche innerhalb des letzten Jahres

Auswahlkriterien für das Pferd waren:

- Alter: mindestens 10-jährig, da Epiphysenfugen erst ab 7/8-jährig schliessen und erst danach ein intensives Training ethisch vertretbar ist
- Gesundheit: keine Erkrankungen in den letzten sechs Monaten (Kolik, Lahmheit)
- alle nötigen Impfungen/Entwurmung aktuell und durch Tierarzt im Pferdepass eingetragen
- Hufbeslag: innerhalb der letzten vier Wochen erneuert
- Ausbildungsstand: Lizenzniveau Dressur

Anhand dieser Kriterien konnten neun Reiter aus dem Umfeld rekrutiert werden.

5.2 Versuchssetting

In Abb. 5.1 ist das Versuchssetting in der Halle dargestellt. Jeder Reiter ritt pro Steigbügelposition einmal von links und einmal von rechts entlang der Mittellinie durch die Länge der Halle. Gemessen wurde der Reiter jeweils in der Kurve und auf der Mittellinie der Halle. So konnten für die Auswertung entsprechende Sequenzen exakt zugeschnitten werden. Nur die Sequenzen, in welchen sich die Reiter geradeaus auf der Mittellinie bewegen, wurden weiter verwendet. Jeder Reiter konnte seine bevorzugte Steigbügellänge bei Position 2 der Steigbügelaufhängung

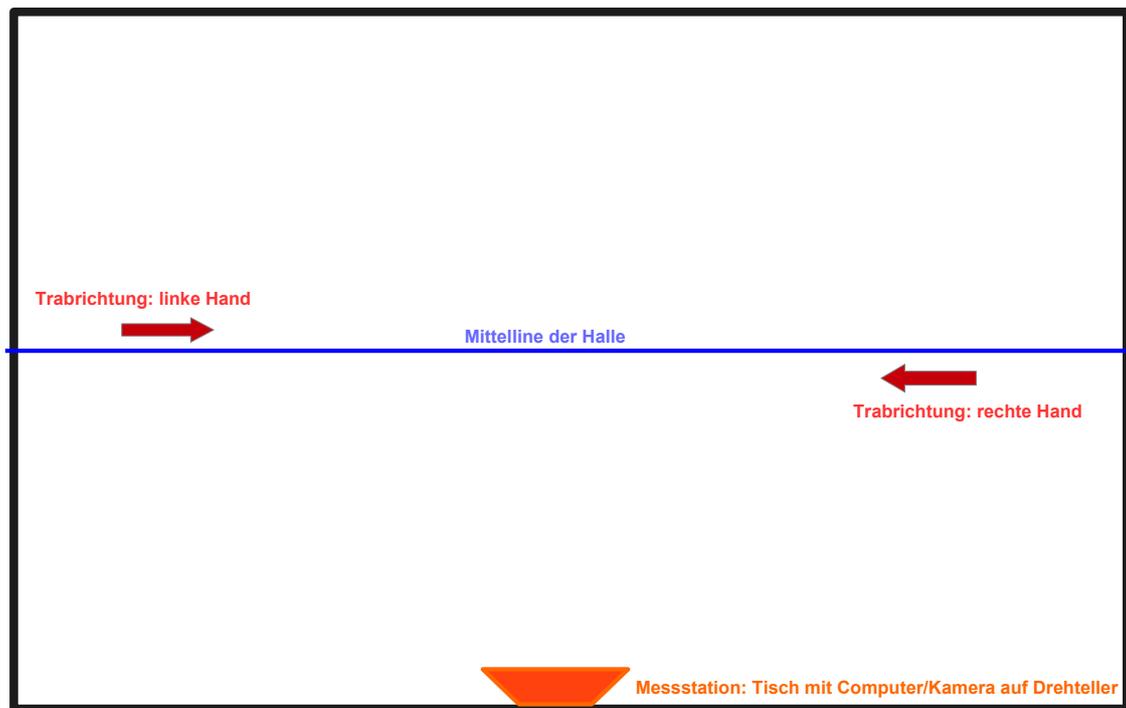


Abbildung 5.1: Versuchssetting

zuerst selber einstellen. Diese wurde nur korrigiert falls der Hüftwinkel unter 40° oder über 50° lag. Dies war bei keinem Reiter der Fall. Der Steigbügel musste von den Reitern mit dem Vorfuss aufgenommen werden, die Fussballen sollten im Steigbügel liegen und nicht die Zehen. Auch dies konnte von allen Reitern problemlos umgesetzt werden.

5.3 Formular zur Statikmessung

Vermessen wurde jeder Reiter im Stand, ohne Schuhe, Anhang 11.2.

Gemessen wurde die Unterschenkellänge von der Fusssohle bis zum lateralen Kniegelenkspalt, die Oberschenkellänge vom lateralen Kniegelenkspalt bis zum Trochanter Major, zur Überprüfung die gesamte Beinlänge von der Fusssohle bis zum Tronchanter Major. Anhand der erfragten Körpergrösse der Reiter konnte dann die Oberlänge berechnet werden. Besonderheiten der Statik wie z.B. zusätzliches Gewicht am Gesäss wurden separat vermerkt. Keiner der Reiter zeigte eine übermässige Oberlänge, darum ist das Verhältnis von OL:UL bei allen Reitern > 1 . Eine genauere Analyse der Oberlänge war im Rahmen dieser Masterarbeit aus zeitlichen und technischen Gründen nicht möglich.

	a	b	c	d	e	f	g	h	i
KG in cm	169	170	158	188	172	167	168.5	170	171
Länge OS	45	42	41	43	39.5	40	42	45	41
Länge US	43.5	48	42.5	53	47	44	47.5	48	46.5
UL	88.5	90	83.5	96	86.5	84	89.5	93	87.5
OL	80.5	80	74.5	92	85.5	83	79	77	83.5
UL:OL	1.1	1.125	1.12	1.04	1.01	1.0120481928	1.13	1.2	1.04

Abbildung 5.2: Angaben der Statikmessung
 UL: Unterlänge (Fusssohle - Hüftgelenk)
 OL: Oberlänge (Hüftgelenk - Scheitelpunkt)
 gelb: männlicher Reiter
 rot: längerer Oberschenkel als Unterschenkel

5.4 Computer-Satteldruck-Analyse

Die Satteldruckanalyse wurde von Frau Monika Janczikowski durchgeführt. Das Analyseinstrument ist eine computergesteuerte, kabellose Satteldruckanalyse mit dem Namen 'Satteltester', entwickelt von einer deutschen Firma. Das System besteht aus einer Messmatte (Pad), welche dem Sattel unterlegt wird und aus der Software (SAT). Der 'Satteltester' ermöglicht eine Schritt für Schritt Analyse des Reitens. Dies wird mit der gleichzeitigen Aufnahme von Druck-Messdaten und dem Speichern von Kamerabildern des Reiters erreicht. [1]

5.4.1 Analyse der Gewichtsverteilung

Diese gilt immer für das aktuelle Bild und selbstredend auch für den Mittelwert und den Maximalwert. Die inneren beiden Sensorreihen werden der Wirbelsäule zugeordnet. [1]

5.4.2 Einfaches Berechnen des Durchschnittwertes einer Messung

Für die Sattelanalyse bzw. Analyse der Drucksituation auf dem Pferderücken ist der Durchschnittswert einer Messsequenz am bedeutsamsten. Hier wird jeder Sensor über die komplette Messsequenz einzeln betrachtet und daraus das arithmetische Mittel berechnet. Als Ergebnis wird separat ein Druckbild erstellt, welches die Grundlage für Verbesserungen der Drucksituation am Pferderücken ist. [1]

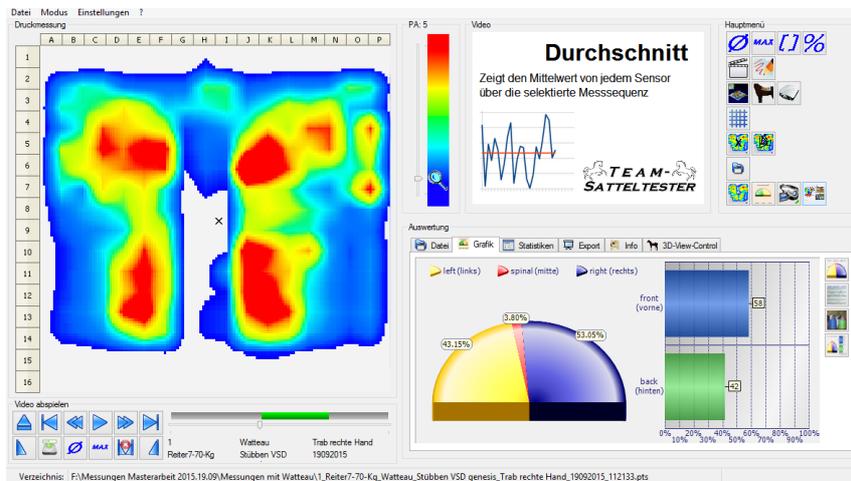


Abbildung 5.3: Mittelwert über die ganze Messsequenz

5.4.3 Einfaches Berechnen des Maximalwertes einer Messung

Der Maximalwert einer Messung sieht oft sehr rot aus. Diese Auswertung ist bei Problemen mit der Polsterung oder Brückenbildung u.ä. sehr hilfreich. Man erkennt genau die Stellen, an welchen der Pferderücken über die komplette Sequenz nie zum Tragen kommt. [1]

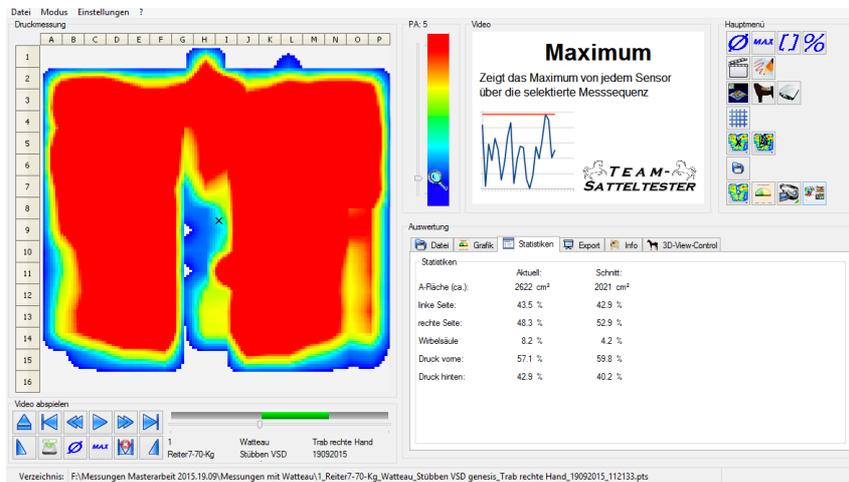


Abbildung 5.4: Maximalwert über eine ganze Messesequenz

5.4.4 Schwerpunktsweg als Kreuz oder Linien

Beim Schwerpunktsweg sind alle Schwerpunkte einer Messung zusammengefasst in einem Bild. In Verbindung mit der Videoaufnahme können Rückschlüsse über den Sattel und/oder das reiterliche Können gemacht werden. [1]

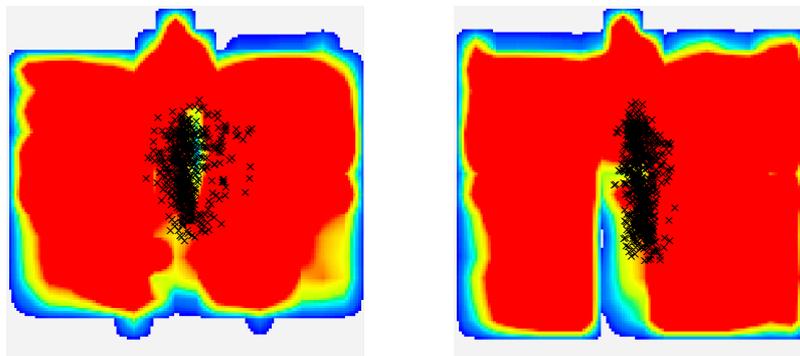


Abbildung 5.5: Unterschiedliche Schwerpunktverteilung zweier Reiter im Trab

5.5 Sattelvermessung

Wie aus Abb. 5.6 erkennbar, sind die Punkte 1-T, 2-T und 3-T durch den Sattelbaum zu einem starren Hebelarm verbunden. Zieht nun am cranialen Ende des Hebelarmes (1, 2 oder 3 je nach Steigbügelposition) das Reitergewicht über den Steigbügel bodenwärts (insbesondere beim Leichttraben oder im leichten Sitz) wird das caudale Ende (T) des Hebelarmes das Reitergewicht himmelwärts drücken. Diese Kippbewegung wird teils über den vorgespannten Federsattelbaum, teils über die Gurtstrupfen des Sattels abgefangen. Weil der Sattel auf einer weichen Unterlage, nämlich dem Pferderumpf, liegt, können diese Kippbewegungen nicht

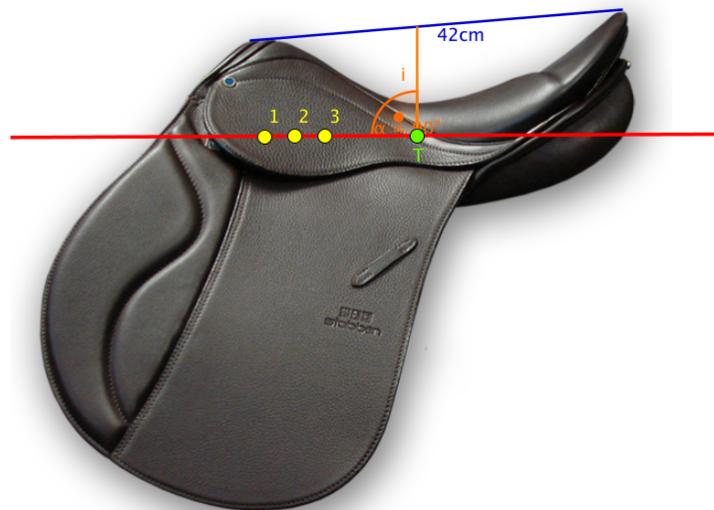


Abbildung 5.6: Stübben VSD Genesis

Länge Vorderziesel - Hinterziesel: 42 cm (Equisoft geteilter Sattelbaum) - 44 cm (Normal)

Länge Vorderziesel - T : 22 cm (Equisoft geteilter Sattelbaum) - 23 cm (Normal)

1: Steigbügelposition 1 Länge 1- T = 17cm

2: Steigbügelposition 2 Länge 2- T = 15cm

3: Steigbügelposition 3 Länge 3- T = 13cm

i/T : Lotrechte Verlängerung des absolut tiefsten Punkt der Sattelsitzfläche auf das Niveau des Sattelschlosses/der Steigbügelpositionen

verhindert werden. Dadurch entstehen während dem Leichttraben, durch die Schwerpunktverlagerung beim Aufstehen/Absitzen, höhere Druckdifferenzen vorne-hinten und bei asymmetrischen Belastungen auch rechts-links. Ein Reiter mit viel Schwerpunktverlagerung nach vorne-hinten oder mit Druckaktivität im Steigbügel verstärkt diese Kippbewegung.

5.5.1 Videoanalyse

Jede Messsequenz wurde auf Video aufgezeichnet. Es konnte pro Reiter für jede Messung nur ein Bewegungszyklus mit geringer perspektivischer Verzerrung eingefangen werden. Davon wurden zwei Fotos zur Analyse herbeigezogen: eines am tiefsten Punkt des Sitzes, während das Pferd das Bein auf der kamerazugewandten Seite voll belastet. Das andere am höchsten Punkt des Standes im Sattel, in der Vollbelastungsphase des Beines auf der kameraabgewandten Seite.

Mit dem Programm GeoGebra 5 wurden anschliessend die zu beurteilenden Winkel vermessen und in eine Exceltabelle eingetragen (des oberen Sprunggelenkes, des Kniegelenkes, des Hüftgelenkes, der Körperlängsachse Becken-Brustkorb-Kopf, des Ellenbogens und des Handgelenks zum Zügel). Die Bildqualität liess eine Beurteilung der Rotationsstellung des Beines im Hüftgelenk und oberen Sprunggelenk nicht zu.

5.6 Statistik

Mit Hilfe der Statistik soll der Einfluss der Steigbügelposition gegenüber dem Einfluss der individuellen Biomechanik des Reiters analysiert/evaluiert werden.



Abbildung 5.7: Beispielsbilder der Messung aus einem Bewegungszyklus

Der Einfluss der Steigbügelposition kann anhand der Änderung der Daten eines Reiter zwischen den Steigbügelpositionen 1 - 3 berechnet werden. Um den Bias der reiterspezifischen Unterschiede zu minimieren, wurden die Daten für jeden Reiter so normiert, dass der Durchschnitt der Bügelpositionen 0 ist. So kann man die effektive Veränderung, die der Steigbügel bewirkt, messen. Mit diesen Daten wurde anschliessend gemessen, ob die Veränderung bei jedem Reiter die gleiche Tendenz aufweist. Dafür wurde der Intraklassenkoeffizient berechnet, wobei jede Steigbügelposition eine Gruppe darstellt. Ebenso wurde der Korrelationskoeffizient gemessen, um die Druckmesswerte auf einen Zusammenhang mit den drei Steigbügelpositionen zu überprüfen.

Um den Einfluss der individuellen Biomechanik des Reiters zu messen, wurden die Intraklassenkoeffizienten, wobei jeder Reiter eine Gruppe darstellt, berechnet.

Ergänzend konnten die so berechneten Intraklassenkoeffizienten (Einfluss der Steigbügelposition und Einfluss der individuellen Biomechanik) und die Korrelationskoeffizienten der zwei Sättel miteinander verglichen werden.

5.6.1 Druckmessdatenanalyse

Die erhobenen Daten wurden in einer Exceltabelle eingetragen. Für jeden Reiter konnten für jede der drei Steigbügelpositionen, wie auch für den zweiten Sattel, zwei Messsequenzen (linke und rechte Hand) aufgezeichnet und analysiert werden. Für die Auswertung wurden die Durchschnittswerte einer Messsequenz benutzt. Pro Reiter ergibt dies acht Messwerte wie aus Abb.5.8 ersichtlich. Die prozentualen Druckmesswerte waren bei allen Reitern grösstenteils rechts höher.

	Steigbügelposition 1 linke Hand	Steigbügelposition 1 rechte Hand	Steigbügelposition 2 linke Hand	Steigbügelposition 2 rechte Hand	Steigbügelposition 3 linke Hand	Steigbügelposition 3 rechte Hand	Normaler Sattel linke Hand	Normaler Sattel rechte Hand
Linke Sattelhälfte	45.3	45.8	46.3	45.3	45.3	45.3	44	41.1
Rechte Sattelhälfte	52.8	51.8	51.4	42.2	51.5	50.8	52.1	55.3
Absolute Differenz re/	7.5	6	5.1	3.1	6.2	5.5	8.1	14.2
Absolute Differenz v/h	11.8	10.8	14.8	9.2	8.8	6.4	17.4	8.8
Druck vordere Sattelhälfte	55.9	55.4	57.4	54.6	54.4	53.2	58.7	54.4
Druck hintere Sattelhälfte	44.1	44.6	42.6	45.4	45.6	46.8	41.3	45.6

Abbildung 5.8: Beispiel eines Reiters; Messwerte in Prozent

Dies kann auf die Angurung des Sattels rechts wie auch auf die natürliche Schiefe des Pferdes zurückzuführen sein. Dieser Bias trat bei allen Reitern auf und ist darum für den Vergleich der Reiter und Gruppen nicht relevant.

Für die Vereinfachung der statistischen Berechnung wurden die Druckdifferenzen berechnet. Grosse Druckdifferenzen weisen auf eine sehr ungleiche Druckverteilung der rechten zur linken und/oder der vorderen zur hinteren Sattelhälfte hin. Diese ungleiche Druckverteilung ist, wie in Kapitel 3.2.6 erwähnt, ein Hauptstörfaktor für die Biomechanik des Pferdes. Um negative Zahlen zu vermeiden, wurde die absolute Differenz der Werte für die weiteren statistischen Analysen verwendet.

5.6.2 Schwerpunktanalyse

Das Programm Satteltester kann alle Schwerpunkte einer Messung in einem Bild darstellen, gibt dafür aber keine Werte an. Die Bilder für jeden Reiter und jede Messsequenz (6 für den geteilten Sattel, zwei für den normalen Sattel) wurden mit MATLAB eingelesen. Anhand der Projektion in ein Koordinatensystem konnte jedem Schwerpunkt Koordinaten zugewiesen werden. Mit den entsprechend generierten Werten war die Berechnung des Korrelationskoeffizienten und des Intraclasskoeffizienten möglich.

5.6.3 Mathematische Definitionen

Folgende Situation ist gegeben: Man habe N Gruppen mit jeweils K Mitgliedern. Dann bezeichne $x_{n,k}$ die Messung des k -ten Mitglieds der n -ten Gruppe. Der Mittelwert über alle Messungen wird mit \bar{x} bezeichnet:

$$\bar{x} = \frac{1}{NK} \sum_{n,k} x_{n,k}.$$

Die Varianz über alle Messungen wird mit σ^2 bezeichnet:

$$\sigma^2 = \frac{1}{NK} \sum_{n,k} (x_{n,k} - \bar{x})^2.$$

Der Mittelwert innerhalb der n -ten Gruppe bezeichnen wir mit \bar{x}_n :

$$\bar{x}_n = \frac{1}{K} \sum_k x_{n,k}.$$

Intraclasskoeffizient

Der Intraclasskoeffizient (ICC) r_{ICC} ist folgendermassen definiert:

$$\begin{aligned} r_{ICC} &= \frac{1}{K-1} \frac{\sum_n \sum_{k \neq k'} (x_{n,k} - \bar{x})(x_{n,k'} - \bar{x})}{\sum_{n,k} (x_{n,k} - \bar{x})^2} \\ &= \frac{1}{NK(K-1)\sigma^2} \sum_n \sum_{k \neq k'} (x_{n,k} - \bar{x})(x_{n,k'} - \bar{x}). \end{aligned}$$

Der ICC misst, wie stark sich die Messungen innerhalb der Gruppen ähneln. Auf Grund obiger Formel gilt $-\frac{1}{K-1} \leq r_{ICC} \leq 1$, das heisst er liegt grundsätzlich zwischen 0 und 1, kann aber auch leicht negative Werte annehmen. Je näher r_{ICC} bei 1 liegt, desto mehr ähneln sich die Messungen innerhalb der Gruppen.

Der ICC wird folgendermassen interpretiert: ICC < 0.4 schwach; ICC = 0.40 - 0.59 mittelmässig; ICC = 0.60 - 0.74 gut; ICC = 0.75 - 1.00 sehr gut.

Korrelationskoeffizient

Der Korrelationskoeffizient (CC) r_{CC} ist folgendermassen definiert:

$$r_{CC} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1)s_x s_y} = \frac{c(X, Y)}{s_x s_y}$$

wobei X, Y die Zufallsvariablen, $c(X, Y)$ die Kovarianz zwischen X und Y , \bar{x}, \bar{y} die Mittelwerte und s_x, s_y die Standardabweichungen sind.

Der CC misst den linearen Zusammenhang zwischen zwei Zufallsvariablen X, Y und ist ein Wert zwischen -1 und +1.

- Wenn kein Zusammenhang zwischen X und Y besteht, ist der $CC = 0$.
- Je stärker der Zusammenhang zwischen X und Y desto näher bei +1 resp. -1 liegt der CC.
- Bei +1 liegen alle Punkte der Daten im Punktediagramm auf einer steigenden Geraden; entsprechend bei -1 auf einer fallenden Geraden.
- Ein positiver CC bedeutet, dass grosse x -Werte eher mit grossen y -Werten verbunden sind und ebenso kleine x -Werte mit eher kleinen y -Werten.
- Bei einem negativen CC bedeutet es umgekehrt, dass grosse x -Werte eher mit kleinen y -Werten und kleine x -Werte eher mit grossen y -Werten verbunden sind.

Kapitel 6

Ergebnisse

6.1 Ergebnisse der Videoanalyse

Die Ergebnisse der Videoanalyse sind folgende Winkel, ausgewertet aus den vier Fotos pro Reiter:

HG = Hüftgelenk

KG = Kniegelenk

OSG = Oberes Sprunggelenk

KLA = Körperlängsachse

EW = Ellenbogen - Winkel

HZW = Hand - Zügel - Winkel

VSDE3 = Equisoftsattel, geteilter Sattelbaum mit Steigbügelposition 3

VSD = normaler Sattel

HG	a	b	c	d	e	f	g	Referenz
VSDE3	118.48	116.69	139.29	130.34	117.4	115.92	117.93	
VSD	124.06	117.58	122.18	119.27	117.78	115.67	120.21	135.37
KG	a	b	c	d	e	f	g	
VSDE3	122.18	104.56	128.36	110.31	116.04	114.94	116.52	
VSD	119.94	106.61	96.43	101.3	120.82	105.42	114.54	117.44
OSG	a	b	c	d	e	f	g	
VSDE3	60.5	70.22	60.72	96.21	71.51	69.27	64.83	
VSD	58.7	75.03	59.83	78.37	74.98	67.47	69.04	82.33
KLA	a	b	c	d	e	f	g	
VSDE3	73.05	77.17	82.1	84.19	75.75	78.63	80.41	
VSD	74.59	78.78	81.42	79.71	74.95	78.32	81.64	78.865
EW	a	b	c	d	e	f	g	
VSDE3	152.43	142.39	135.81	146.38	150.78	141.25	137.46	
VSD	124.94	151.13	148.53	139.9	139.25	125.59	137.15	122.9
HZW	a	b	c	d	e	f	g	
VSDE3	184.14	156.1	151.32	150.01	151.15	152.72	176.03	
VSD	158.04	149.23	155.74	151.85	167.86	172.86	177.42	172.75

Abbildung 6.1: Gelenkwinkel der Sitzphase der Reiter im Trab; Referenzwinkel von Profireiterin Heather Blitz

Fett: Winkelunterschiede >15° beim gleichen Reiter zwischen den Sätteln,

rot: Abweichungen, die eine Störung der Biomechanik des Reiters und/oder des Pferdes zeigen

	a	b	c	d	e	f	g	Referenz
HG								
VSDE3h	159.69	154.54	162.09	153.7	156.53	153.89	171.94	
VSDh	146.88	158.19	151.44	148.11	155.16	160.39	168.4	165.13
KG								
VSDE3h	146.82	136.44	148.21	143.25	143.77	143.41	144.95	
VSDh	141.88	145.64	137.52	128.42	147.9	142.76	148.37	151.06
OSG								
VSDE3h	75.38	83.11	71.07	90.3	91.39	74.22	62.45	
VSDh	74.6	80.54	81.07	73.89	83.54	72.37	64.69	83.14
KLA								
VSDE3h	86.56	90.89	88.75	88.46	90.82	86.66	98.41	
VSDh	83.28	93.87	87.58	88.84	88.05	88.44	96.87	82.5
EW								
VSDE3h	156.52	151.19	138.59	160.9	163.88	140.36	155.04	
VSDh	140.74	156.3	158.43	154.39	158.04	131.33	169.12	124.1
HZW								
VSDE3h	183.16	160.16	169.44	151.5	161.05	162.72	160.61	
VSDh	171.45	165.2	168.04	151.83	159.17	163.04	159.22	172.87

Abbildung 6.2: Gelenkwinkel des höchsten Punktes der Standphase der Reiter im Trab; Referenzwinkel von Profireiterin Heather Blitz

Fett: Winkelunterschiede $>15^\circ$ beim gleichen Reiter zwischen den Sätteln,

rot: Abweichungen, die eine Störung der Biomechanik des Reiters und/oder des Pferdes zeigen

Alle Winkel sind in Grad angegeben und auf 3-8° genau. Dies ist vergleichbar mit der Messungenauigkeit eines Goniometer (Winkelmesser mit zwei beweglichen Armen, in der Medizin verwendet) [19]. Bei gleicher Messperson/gleichem Auswerter ist die Intratesterreliabilität gegeben.

Intra-Class-Coeffizienten der Winkelstellungen aller Reiter für die zwei Sättel

	HG Stand	HG Sitz	KG Stand	KG Sitz	OSG Stand	OSG Sitz	KLA Stand	KLA Sitz
Reiter	0.4074	0.1932	-0.2026	-0.1784	0.5230	0.6988	0.8453	0.7932
Sattel	-0.0936	-0.1133	-0.1228	0.0170	-0.1402	-0.1603	-0.1615	-0.1642

6.2 Ergebnisse der Satteldruckmessung

In den folgenden Abbildungen 6.3, 6.4, 6.5 und 6.6 sind die Messwerte für Druck und Schwerpunkt dargestellt. Dabei wurden die Daten verschieden gruppiert: In Abb. 6.3, 6.4 wurden die Daten nach Steigbügelposition respektive Sattel gruppiert, in Abb. 6.5, 6.6 wurden die Daten reiterweise (Reiter $a - i$) gruppiert.

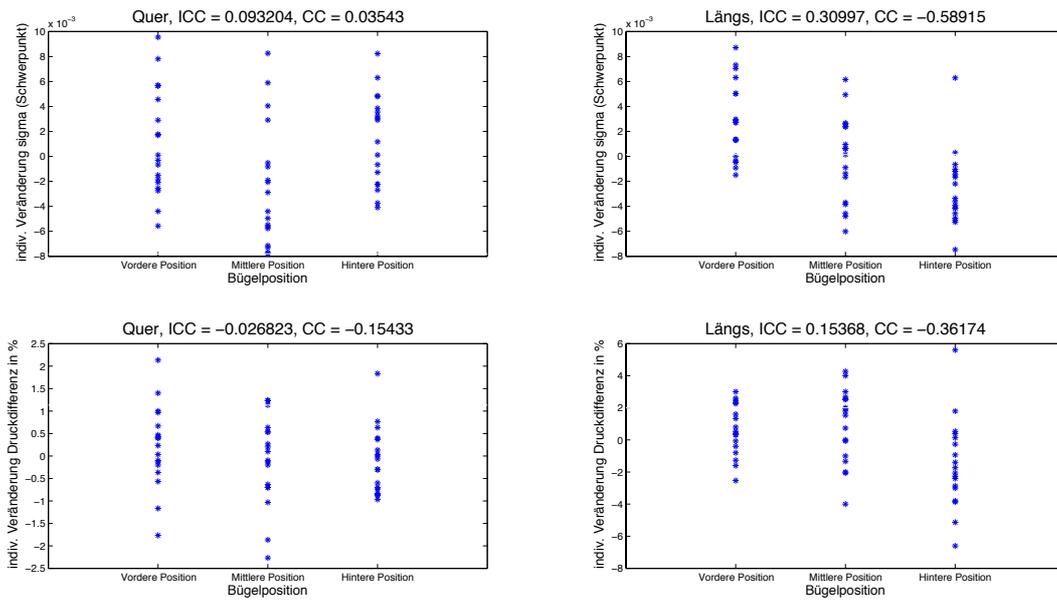


Abbildung 6.3: Individuelle Veränderung der neun Reiter: zwei Messpunkte pro Reiter und Bügelposition

ICC = Intraklassenkoeffizient; CC = Korrelationskoeffizient

Quer = Querrichtung des Sattels; Längs = Längsrichtung des Sattels

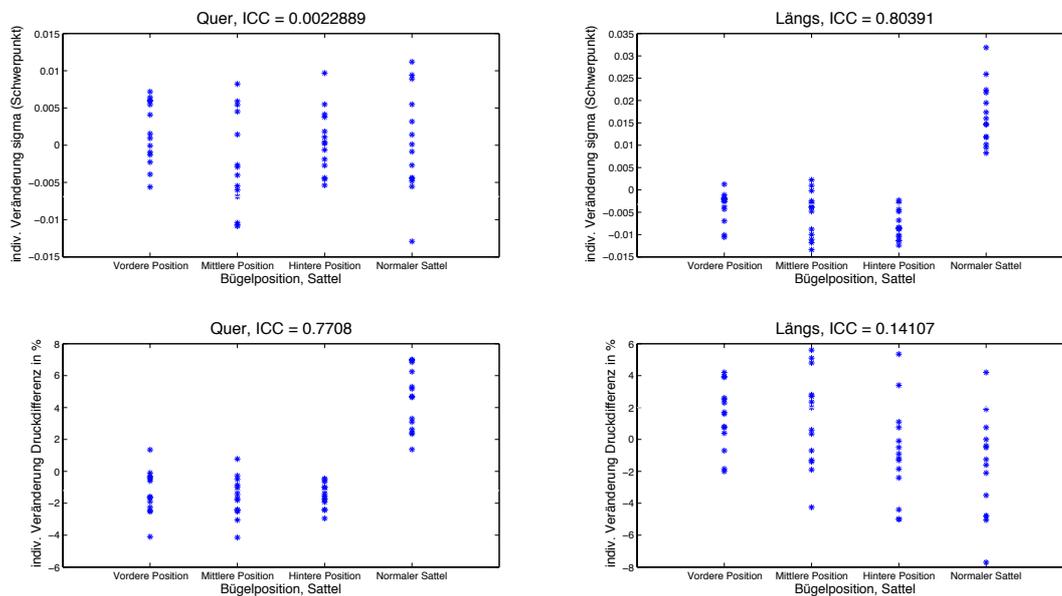


Abbildung 6.4: Individuelle Veränderung der sieben Reiter: zwei Messpunkte pro Reiter und Bügelposition

inklusive normaler Sattel mit zwei Messpunkten pro Reiter

ICC = Intraklassenkoeffizient; CC = Korrelationskoeffizient

Quer = Querrichtung des Sattels; Längs = Längsrichtung des Sattels

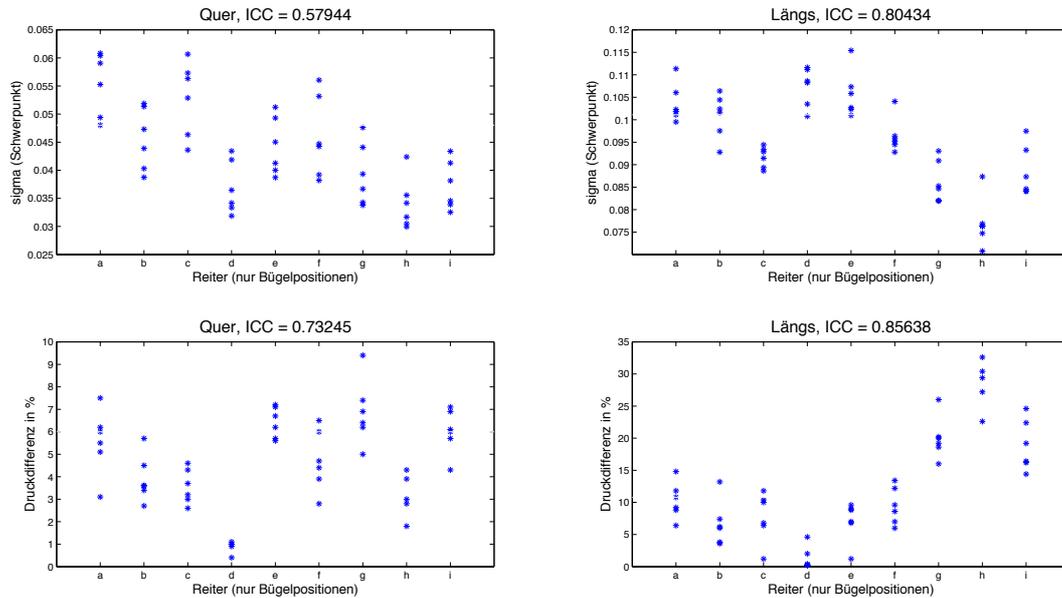


Abbildung 6.5: Neun Reiter *a-i*: sechs Messpunkte pro Reiter (3 Bügelpositionen mit jeweils zwei Messpunkten für den geteilten Sattel)
 ICC = Intraklassenkoeffizient; Quer = Querrichtung des Sattels; Längs = Längsrichtung des Sattels

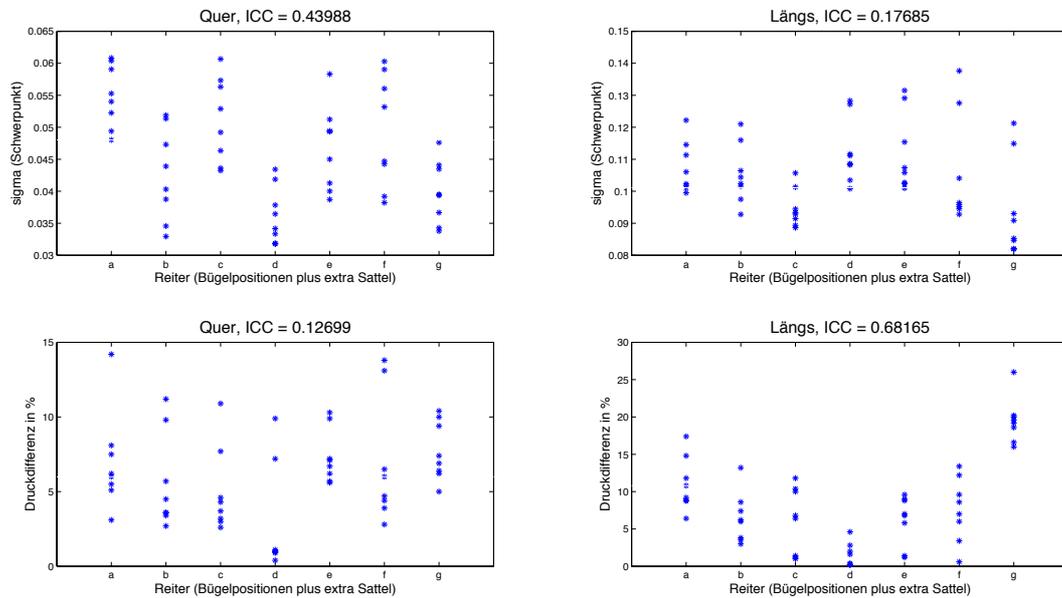


Abbildung 6.6: Sieben Reiter *a-g*: acht Messpunkte pro Reiter (3 Bügelpositionen mit jeweils zwei Messpunkten für den geteilten Sattel und zwei Messpunkte für den normalen Sattel)
 ICC = Intraklassenkoeffizient; Quer = Querrichtung des Sattels; Längs = Längsrichtung des Sattels

Kapitel 7

Diskussion

7.1 Diskussion der Satteldruckmessung

Die berechneten ICC und CC werden auf Grund des Bias bei der Datenerhebung (Messungenauigkeit des Goniometers, Angurtung des Sattels von der rechten Seite, Messfehler der Sensoren, Ermüdung des Pferdes) auf zwei Komastellen gerundet.

Abb. 6.3 zeigt die Datenauswertung für den VSD Genesis Equi-Soft mit drei verschiedene Steigbügelpositionen. Die 'vordere Position' ist am weitesten cranial, also zum Pferdekopf hin gelegen (1-T=17 cm). Die Standardabweichung des Schwerpunktes in Querrichtung mit einem ICC = -0.09 in Abb. 6.3 zeigt, dass sich die Messungen in den Gruppen nicht ähnlich sind. Auch der CC = 0.03 liegt nahe bei 0 und weist auf keinen Zusammenhang zwischen der Bügelposition (x -Achse) und der Standardabweichung des Schwerpunktes (y -Achse) hin.

Für die Standardabweichung des Schwerpunktes in Längsrichtung mit einem ICC = 0.30 ist eine leichte Ähnlichkeit der Messungen in den Gruppen erkennbar. Der CC = -0.58 zeigt einen Zusammenhang zwischen der Bügelposition (x -Achse) und der Standardabweichung des Schwerpunktes (y -Achse). Dabei kann eine fallende Gerade von der 'vordere Position' zur 'hintere Position' mit 3-T = 11 cm (Abb. 5.6) vermutet werden. Damit wäre die 'hintere Position' zu favorisieren, weils diese die geringsten Standardabweichungen zum Schwerpunkt auslöst. Die Druckdifferenzen in Querrichtung ergeben für den ICC und den CC so kleine Werte, dass von keiner Ähnlichkeit und von keinem Zusammenhang ausgegangen werden muss. Für die Druckdifferenzen in Längsrichtung lässt sich wie bei der Standardabweichung des Schwerpunktes mit einem CC = -0.36 ein schwacher Zusammenhang (wiederum eine fallende Gerade) vermuten.

Anhand dieser Messergebnisse darf angenommen werden, dass der Ort der Bügelaufhängung weder für die Schwerpunktverlagerung noch für die Differenzen der Druckaktivität in Querrichtung des Sattels eine entscheidende Rolle spielt. Die Relevanz des in Abb. 6.3 sichtbaren, schwachen Zusammenhanges zwischen Bügelposition und Druckdifferenz mit einem CC = -0.15 ist anzuzweifeln, weil bei so kleinen Korrelationskoeffizienten durchaus auch von einem zufälligen Muster ausgegangen werden kann. Die fallende Gerade weist damit höchstens auf eine potentielle Favorisierung der 'hintere Position' hin. Für die Messergebnisse in Längsrichtung des Sattels hingegen spielt der Ort der Bügelaufhängung eine Rolle. Umso näher sich der Ort der Bügelaufhängung beim Tiefpunkt des Sattels befindet, also da wo der Reiter sitzt (Position der Tuber Ischiadici), desto weniger Schwerpunktverlagerung und Differenzen der Druckaktivität zeigen die Reiter (CC = -0.58 und CC = -0.36). Der Abstand 3-T=11 cm scheint die beste Position zu sein. Eine weitere Erklärung für die Tendenz der Messresultate, wonach die 'hintere Position' der Steigbügelaufhängung des VSD Genesis Equi-Soft zu favorisieren ist, könnte auch damit zusammenhängen, dass in dieser Position gerade bei den Frauen mehr Platz für den Oberschenkel vorhanden ist.

Ein ganz neuen Effekt ist in Abb.6.4 zu beobachten. Der Standardsattel VSD Genesis wird zusätzlich als 'Normaler Sattel' dargestellt, hat effektiv einen Abstand $1-T = 15-17$ cm, also vergleichbar mit 'vordere Position' oder 'mittlere Position' beim VSD Genesis Equi-Soft. Bei der Analyse der Messdaten bezüglich der Standardabweichung des Schwerpunktes in Querrichtung tritt keine nennenswerte Veränderung auf. Anders bei der Standardabweichung des Schwerpunktes in Längsrichtung, bei welcher die Ähnlichkeit innerhalb der Gruppen mit einem $ICC = 0.80$ sehr gross ist.

Auch bei der Druckdifferenz in Querrichtung ($ICC = 0.77$) zeigt sich die Ähnlichkeit innerhalb der Gruppen. Für die Druckdifferenz in Längsrichtung ist der $ICC = 0.14$ eher einem zufälligen Effekt zuzuschreiben. Die grössten Veränderungen sind folglich bei der Standardabweichung des Schwerpunktes in Längsrichtung und bei der Druckdifferenz in Querrichtung zu sehen. Die Grafiken zeigen deutlich den VSD Genesis, 'Normaler Sattel', als Ausreisser mit völlig anderen Messwerten.

Die Erklärung für diese Messwerte liegen mit grösster Wahrscheinlichkeit in der anderen Konstruktionsweise des Sattelbaumes. Beim starrerem Sattelbaum vom VSD Genesis wird der Reiter insgesamt viel mehr ausgelenkt, weil der ganze Sattel in eine Richtung geschoben und verformt wird. Der Reiter begrenzt diese Gewichtsverschiebung entweder mit Druckerhöhung als Gegenaktivität (Abb. 6.4; Druckdifferenz in Querrichtung) oder diese Gewichtsverschiebung wird sichtbar in Form einer vermehrten Schwerpunktverlagerung (Abb. 6.4; Standardabweichung des Schwerpunktes in Längsrichtung). Das 'schwammige' Sitzgefühl (Anhang 11.1) auf dem VSD Genesis könnte ein weiteres Indiz sein, warum eine vermehrte Schwerpunktverlagerung zu beobachten ist. Differenziertes Bewegen ist nur bei präzisen propriozeptiven Rückmeldungen möglich.

Relevant für das Pferd ist an dieser Stelle vor allem im Vergleich der zwei Sättel die geringere Druckdifferenz in Querrichtung beim VSD Genesis Equi-Soft. Da sich das Pferd im Trab möglichst geradlinig nach vorne bewegen soll, ist jede seitliche Auslenkung, welche sich durch Druckaktivität rechts-links zeigt, äusserst störend. Die Differenz der Druckaktivität rechts-links soll also möglichst gering sein!

Somit ist der VSD Genesis in der normalen Ausführung für das Pferd und auch den Reiter als ungünstigere Variante zu betrachten. Der VSD Genesis Equi-Soft übermittelt die Pferdebewegungen dem Reiter anscheinend viel differenzierter, vermittelt damit aber auch ein labileres Sitzgefühl. Dies wurde von den sieben Probanden entsprechend wahrgenommen und beschrieben (Anhang 11.1). Gerade diese labilere Sitzfläche führt wahrscheinlich zu einer erhöhten Reaktionsbereitschaft und neuronalen Voraktivierung, vergleichbar mit einem Gleichgewichtstraining auf labilen Unterstützungsflächen, wie z.B. dem Bertramkreisel (Messungen belegen erhöhte neuronale Aktivitäten und bis zu 12mal mehr Muskelfaseraktivierung) [2]. Differenziertere Bewegungsabläufe werden dadurch gefördert und wirken sich speziell in der geringen Auslenkung in Querrichtung positiv auf das Pferd aus!

In Abb. 6.5 und 6.6 sind die Reiter, für den Vergleich untereinander, einzeln dargestellt (Reiter a - i respektive a - g). Die ICC in Abb. 6.5 lassen für die vier Grafiken den gleichen Schluss zu: Jeder Reiter hat ein eigenes Bewegungsmuster, das ihn von den anderen unterscheidet. In Längsrichtung sind die Ähnlichkeiten etwas grösser ($ICC = 0.80$ für die Standardabweichung des Schwerpunktes und $ICC = 0.85$ für die Druckdifferenz) als in Querrichtung ($ICC = 0.57$ für die Standardabweichung des Schwerpunktes und $ICC = 0.73$ für die Druckdifferenz). Das individuelle Bewegungsmuster jedes Reiters variiert, wie der Grafik entnommen werden kann. Reiter a und Reiter h zeigen für alle vier Grafiken sehr unterschiedliche Messpunkte, Reiter b und f hingegen sehr ähnliche.

Abb. 6.6 zeigt die Daten beider Sättel für sieben Reiter. Dargestellt sind die vier Varianten (VSD Genesis Equi-Soft mit den drei Bügelpositionen und VSD Genesis) mit je zwei Messpunkten. Im Vergleich der Abb. 6.5 und 6.6 zeigt sich bereits visuell, dass der Sattel einen deutlichen Einfluss auf das Bewegungsmuster des Reiters hat. Das visuelle Muster der Verteilung der Messpunkte, also die Ähnlichkeit der Messpunkte eines Reiters, aus Abb. 6.5 ist nur noch undeutlich in Abb. 6.6 zu finden. Die ICC der Daten für beide Sättel zusammen fallen geringer aus als die ICC der Daten für den VSD Genesis Equi-Soft alleine und bezeugen den deutlichen Einfluss des Sattels auf das Bewegungsmuster des Reiters:

- Standardabweichung des Schwerpunktes in Querrichtung:
ICC = 0.43 für beide Sättel versus ICC = 0.57 für den VSD Genesis Equi-Soft
- Standardabweichung des Schwerpunktes in Längsrichtung:
ICC = 0.17 für beide Sättel versus ICC = 0.80 für den VSD Genesis Equi-Soft
- Druckdifferenz in Querrichtung:
ICC = 0.12 für beide Sättel versus ICC = 0.73 für den VSD Genesis Equi-Soft
- Druckdifferenz in Längsrichtung:
ICC = 0.68 für beide Sättel versus ICC = 0.85 für den VSD Genesis Equi-Soft

Das Können des Reiters kann durch die Bügelposition nicht so stark beeinflusst werden wie durch die Konstruktionsweise des Sattels selbst. Die neu entwickelte Technologie von Stübben mit dem geteilten Sattelbaum hat einen unübersehbaren Vorteil für den Reiter und das Pferd (Druckverteilung unter dem Sattel). Der Sattel könnte durch das Weglassen der veränderbaren Steigbügelauflängeposition gewichtsmässig und materialkostentechnisch noch verbessert werden. Dabei muss von keinem nennenswerten Nachteil der Biomechanik des Reiters und deren Einfluss auf das Pferd ausgegangen werden (Abb. 6.3).

7.2 Diskussion der Fotoauswertung

Gut zu erkennen ist die schlechte Bildqualität der Bilder der Messkamera in Abb. 7.1. Das Setzen der Gelenkmarkierung durch Punkte im Programm GeoGebra 5 musste abgeschätzt werden; die Verschiebung eines Punktes um einige Pixel resultiert in der bereits erwähnten Winkelveränderung von 3-8° in Kapitel 6.1. Die Tabelle zu den Intraklassenkoeffizienten der Gelenkwinkel für die Reiter und für die zwei Sättel darf auf Grund der geringen Datenmenge nur sehr vorsichtig interpretiert werden. Darum können mit Bestimmtheit nur diese drei Aussagen gemacht werden:

1. Der Kniegelenkwinkel zeigt weder für die Reiter noch für die Sättel eine Ähnlichkeit.
2. Die Winkelstellungen des Hüftgelenkes, des oberen Sprunggelenkes und der Körperlängsachse ähneln sich für jeden Reiter.
3. Die Winkelstellungen der Reiter zeigen keine Ähnlichkeit innerhalb eines Sattels.

Jeder Reiter weist auch in der Fotoanalyse ein für sich typisches Bewegungsmuster auf, welches sich sowohl in der Druckmessanalyse und der Analyse des Schwerpunktes gezeigt hat. Die zwei Fotos pro Sequenz zeigen die individuellen Tendenzen. Dieses Muster wird weder durch die Veränderung der Steigbügelposition noch durch den Sattelwechsel gross verändert. Beweist sich dieses Bewegungsmuster als ungünstig für Reiter und/oder Pferd, müssen für eine Veränderung dieses Musters folglich andere Korrekturmassnahmen ergriffen werden. Eine Möglichkeit dies zu erreichen hat Mary Wanless [26] demonstriert.



Abbildung 7.1: Bilder der Analyse mit GeoGebra 5; Sitzphase Reiter *a* bis *i* im Vergleich

Reiter *a* und Reiter *h* zeigten bei den Messpunkten deutliche Unterschiede, welche optisch bei der Fotoanalyse ansatzweise erkennbar sind. Reiter *g* und Reiter *h* sind z.B. beim Stand im Sattel immer klar hinter der Senkrechten. Die Körperlängsachse weist einen Winkel über 90° auf. Dies widerspiegelt sich auch in der Druckmessanalyse mit einer Druckzunahme in Längsrichtung (Abb. 6.3). Weil der Körperschwerpunkt nicht mit der Bewegung nach vorne geht, ist die Streuung des Schwerpunktes geringer und die Druckdifferenz grösser, weil dies im Sinne einer Kompensation nötig ist (Begrenzung der Gewichtsverschiebung durch Gegenaktivität). Für spezifischere Aussagen müssten die Videos betrachtet werden, um den Reiter in seiner Dynamik zu beobachten.

Änderungen im individuellen biomechanischen Muster zwischen den vier Messsituationen (drei Steigbügelpositionen und ein anderer Sattel) konnten mit der vorhandenen Analyse-methode nicht entdeckt werden. Auf den Fotos/Videos sind keine auffällige Änderungen zu beobachten. Die Druckmesswerte zeigen beim Sattelwechsel aber einen deutlichen Unterschied. Rein optisch lässt eine Analyse des vorliegenden Materials demnach keinen Rückschluss auf die Veränderung der Druckverteilung zwischen den zwei Sätteln zu.

Die Qualität der Biomechanik des Reiters kann auch anhand der Körperhaltung des Pferdes auf den Videos und Fotos beurteilt werden (Abb. 3.11). Wie Abb. 7.1 zeigt, kann nur wenig Ähnlichkeit zwischen der Pferdekörperhaltung unter den verschiedenen Reitern gefunden werden. Die Kopf-Halsstellung des Pferdes variiert stark, die Schweifhaltung hingegen ist relativ konstant. Auf den Videos sind deutliche Variationen der Schrittlänge und des Rhythmus ersichtlich. Diese Muster in der Biomechanik des Pferdes wurden auch durch die unterschiedliche

Steigbügelabhängung oder den Sattelwechsel nur sehr gering beeinflusst. Eine bessere Bildqualität, Gelenksmarker am Pferd und eine längere Messsequenz mit geringer perspektivischer Verzerrung könnten zu genaueren Analysen und Resultaten führen.

Kapitel 8

Zusammenfassung

8.1 Beantwortung der Fragestellung

Angelehnt an die Messergebnisse und deren Diskussion können die Hypothesen dieser Masterarbeit beantwortet werden:

- *Die Druckverteilung auf dem Pferderücken repräsentiert die individuelle Biomechanik des Reiters.*
Die Intraklassenkoeffizienten von 0.73 in Querrichtung und 0.85 in Längsrichtung bestätigen diese Hypothese.
- *Die Druckverteilung auf dem Pferderücken wird durch die Steigbügelposition beeinflusst.*
Mit einem Korrelationskoeffizienten von 0.15 in Querrichtung und 0.36 in Längsrichtung erfordert diese Hypothese weitere Untersuchungen und kann so nicht bestätigt werden.
- *Die Druckverteilung auf dem Pferderücken wird durch den Sattel beeinflusst.*
Diese Hypothese kann für die Druckverteilung in Querrichtung mit einem Intraklassenkoeffizienten von 0.77 bestätigt werden. Für die Druckdifferenz in Längsrichtung muss die Hypothese jedoch verworfen werden.
- *Die Verteilung des Schwerpunktes repräsentiert die individuelle Biomechanik des Reiters.*
Mit Intraklassenkoeffizienten von 0.57 in Querrichtung und 0.80 in Längsrichtung kann diese Hypothese bestätigt werden.
- *Die Verteilung des Schwerpunktes auf dem Pferderücken wird durch die Steigbügelposition beeinflusst.*
Für die Querrichtung muss diese Hypothese mit einem Korrelationskoeffizienten von 0.03 verworfen werden. Für die Längsrichtung hingegen, kann die Hypothese mit einem Korrelationskoeffizienten von 0.58 bestätigt werden.
- *Die Verteilung des Schwerpunktes auf dem Pferderücken wird durch den Sattel beeinflusst.*
Diese Hypothese kann für die Druckverteilung in Querrichtung mit einem Intraklassenkoeffizienten von 0.002 verworfen werden. Für die Druckdifferenz in Längsrichtung kann die Hypothese bei einem Intraklassenkoeffizienten von 0.80 bestätigt werden.

Für die Gleichung,

$$\text{Reitkönnen} + \text{Sattelpassform Reiter} + \text{Sattelpassform Pferd} = \text{Druckverteilung auf dem Pferderrücken}$$

bedeutet dies, dass die Sattelpassform für den Reiter den grössten Einfluss auf die Druckverteilung auf dem Pferderrücken hat.

8.2 Biomechanik des Reiters

Anhand des Videomaterials kann das individuelle Bewegungsmuster des Reiters dargestellt werden. Dieses Bewegungsmuster wird rein optisch durch Veränderungen am Sattel nur sehr gering beeinflusst. Anhand der Ergebnisse aus der Druckmessanalyse muss jedoch davon ausgegangen werden, dass auch die Biomechanik massgeblich vom Sattelwechsel abhängt. Eine deutliche Zunahme der Druckdifferenzen, wie sie in dieser Arbeit beobachtet wurde, muss das Bewegungsmuster des Reiters beeinflussen. Denn diese Druckdifferenzen repräsentieren muskuläre Aktivitäten und/oder den Einsatz von Gegengewichten (Kapitel 7.1). Für die Korrektur dieser Muster braucht es mehr als die Veränderungen am Sattel. Es braucht verbale, taktile und visuelle Anleitung durch eine entsprechend ausgebildete Fachperson. Damit ist die Beeinflussung der Biomechanik von Pferd und Reiter möglich, wie Mary Wanless unzählige Male bewiesen hat (Abb. 3.11). Rückschlüsse auf die Druckverteilung auf dem Pferderrücken sind nur mit entsprechendem Equipment möglich, die optische Analyse der Reiterbiomechanik ist dafür unzureichend.

Kapitel 9

Ausblick

In Anlehnung an diese Masterarbeit wären in weiteren Studien zum Thema Biomechanik des Reiters folgende Fragen zu klären:

- Wird durch die Korrektur der reiterlichen Biomechanik, welche sichtbar diejenige des Pferdes positiv beeinflusst, die Druckverteilung in Längs- und/oder in Querrichtung symmetrischer und konstanter?
- Kann durch die Korrektur der reiterlichen Biomechanik, welche sichtbar diejenige des Pferdes positiv beeinflusst, die Bewegung des Schwerpunktes des Reiters verringert werden?
- Führt die Verlängerung der Steigbügel, mit einem Hüftgelenkwinkel unter 40° , zu größeren Bewegungen des Schwerpunktes des Reiters?
- Führt die Verlängerung der Steigbügel, mit einem Hüftgelenkwinkel unter 40° , zu höheren Druckdifferenzen des Reiters in Längs- und/oder in Querrichtung des Sattels?
- Führt eine weichere Sitzfläche des Sattels zu größeren Bewegungen des Schwerpunktes des Reiters?
- Können die vorliegenden Messresultate mit dem VSD Genesis Equi-Soft und einem normalen Sattel eines anderen Herstellers reproduziert werden?
- Führen die Korrekturen der Biomechanik des Reiters nach Mary Wanless zu anderen EMG-Mustern der Becken-Beinmuskulatur?
- Führen die Korrekturen der Biomechanik des Reiters nach Mary Wanless zu anderen EMG-Mustern der Rumpfmuskulatur?
- Führen die Korrekturen der Biomechanik des Reiters nach Mary Wanless zu signifikant anderen Bewegungsmustern des Reiters und Pferdes (Messung mit der Viconkamera oder ähnlichem System)?
- Sind Druckveränderungen unter dem Sattel in der Biomechanik des Reiter anhand einer Viconkamera oder einem ähnlichen System sichtbar?
- Sind vermehrte Schwerpunktverlagerungen unter dem Sattel bei einem Sattelvergleich in der Biomechanik des Reiter anhand einer Viconkamera oder einem ähnlichen System sichtbar?

Kapitel 10

Danksagung

Den innigsten Dank möchte ich an dieser Stelle meinem Ehemann Simon aussprechen. Ohne seine Beratung, seine mathematisch - analytische Denkweise und seine geduldige Unterstützung in jeglicher Hinsicht wäre diese Arbeit so nicht zustande gekommen.

Allen Reitern, welche mir ihre Zeit frei zur Verfügung gestellt haben und zu den Resultaten dieser Arbeit massgeblich beigetragen haben möchte ich herzlichst danken.

Grossen Dank an Mary Wanless, welche mit ihrer jahrelanger Analyse und intensivster Auseinandersetzung mit der Problematik der reiterlichen Biomechanik die Grundlagen des Gedankengutes einer harmonischen Reiter-Pferd-Interaktion geschaffen hat. Ihre didaktischen Fähigkeiten durfte ich im April 2016 selber geniessen und davon enorm profitieren. Den Effekt einer Veränderung der eigenen Biomechanik am Pferd zu spüren ist unbeschreiblich.

Meiner Mutter Johanna Harder, meiner Schwester Mirjam Harder und meinem Bruder Ruben Harder danke ich für ihr Engagement beim Korrekturlesen einzelner Abschnitte, ihre detaillierten Anregungen und kritischen Bemerkungen. Auch die mentale, finanzielle und materielle Unterstützung hat diese Masterarbeit in vorliegender Form überhaupt erst ermöglicht.

Kapitel 11

Anhang

11.1 Subjektive Wahrnehmung

Die subjektiven Wahrnehmungen der Reiter zum Reiten mit den zwei verschiedenen Sätteln, wie auch den drei unterschiedlichen Steigbügelpositionen wurde erfragt. Diese Aussagen wurden gesammelt, um sie bei Unklarheiten beiziehen zu können.

VSD Genesis Equi-Soft Steigbügelposition 1

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>
instabiles Sitzgefühl rechts-link	nein	ja	nein	ja	ja	nein	nein	ja	nein
präzises Sitzgefühl allgemein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	nein	ja
instabiles Sitzgefühl vorne-hinten	nein	ja	nein	ja	ja	nein	nein	ja	nein

VSD Genesis Equi-Soft Steigbügelposition 2

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>
unruhiges Bein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	nein	nein
präzises Sitzgefühl allgemein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	nein	ja
instabiles Sitzgefühl rechts-links	nein	ja	nein	ja	ja	nein	nein	ja	nein
instabiles Sitzgefühl vorne-hinten	nein	ja	nein	ja	ja	nein	nein	ja	nein

VSD Genesis Equi-Soft Steigbügelposition 3

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>
stabiles Bein	nein	nein	nein	ja	nein	nein	ja	nein	ja
präzises Sitzgefühl allgemein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	nein	ja
instabiles Sitzgefühl rechts-links	nein	ja	nein	ja	ja	nein	nein	ja	nein
instabiles Sitzgefühl vorne-hinten	nein	nein	nein	ja	ja	ja	nein	ja	nein
stabiles Sitzgeföhle allgemein	nein	ja							
Druck am Oberschenkel	nein	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	nein

VSD Genesis

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>
unruhiger Oberkörper	nein	ja	nein	ja	ja	ja	nein	ja	nein
schwammiges Sitzgefühl	nein	nein	nein	nein	ja	ja	nein	nein	nein

11.2 Formulare zur Statikvermessung

Befund Statik Reiter a

Grösse/Gewicht 169cm/60kg

Konstitution

Längen Oberschenkel 45cm
Unterschenkel 43.5 cm
Oberlänge 80.5 cm
Unterbänge 88.5 cm

Breiten - Schultergelenksabstand

Statik im Stand

Dekompensation der Brustwirbelsäule
Protraktion Kopf,
Leichte Innenrotation der Hüften beidseits
Leichte x-Bein Stellung beidseits

Bücken

Mischbücktyp, eher horizontaler Bücktyp

Auffällige Merkmale beim Reiten

- Stuhlsitz,
- ++ Vorneigung Körperlängsachse
- Protraktion Kopf
- Arme zu weit nach vorne gestreckt
- Tendenz zu viel Gewicht in den Steigbügel zu geben: Ferse näher am Boden als Fussspitze

Befund Statik Reiter b

Grösse/Gewicht 170cm/67kg

Konstitution

Längen Oberschenkel 42cm
Unterschenkel 48 cm
Oberlänge 80 cm
Unterbänge 90 cm

Breiten unauffällig

Statik im Stand

Flachrücken
+ Adduktorengewebe
Leichte x-Bein Stellung beidseits

Bücken

Mischbücktyp, eher vertikaler Bücktyp

Auffällige Merkmale beim Reiten

- Tendenz zum Treiben mit der dorsalen Beinmuskulatur beim Sitz im Trab, leichtes Hochziehen der Ferse

Befund Statik Reiter c

Grösse/Gewicht 158cm/50kg

Konstitution

Längen Oberschenkel 41cm
Unterschenkel 42.5 cm
Oberlänge 74.5 cm
Unterbänge 83.5 cm

Breiten unauffällig

Statik im Stand

Flachrücken
kräftige, muskulöse Beine

Bücken

Mischbücktyp, eher vertikaler Bücktyp

Auffällige Merkmale beim Reiten

- Tendenz zum Treiben mit der dorsalen Beinmuskulatur beim Sitz im Trab,
- mehr Zug am rechten Zügel und leichte Seitneigung des Oberkörpers nach rechts
- Tendenz zu viel Gewicht in den Steigbügel zu geben: Ferse näher am Boden als Fussspitze

Befund Statik Reiter d

Grösse/Gewicht 188cm/87kg

Konstitution

Längen Oberschenkel 43cm
Unterschenkel 53 cm
Oberlänge 92 cm
Unterbänge 96 cm

Breiten unauffällig

Statik im Stand

Dekompensation der Brustwirbelsäule
leichte Protraktion des Kopfes
Leichte x-Bein Stellung beidseits

Bücken

Mischbücktyp

Auffällige Merkmale beim Reiten

- ausgeprägte Tendenz zum Treiben mit der dorsalen Beinmuskulatur beim Sitz im Trab, Hochziehen der Ferse
- Dekompensation der Brustwirbelsäule
- Protraktion Kopf

Befund Statik Reiter e

Grösse/Gewicht 172cm/65kg

Konstitution

Längen Oberschenkel 39.5 cm
Unterschenkel 47 cm
Oberlänge 85.5 cm
Untertlänge 86.5 cm

Breiten unauffällig

Statik im Stand

Flachrücken
leichte Protraktion des Kopfes

Bücken

Mischbücktyp

Auffällige Merkmale beim Reiten

- Stuhlsitz
- Tendenz zu viel Gewicht in den Steigbügel zu geben: Ferse näher am Boden als Fussspitze
- Tendenz zur Überstreckung und Rückwärtsneigung der Körperlängsachse beim Leichttraben in der Standphase
- Arme zu sehr nach vorne gestreckt

Befund Statik Reiter f

Grösse/Gewicht 167cm/65kg

Konstitution

Längen Oberschenkel 40cm
Unterschenkel 44 cm
Oberlänge 83 cm
Untertlänge 84 cm

Breiten unauffällig

Statik im Stand

Flachrücken
kräftige, muskulöse Beine mit + Adduktorengewebe

Bücken

Mischbücktyp, Tendenz zum vertikalen Bücktyp

Auffällige Merkmale beim Reiten

- leichte Protraktion Kopf
- Tendenz zu viel Gewicht in den Steigbügel zu geben: Ferse näher am Boden als Fussspitze

Befund Statik Reiter g

Grösse/Gewicht 168.5cm/70kg

Konstitution

Längen Oberschenkel 42cm
Unterschenkel 47.5 cm
Oberlänge 79 cm
Untertlänge 89.5 cm

Breiten unauffällig

Statik im Stand

Flachrücken
+ Adduktorengewebe
+ Masse am Becken im Vergleich zum Oberkörper
leichte + Innenrotation in den Hüftgelenken

Bücken

Mischbücktyp, Tendenz zum horizontalen Bücktyp

Auffällige Merkmale beim Reiten

- leichte Protraktion Kopf
- Stuhlsitz; Tendenz zu viel Gewicht in den Steigbügel zu geben: Ferse näher am Boden als Fussspitze
- Tendenz zur Rückneigung im Sitz
- Deutliche Rückneigung der Körperlängsachse beim Leichttraben in der Standphase mit sichtbarer Anspannung der Glutäalmuskulatur

Befund Statik Reiter h

Grösse/Gewicht 170cm/79kg

Konstitution

Längen Oberschenkel 45 cm
Unterschenkel 48 cm
Oberlänge 77 cm
Untertlänge 93 cm

Breiten + Beckenbreite
+ Trochanterabstand

Statik im Stand

Flachrücken
+ Adduktorengewebe
+ Masse am Becken

Bücken

Mischbücktyp, Tendenz zum horizontalen Bücktyp

Auffällige Merkmale beim Reiten

- leichte Protraktion Kopf
- Hyperextension im thorakolumbalen Übergang
- Vorneigung der Körperlängsachse
- Tendenz zur Überstreckung der Beine und Verschiebung des Knies nach hinten Richtung Becken

Befund Statik Reiter i**Grösse/Gewicht** 171cm/62kg**Konstitution****Längen** Oberschenkel 41 cm

Unterschenkel 46.5 cm

Oberlänge 83.5 cm

Untenlänge 87.5 cm

Breiten schmales Becken für eine Frau**Statik im Stand**

leichte Beckenkipfung nach anterior

Bücken

vertikaler Bücktyp

Auffällige Merkmale beim Reiten

- Tendenz zu viel Gewicht in den Steigbügel zu geben: Ferse näher am Boden als Fussspitze
- Tendenz zur Rückneigung der Körperlängsachse im Sitz und beim Leichttrab in der Standphase
- deutliches Anspannen der Glutäalmuskulatur und Beckenkipfung nach posterior
- Bewegungen eher steif und ruckartig

11.3 Einverständniserklärungen der Reiter

Einwilligungserklärung

Ich
(Vorname, Name)

erkläre, dass ich die Einverständniserklärung zur Teilnahme am Projekt „der funktionelle Reitersitz – wie Konstitution, Bewegungsverhalten und die Steigbügelauflageposition den Reitersitz beeinflussen“ der Universität Basel erhalten habe.

Ich bin damit einverstanden, dass die im Rahmen des Projektes erhobenen Daten, sowie sonstige mit dieser Studie zusammenhängende personenbezogene Daten aufgezeichnet werden. Es wird gewährleistet, dass diese Daten nicht an Dritte weitergegeben werden. Die erhobenen persönlichen Daten unterliegen strengstens dem Datenschutzgesetz.

Ich wurde für mich ausreichend schriftlich oder mündlich über den Messablauf informiert. Ich bin den Umgang mit Pferden vertraut und weiss über die Risiken und Gefahren beim Reiten Bescheid. Das Tragen eines Reithelms ist Pflicht und die Versicherung bei einem allfälligen Sturz Sache des Teilnehmers.

Ich weiß, dass ich jederzeit meine Einwilligung, ohne Angaben von Gründen, widerrufen kann, ohne dass dies für mich nachteilige Folgen hat.

den, _____
(Ort) (Datum) (Teilnehmer/in)

Ich Trudina Schugger
 (Vorname, Name)

Müllheim den, 19.09.15
 (Ort) (Datum) (Teilnehmer/in)

Ich Pius Schugger
 (Vorname, Name)

Müllheim den, 19.09.15
 (Ort) (Datum) (Teilnehmer/in)

Ich Lina Stabel
 (Vorname, Name)

Müllheim den, 19.9.15
 (Ort) (Datum) (Teilnehmer/in)

Ich Maja Singer
 (Vorname, Name)

den, Müllheim, 19.9.15
 (Ort) (Datum) (Teilnehmer/in)

Ich Natascha Hugelstrater
 (Vorname, Name)

den, Müllheim, 19.9.15
 (Ort) (Datum) (Teilnehmer/in)

Ich Claudia Moser
 (Vorname, Name)

Müllheim den, 19.9.15
 (Ort) (Datum) (Teilnehmer/in)

Ich Andrea Wälti
 (Vorname, Name)

den, Müllheim 19.9.15
 (Ort) (Datum) (Teilnehmer/in)

Ich Rebora Horder
 (Vorname, Name)

Müllheim den, 19.09.15
 (Ort) (Datum) (Teilnehmer/in)

Ich Daniela Völ
 (Vorname, Name)

den, Müllheim, 19.9.15
 (Ort) (Datum) (Teilnehmer/in)

Literaturverzeichnis

- [1] Albrecht, D. (2016) *Der Satteltester*. url:<http://www.team-satteltester.de/index.php/de/der-satteltester> (2015-10-12)
- [2] Bertram, A., Laube, W. (2008) *Sensomotorische Koordination*. Georg Thieme Verlag, 1. Auflage. isbn:978-313-143791-4
- [3] Bürge, E., Spirgi-Gantert, I., Grillo, T. (2013) *Klein-Vogelbach Functional Kinetics Bal-lübungen* Springer Medizin Verlag Heidelberg, 5. Auflage. isbn-13:978-3-642-22069-2
- [4] Byström, A., Rhodin, M., Peinen, K., Weishaupt, M. A., Roepstorff, L. (2009) *Basic kine-matics of the saddle and rider in high-level dressage horses trotting on a treadmill*. Equine Veterinary Journal, Volume 41(3); 280-284. doi:10.2746/042516409X394454
- [5] Duden, Bibliographisches Institut GmbH (2016) *Rechtschreibung, Bedeutung, Definition, Herkunft des Begriffes funktionell*. url:<http://www.duden.de/rechtschreibung/funktionell> (2016-02-27)
- [6] Grassl, P. (2016) *Swingtree*. url:<http://www.swingtree.de/index.php?mp=200&aktion=system&lk=d> (2016-03-19)
- [7] Greve, L., Dyson, S. (2013) *The horse - saddle - rider interaction*. The Veterinary Journal, Volume 195(3), 275-281. doi:10.1016/j.tvjl.2012.10.020
- [8] Hochschild, J. (2002) *Strukturen und Funktionen begreifen - Funktionelle Anatomie: 2: LWS, Becken, Hüftgelenk, Untere Extremität*. Georg Thieme Verlag, 1. Auflage. isbn:978-3131123732
- [9] Jungermann, L. (2013) *Einfluss verschiedener Konstruktionsprinzipien von Sattelbaum, Gurtung und Polsterung auf die Druckverteilung unter dem Dressursattel*. Tierärztliche Hochschule Hannover, url: http://elib.tiho-hannover.de/dissertations/jungermannl_ss13.html (2015-02-25)
- [10] Klein, P., Sommerfeld, P. (2007) *Biomechanik der Wirbeldäule*. Urban & Fischer Verlag, Elsevier GmbH, 1. Auflage. isbn:978-3-437-57010-0
- [11] Klein, P., Sommerfeld, P. (2004) *Biomechanik der menschlichen Gelenke*. Urban & Fischer Verlag, Elsevier GmbH, 1. Auflage. isbn:978-3-437-55203-8
- [12] Klein-Vogelbach, S. (1990) *Functional Kinetics*. Springer Berlin Heidelberg, Translation of the 4th German edition: *Funktionelle Bewegungslehre*. isbn:978-3-540-15350-4, 978-3-642-95470-2
- [13] Ködderitzsch-Frank, M. (2013), *Untersuchungen an Reiter und Pferd zur Er-mittlung der Vertikalbeschleunigung als ein zusätzlicher Informationsgewinn über die harmonische Bewegungsform zwischen beiden*. url: <http://pferdemacher.de/wp-content/uploads/2013/01/VICON-Untersuchung-mit-Pferden.pdf> (2015-02-25)

- [14] Künzle, U. (2000) *Hippotherapie auf den Grundlagen der Funktionellen Bewegungslehre Klein-Vogelbach*. Springer DE. doi: 10.1007/978-3-642-57053-7
- [15] Lesimple, C., Fureix, C., Menguy, H., Hausberger, M. (2010) *Human Direct Actions May Alter Animal Welfare, a Study on Horses (Equus caballus)*. PLoS ONE, 5(4): e10257. doi:10.1371/journal.pone.0010257
- [16] Licka, T., Kapaun, M., Peham, C. (2010) *Influence of rider on lameness in trotting horses*, Equine Veterinary Journal, Volume 36-8, 734-736, 2010; doi:10.2746/0425164044848028
- [17] Mrozkowiak, M., Ambroży, D. (2014) *Control and correction of horse rider's body posture*. Central European Journal of Sport Sciences and Medicine, Volume 8(2), 21-33.
- [18] Peinen, K., Wiestner, T., Bogisch, S., Roepstorff, L., Weeren, P. R., Weishaupt, M. A. (2009) *Relationship between the forces acting on the horse's back and the movements of rider and horse while walking on a treadmill*. Equine Veterinary Journal, Volume 41(3), 285-291. doi:10.2746/042516409X397136
- [19] Reichert, B. (2005) *Genauigkeit der manuellen Winkelmessung am Ellenbogengelenk*. url:<http://m.vpt.de/news/detail/genauigkeit-der-manuellen-winkelmessung-am-ellenbogengelenk> (2016-05-27)
- [20] Schleese, J. (2016) *Saddlefit-4-Life*. url:<https://saddlefit4life.com> (2016-02-27)
- [21] Schweizerischer Verband für Tierphysiotherapie (2016) *Dynamik des Pferdes*. url:www.svtpt.ch/templates/svtpt/download/Dynamik_des_Pferdes.pdf (2016-05-29)
- [22] Sprigi-Gantert, I. (2012) *FBL Klein-Vogelbach Functional Kinetics Therapeutische Übungen* Springer Medizin Verlag Heidelberg, 6. Auflage. isbn-13:978-3-642-20812-6
- [23] Summerley, H. L., Thomason, J. J., Bignell, W. W. (2010) *Effect of rider and riding style on deformation of the front hoof wall in Warmblood horses*. Equine Veterinary Journal, Volume 30(S26), 81-85. doi:10.1111/j.2042-3306.1998.tb05125.x
- [24] Suppé, B., Sprigi-Gantert, I. (2007) *FBL Klein Vogelbach Functional Kinetics Die Grundlagen*. Springer Medizin Verlag Heidelberg, 6. Auflage. isbn-13:978-3-540-29874-8
- [25] Von Dietze, S. (2010) *Balance in der Bewegung*. FNverlag der Deutschen Reiterlichen Vereinigung GmbH, 3. Auflage. isbn:978-3-88542-387-4
- [26] Wanless, M. (2008) *Ride with your Mind*. Müller Rüschnikon Verlag, 1. Auflage. isbn:978-3-275-01663-1

Abbildungsverzeichnis

2.1	Ködderitzsch-Frank, M., 2011	5
3.1	Functional Kinetics Die Grundlagen; Suppé, 2007	9
3.2	Control and correction of horse rider's body posture, Mrzokowiak and Ambroży, 2014	10
3.3	Functional Kinetics, Klein-Vogelbach, 1990	11
3.4	http://slideplayer.org/slide/864409/ , 23.06.2016	12
3.5	http://slideplayer.org/slide/864409/ , 23.06.2016	13
3.6	Functional Kinetics, Klein-Vogelbach, 1990	14
3.7	www.svtpt.ch/templates/svtpt/download/Dynamik_des_Pferdes.pdf , 29.05.2016	15
3.8	www.svtpt.ch/templates/svtpt/download/Dynamik_des_Pferdes.pdf , 29.05.2016	16
3.9	Functional Kinetics, Klein-Vogelbach, 1990	17
3.10	Ride with your Mind, Wanless, 2008	18
3.11	Ride with your Mind, Wanless, 2008	19
3.12	Ride with your Mind, Wanless, 2008	20
3.13	Ride with your Mind, Wanless, 2008	22
3.14	Winkelmann, Laumer, 2016	23
3.15	Ride with your Mind, Wanless, 2008	24
3.16	http://www.stuebben.com/site/stuebben-erleben-5727/sattelbaum-5382/ , 25.06.2016	25
3.17	http://www.stuebben.com//cat/saettel , 25.06.2016	26
3.18	http://www.stuebben.com//cat/saettel , 25.06.2016	26
3.19	http://www.stuebben.com/site/stuebben-erleben-5727/equi-soft_R_-saettel-5380/ , 28.03.2016	27
3.20	http://www.stuebben.com/site/stuebben-erleben-5727/equi-soft_R_-saettel-5380/ , 28.03.2016	29
5.1	Halle, Laumer, 2016	32
5.2	Exceltabelle, Laumer, 2016	33
5.3	Satteltester, Laumer, 2015	33
5.4	Satteltester, Laumer, 2015	34
5.5	Satteltester, Laumer, 2015	34
5.6	http://stubbennorthamerica.com/product/genesis-vsd-deluxe-saddle/ modified by Laumer, 16.05.2016	35
5.7	Videoaufnahmen Laumer, 2016	36
5.8	Messwerte erhoben von Laumer, 2016	36
6.1	Excel, Laumer, 2016	39
6.2	Excel, Laumer, 2016	40
6.3	MATLAB, Laumer, 2016	41
6.4	MATLAB, Laumer, 2016	41

6.5	MATLAB, Laumer, 2016	42
6.6	MATLAB, Laumer, 2016	42
7.1	GeoGebra 5, Laumer, 2016	46

UNIVERSITÄT BASEL

Plagiats-Erklärung

Ich bezeuge mit meiner Unterschrift, dass meine Angaben über die bei der Abfassung meiner Arbeit benutzten Hilfsmittel sowie über die mir zuteil gewordene Hilfe in jeder Hinsicht der Wahrheit entsprechen und vollständig sind.

Vor- und Nachname: Debora Laumer

Matrikelnummer: 06-722-789

Titel der schriftlichen Arbeit:

Zusammenhang von Sattel, Steigbügelposition und menschlicher Biomechanik beim Reiten

erstellt im Rahmen der Lehrveranstaltung: MFKSc

Art der Arbeit: Masterarbeit

Datum: 3. Juli 2016

Unterschrift:

