

Druckmessungen unter dem Sattel: Eine Studie mit einem elektronischen Sattel-Messsystem (Novel GmbH)

Daniela Werner*, Sibylle Nyikos*, A. Kalpen**, M. Geuder**, C. Haas*, H.-D. Vontobel***, J. A. Auer* und Brigitte von Rechenberg*

* Musculoskeletal Research Unit, Veterinärchirurgische Klinik, Universität Zürich, Zürich, Schweiz

** Novel GmbH, München, BRD

*** Stiftung: Forschung für das Pferd, Zürich, Schweiz

Zusammenfassung

In dieser Studie wurden 25 Lipizzaner Hengste mit einer elektronischen Sattelmatte (pliance mobile-16HE, Novel GmbH; München) während des Reitens vermessen und die Passform von zwei verschiedenen Fabrikaten von Dressursätteln in Zusammenhang mit Rückenuntersuchungen der Pferde gebracht. Die Messungen wurden im Stand mit und ohne Reiter, im Trab und im Galopp auf der rechten und linken Hand durchgeführt, wobei die Pferde immer vom gleichen Reiter geritten wurden. Unterschiede zwischen den beiden Sätteln wurden gefunden in der Auflagefläche, der Druckverteilung und der Kraftübertragung vom Reiter auf das Pferd, hingegen wurden die Messwerte durch die Bahnfiguren überhaupt nicht, und durch die Gangarten nur wenig beeinflusst. Unterschiede ergaben sich nur im Stand mit und ohne Reiter und im Schritt im Vergleich zu den schnelleren Gangarten. Korrelationen zu höheren Druckwerten ($>3,5 \text{ N/cm}^2$) ergaben sich mit leichten Schmerzreaktionen an den Dornfortsätzen, Muskelatrophie im Rückenbereich und zu harten Sattelpolstern. Maßsättel zeigten Unterschiede zu nicht individuell angefertigten Maßsätteln, bzw. Stangensätteln und Reparaturen (Aufpolsterung) am Sattel machten sich bemerkbar. Aus diesen Ergebnissen konnten objektive Anforderungen an die gute Passform eines Sattels aufgestellt werden: der Sattel sollte eine möglichst breite, zusammenhängende, gleichmäßige Auflagefläche auf dem Pferderücken während der Bewegung zeigen, Druckwerte sollten im Durchschnitt unter 3 N/cm^2 bleiben und keine konzentrierten Spitzenwerte aufzeigen, die Sattelpolster weich und zusammenhängend über den ganzen Rücken verteilt sein und eine Brückenbildung ist in jedem Falle zu vermeiden

Schlüsselwörter: Sattel, Sattelmesssystem, Rückenprobleme, Pferd, elektronische Sattelmatte

Pressure measurements under the saddle: a study using an electronic saddle mat system (Novel GmbH)

In this study 25 Lipizzan stallions were used to measure the fit of saddles under the horse back rider. Two different saddle products were studied, both of the type of dressage saddles. Results were correlated to physical examinations of the horses' backs and constructions of the saddles. The measurements were performed with the horses in stance with and without a rider, in a walk, trot and canter at the right and left hand. All horses were mounted by the same rider. Differences between both saddles were found in the contact area, pressure distribution and force transmission from the rider, whereas the measured values were not influenced by the arena figures, and only slightly by the different gaits. Differences were found mainly in the standing horses with and without a rider and in the walk compared to the faster gaits. Positive correlations were demonstrated between pressure values $< 3.5 \text{ N/cm}^2$ and slight pain reactions at the dorsal processes of the spine, atrophy of the muscles under the saddle and hard saddle cushions. In addition correlations could be found between custom fit saddles in contrast to not customized saddles, and repairs on the saddles, such as upholstery, became visible. Objective criteria for the good fit of a saddle are the following: a large, continuous contact between saddle and horseback during stance and movements, pressure values that on average do not exceed 3 N/cm^2 and do not exhibit spots of higher pressure. The saddle cushion should distribute compressive forces evenly over the back of the horse, and the formation of a „bridge“ between the anterior and the posterior parts of the saddle, with reduced pressure in the middle must be avoided by all means.

Keywords: saddle, saddle measurement system, back problems, horses, electronic saddle mat

Einführung

Chronisch schmerzhafte Zustände im Rückenbereich sind häufig auftretende Probleme von Reitpferden, welche sich häufig in einer Leistungsdepression manifestieren (Jeffcott 1979, Jeffcott 1985, Harman 1992, Jeffcott 1993, Harman 1994, Harman 1995, Jeffcott 1995, Gundel und Schatzmann 1997, Harman 1997). Inadäquat angepasste, schlecht positionierte Sättel tragen wesentlich zu dieser Problematik bei. Ein unpassender oder falsch positionierter Sattel übt punktuell vermehrten Druck auf die Rückenmuskulatur aus oder kann die Bewegungsfreiheit des Pferdes wesentlich beeinflussen. Die damit einhergehende Verspannung der Rückenmuskulatur erschwert eine effiziente Rückentätigkeit, beeinflusst die Losgelassenheit des Pferdes und ist oft das erste Glied in der Kette bei der Entstehung von Rückenproblemen. Ein unpassender Sattel kann wesentlich zur Stö-

rung des Bewegungsablaufes des Pferdes beitragen, indem das freie Mitschwingen des Pferderückens verhindert wird.

Die Rolle, die der Sattel bei der Entstehung von Rückenproblemen spielt, lässt sich jedoch nicht isoliert betrachten (Blümcke 1994, Pullin et al. 1996, Harman 1997). Da der Sattel lediglich ein Hilfsmittel darstellt – eine relativ starre Struktur, welche der Kommunikation zwischen den dynamischen Einheiten Pferd und Reiter dient – muss in diesem Zusammenhang dem Sitz und Ausbildungsstand des Reiters, sowie der korrekten Ausbildung des Pferdes ebenfalls Bedeutung zugemessen werden.

In den wenigen Studien, welche zur Problematik des unpassenden Sattels einen Beitrag leisten, werden fast ausschließlich Computermesssysteme verwendet, um die Druckverhältnisse unter dem Sattel darzustellen (Blümcke 1994, Harman 1994,

Harman 1995, Pullin et al. 1996, Harman 1997, Jeffcott 1999). Von den unterschiedlichen elektronischen Satteldruckmesssystemen (Saddle tech, Equi tech, Woodside, CA 94062 USA; FSA System, Vistamed Inc.; Winnipeg, Manitoba, Canada; Pliance System, Firma Novel GmbH, München, Deutschland), welche mittlerweile existieren, wird in der vorliegenden Studie das Pliance System der Firma Novel GmbH (Ismaningerstrasse, München) benutzt und näher vorgestellt.

Zur Untersuchung dienten den vorangehenden Studien Pferde mit Anzeichen einer Leistungsdepression, welche auf Rückenprobleme zurückzuführen sind und in Zusammenhang mit schlecht passenden Sätteln gebracht werden (Harman 1992, Harman 1994, Harman 1997). In einem Fall werden gesunde Pferde verwendet, um eine neuartige Sattelunterlage zu testen (Pullin et al. 1996).

Es zeigte sich, dass ein großer Prozentsatz der Sättel nicht passt. Die häufigsten Phänomene, welche sich im Zusammenhang mit schlecht passenden Sätteln beobachten lassen, sind:

- 1) eine „Brückenbildung“, d.h. Sättel, welche durch ihre ungleichmäßige Auflage starke Druckkonzentrationen unter dem vorderen und hinteren Teil des Sattels verursachen,
- 2) eine zu enge Kammer, welche der ungeschützten Wirbelsäule aufliegt und ihr keine Bewegungsfreiheit lässt,
- 3) Sättel, die den Schwerpunkt des Reiters nach vorne legen und dadurch starke Druckkonzentrationen über dem Widerrist und unter den Pauschen hervorrufen,
- 4) Verarbeitungsfehler bzw. Abnutzungsmängel an einem hohen Prozentsatz der Sättel (73%) und
- 5) Sättel, die dem Pferderücken zu starr aufliegen und dadurch das Pferd in seiner Längsbiegung stören (Blümcke 1994, Harman 1994, Harman 1995, Harman 1997).

Der korrekten Positionierung des Sattels wird ebenfalls große Bedeutung zugemessen, sowie dem Körperbau, der Konformation des Pferdes, der Symmetrie seines Rückens und seiner Schultern. Satteldruckmessungen dürfen nicht vorgenommen werden, ohne dabei den Einfluss des Reiters zu berücksichtigen (Blümcke 1994, Harman 1994, Pullin et al., 1996). Bei der Benutzung elektronischer Messsysteme sind die erhobenen Daten mit großer Sorgfalt und Zurückhaltung zu bewerten, da sie durch die Dynamik und die damit verbundene Variabilität der Messwerte einen großen Interpretationsspielraum lassen.

Die Wirkung von Sattelunterlagen wird ebenfalls diskutiert (Harman 1994, Pullin 1996). Die getesteten Sattelunterlagen verbessern die Drucksituation unter dem Sattel kaum. Durch 65% der Sattelunterlagen wird die Situation sogar verschlechtert.

In einer kürzlich erschienenen Publikation wird die Genauigkeit und Verlässlichkeit eines bestimmten Computermesssystems (FSA System, Hersteller: Vistamed Inc.) untersucht. Darin wird nachgewiesen, dass die gemessenen Druckwerte ($P=F/A$) unter dem Sattel genau die lokale Kräfteinwirkung wiedergeben, welche der Reiter auf den Sattel ausübt. In derselben Publikation wird auch aufgezeigt, dass im Schritt, Trab sowie im Galopp jeweils für die Gangart charakteristische Bewegungsmuster des Druckschwerpunkts auftreten, sowohl nach vorn und hinten, als auch vorwärts und rückwärts als auch von rechts nach links (Jeffcott et al., 1999).

In jedem Fall wird die Notwendigkeit deutlich, möglichst viele der oben genannten Sachverhalte in Betracht zu ziehen, damit beim Benützen eines derartigen Systems weder durch das Pferd noch durch den Anwender Fehler induziert werden. Möglichst viele der Faktoren sollten deshalb standardisiert werden (Pullin et al. 1996). Bisher wurden zu wenig wissenschaftliche, gründ-

lich untermauerte Studien mit elektronischen Satteldruckmesssystemen durchgeführt. Zudem besteht einer der gravierendsten Mängel auf diesem Gebiet darin, dass bisher keinerlei objektive Kriterien für eine gute Passform und Druckverteilung von Sätteln existieren. Hypothesen und Theorien zu diesem Thema können lediglich durch ein persönliches Gespräch mit Sattlern in Erfahrung gebracht werden und sie variieren so stark in ihrem Inhalt, wie die Persönlichkeiten der befragten Sattler selbst (pers. Kommunikation, unveröffentlichte Daten).

Aus den genannten Gründen bestand das Ziel der Studie darin, anhand einer möglichst homogenen, rückengesunden Gruppe von Pferden, die alle von einem Reitexperten geritten wurden, mittels des elektronischen Sattelmesssystems der Firma Novel GmbH die „Sattel-Situation“ zu untersuchen und objektive Kriterien für eine gute Passform von Sätteln zu erarbeiten. Als Arbeitshypothese wurde angenommen, dass nur die Kombination von statischen und kinetischen Messungen (d.h. Messungen im Bewegungsablauf) wirklich relevanten Aufschluss über die Drucksituation auf den Pferderücken unter dem Sattel geben würden.

Material und Methode

Mess-System:	Pliance mobile-16HE (Novel GmbH).
Messmatte:	aus kautschukähnlichem Material, zweigeteilt mit den Maßen 175 x 512mm ² pro Seite für die Sensorfläche, 112 kapazitive, elastische Drucksensoren pro Sensorfläche, 800 g.
Gewicht:	minimal 0,1 bis maximal 10 Newton/cm ² ,
Messbereich:	44 Hz,
Aufzeichnungsrate:	Portabler Mikrocontroller („pliance-16HE analyzer“) mit „PC memory card“, Auslöserkabel, Blitzgerät
Analyzer:	Personal Computer, mit Windows TM 95

Der Reiter trägt den Mikrocontroller an einem Gurt befestigt um den Bauch. Dieser Mikrocontroller ist mit der Messmatte verkabelt und registriert die Sensorwerte. Die so ermittelten Daten können wahlweise auf einer „PC memory card“ gespeichert und später (kabellos) an den PC übermittelt werden oder direkt online über RS232-Ausgang auf einen PC überspielt werden. Die Messung kann vom Reiter selbst durch den Auslöser, welcher über Kabel mit dem Mikrocontroller verbunden ist, gestartet und beendet werden. Gleichzeitig wird das Blitzgerät, welches der Reiter um den Arm trägt und an den Mikrocontroller angeschlossen ist, ausgelöst. Dies erlaubt es später, die im Personal Computer (PC) weiterbearbeiteten Messungen mit einem zur selben Zeit aufgenommenen Video zu synchronisieren.

Die geeichten Messwerte können im Computer als farbiges Bild zwei- oder dreidimensional dargestellt werden. Pro Sekunde werden 44 Druckbilder registriert, ein einzelnes Druckbild wird als „Frame“ bezeichnet. Die gesamten Messdaten einer bestimmten Messperiode korrespondieren mit dem Begriff „File“.

Zur Darstellung und Auswertung der aufgenommenen Daten steht eine große Auswahl speziell ausgearbeiteter Softwareprogramme (NovelWin: Value master, isobar, magic mountain, axis, emed-sf oder novel player) zur Verfügung, welche einen breiten Spielraum an Anwendungsbereichen zulassen (Fig. 1a-b). In den verschiedenen Darstellungsmodi entsprechen die einzelnen Farben (schwarz, blau, grün, gelb, rot, pink) jeweils genau definierten Druckbereichen.

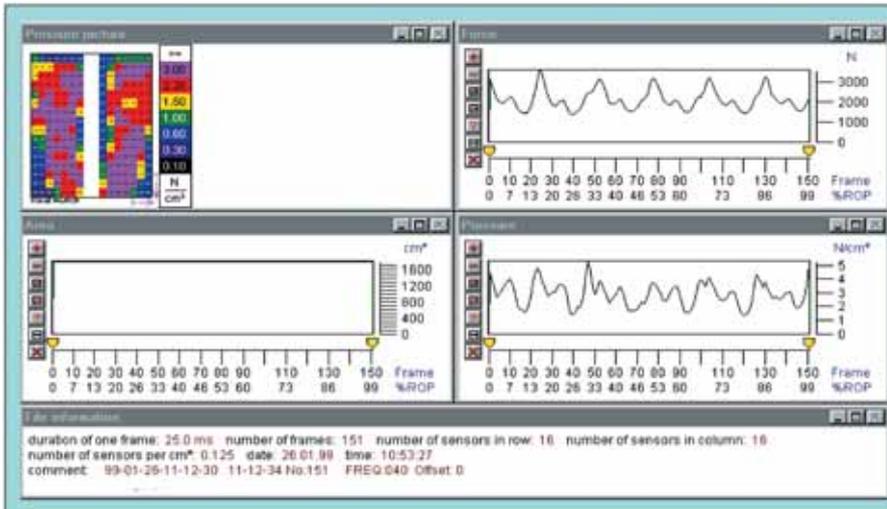


Abb. 1 a)

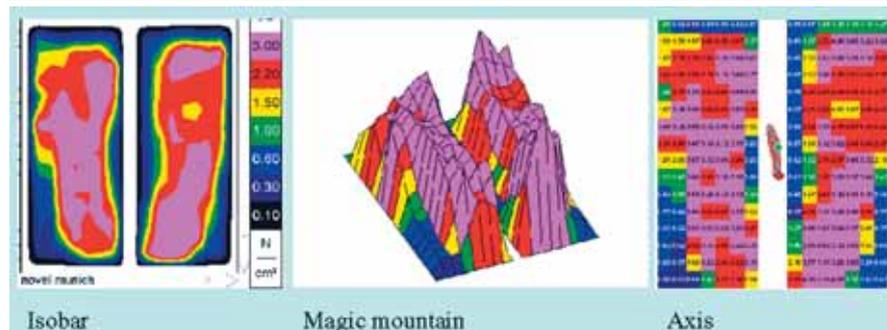


Abb. 1 b)

Fig. 1: Das Novel Win-Programm erlaubt die Interpretation der gemessenen Werte in verschiedenen Darstellungsmodi.

Fig 1a: Value master: Galopp Volte rechts. Im Programm "Value-master" können die Druckbilder der beiden Sattelhälften mit den Messkurven für die Kraft, Fläche und Druck jeweils über die Messzeit nebeneinander dargestellt werden.

Fig. 1b: Galopp Volte rechts. Das "Isobar-Programm" zeigt die Gebiete gleicher Druckverteilung, das "Magic mountain-Programm" die Darstellung als dreidimensionales Druckverteilungs-Gebirge und das "Axis-Programm" die Verteilung der Kraft des Reiters (Gewichts- und Beschleunigungskraft) im Sattel.

The Novel Win program allows the interpretation of measured values in different setups. Fig. 1a): the program value-master coordinates, along with pressure distribution (top left) the pressure values of force (top right), surface area (bottom left) and pressure over time (bottom right).

Fig. 1b): the isobar program demonstrates the areas of equal pressure distribution, the magic mountain program illustrates the three dimensions, and the axis program gives a basis for estimating the center of force transmission from the rider to the saddle.

Die Werte eines Files können entweder in der zeitlichen Abfolge, in welcher sie reell aufgetreten sind, abgespielt, oder als ein berechnetes, virtuelles Bild zusammenfassend dargestellt werden. Es bestehen hierzu folgende vier Möglichkeiten:

- i) MPP = Maximum Pressure Picture (Maximaldruckbild) ist ein künstliches Bild, das für jeden Sensor den höchsten Druck während der gesamten Datenaufzeichnung zeigt;
- ii) MVP = Mean Value Picture (Durchschnittsdruckbild) wird über alle Bilder berechnet, die mindestens einen belasteten Sensor, inkl. den Wert Null, enthalten;
- iii) MAP = Maximum area picture (Maximalflächenbild) beruht auf demjenigen Frame, in welchem während der gesamten Messperiode die belastete Fläche am größten war;
- iiii) MFP = Maximum Force Picture (Maximalkraftbild) zeigt die Werte desjenigen Frames aus der gesamten Messperiode, bei dem die Summe aller auf die Sensoren wirkender Kräfte am größten war.

Aus der gesamten Messzeit werden die jeweiligen Maximalwerte für Druck (P), und – mit Ausnahme des MPP's und MVP's – auch die Fläche (A) und Kraft (F) individuell berechnet. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, die gemessenen Daten als Messkurven von Kraft, Fläche und Druck jeweils über die Messzeit darzustellen.

Die mittels digitaler Kamera aufgenommene Videobilder können mit dem Programm „FAST capture“ (Version 5-0, MediaStudio Pro™) von der Kamera auf den Computer überspielt werden. Die weitere Bearbeitung der Bilder im Computer, sowie deren Synchronisation mit den entsprechenden Druckbildern, erfolgt im Programm „video editor“ (Version 5-0, MediaStudio Pro™). Im Programm „video player“ können die derart verarbeiteten Videobilder gemeinsam mit den jeweils zugehörigen Druckwerten synchron betrachtet werden.

Pferde

Um die Variabilität der verschiedenen Mess-Faktoren vorerst möglichst gering zu halten, wurden ausschließlich Hengste derselben Rasse für die Messungen ausgewählt. Sie unterstanden dem gleichen täglichen Training und wurden für die Studie von demselben Reiter geritten. Dabei ergab sich die Möglichkeit, zwei verschiedene Sattelprodukte vom Typ Dressursattel mit ihren Messwerten zu vergleichen.

Signalement

Alle 25 Pferde, bei denen die Messungen vorgenommen wurden, waren Lippizanerhengste im Alter von 7 bis 25 Jahren. Diese Hengste waren alle, je nach Alter, gut bis sehr gut in klassischer Dressur ausgebildet und geritten. Die Messungen wurden bei allen Hengsten in der gleichen Umgebung und unter gleichen Bedingungen durchgeführt.

Gangarten und Bahnfiguren

Die Messungen wurden im Stand und in der Bewegung vorgenommen, wobei in der Bewegung alle Grundgangarten und verschiedene Bahnfiguren berücksichtigt wurden. Die Messungen im Stand erfolgten ohne und mit Reiter. Hier wurde besonders darauf geachtet, dass das Pferd möglichst korrekt stand, d.h. gleichmäßig alle vier Beinen belastete. Die Messungen in der Bewegung (Schritt, leichter und ausgesessener Arbeitstrab, Mitteltrab, Galopp) wurden jeweils geradeaus sowie in der Volte (Durchmesser 10 m) auf der rechten und linken Hand geritten.

Rückenuntersuchungs-Protokoll

Alle Pferde, die in den Messungen verwendet wurden, sind nach einem standardisierten Rückenuntersuchungs-Protokoll auf Lahmheiten und speziell Rückenprobleme hin untersucht

Tab. 1: Rückenuntersuchungs-Protokoll mit Scores

Examination protocol of back problems in horses with score system

Adspektion:					
Nährzustand:	adipös _ (1)	gut _ (2)	mässig: _ (3)	schlecht _ (4)	
Bemuskelung:					
		Gut (1)	Atrophie (2)	Hypertrophie (3)	
	Hals	–	–	–	
	Vorderbein/Schulter	–	–	–	
	Rücken	–	–	–	
	Kruppe/Hinterhand	–	–	–	
Satteldruck	nein _ (1) ja _ (2)	Scheuerstelle _ (3)			
Gurtendruck	nein _ (1) ja _ (2)	Scheuerstelle _ (3)			
Sonstiges (3)					
Asymmetrien im Beckenbereich ?	nein _ (1)	ja _ (2)			
Wirbelsäulenverlauf (Krümmungen, Abweichungen)	nein _ (1)	ja _ (2)			
Kurze Lahmheitsuntersuchung:					
Schritt	_ o.B. (1)	lahm _ voli (2)	_vore (3)	_hili(4)	_hire (5)
Trab	_ o.B. (1)	lahm _ voli (2)	_vore (3)	_hili (4)	_hire (5)
Volten	_ o.B. (1)	lahm _ (2)			
Rückwärtsrichten:	o.B. _ (1)	mit Widerstand _ (2)	Patellafix. ggr. _ (3)		
Palpation:					
Gebiss: Zähne	o.B. _ (1)	schmerzhaft _ (2)			
Lade	o.B. _ (1)	schmerzhaft _ (2)			
Maulwinkel	o.B. _ (1)	offen _ (2)	verhornt _ (3)		
Genick :	verspannt _ (1)	dolent _ (2)	normal <input type="checkbox"/> (3)		
Hals: Muskulatur:	o.B. _ (1)	verspannt: _ (2)	wo:		
Wirbelsäule	o.B. _ (1)	dolent _ (2)			
Biagsamkeit der HWS					
nach re., li., oben, unten:	o.B. _ (1)	m.B. _ (2)			
Rücken:					
Muskulatur:	o.B. _ (1)	verspannt _ (2)	wo:		
Wirbelsäule:					
Dornfortsätze	o.B. _ (1)	dolent _ (2)	wo:		
Zwischenräume	o.B. _ (1)	verengt _ (2)	wo:		
Manipulation der Rückenbeweglichkeit:					
Ventroflexion:	<input type="checkbox"/> normale Ausweichreaktion (1)	<input type="checkbox"/> ↓ Biagsamkeit (2)	<input type="checkbox"/> Steifheit (3)	<input type="checkbox"/> Abwehr (4)	
Dorsoflexion:	<input type="checkbox"/> normale Ausweichreaktion (1)	<input type="checkbox"/> ↓ Biagsamkeit (2)	<input type="checkbox"/> Steifheit (3)	<input type="checkbox"/> Abwehr (4)	
Lateroflexion:	<input type="checkbox"/> normale Ausweichreaktion (1)	<input type="checkbox"/> ↓ Biagsamkeit (2)	<input type="checkbox"/> Steifheit (3)	<input type="checkbox"/> Abwehr (4)	
Schmerzpalpation im Bereich des Ilio-Sakral-Gelenkes:					
	<input type="checkbox"/> normale Ausweichreaktion (1)	<input type="checkbox"/> Abwehr (2)	<input type="checkbox"/> deutliches ventrales Ausweichen (3)		
Bemerkungen zum Gang:					
<hr/>					
<hr/>					
<hr/>					
Sonstige Bemerkungen:					
<hr/>					
<hr/>					
<hr/>					

worden. Ein Gradierungssystem mit Scores wurde festgelegt (Tab. 1). Spezielles Augenmerk wurde auf Muskelverspannungen gelegt, welche bei Dressurpferden vor allem im Lendenbereich häufig auftreten können.

Um später mögliche Zusammenhänge zwischen Rücken- und Sattellänge herstellen zu können, wurde die Distanz (in cm) vom Genick zum Widerrist, vom Widerrist zum Schweifansatz und von der Schulter (*Tuberculum majus*) zur Hüfte (*Tuber coxae*) sowie der Brust- und Bauchumfang (in cm) gemessen.

Danach wurde jedes Pferd durch Adspektion und Palpation begutachtet und einer kurzen Lahmheitsuntersuchung unterzogen. Bei der Adspektion wurden der Ernährungszustand und die Bemuskulung beurteilt. Die Bemuskulung wurde in folgende Bereiche unterteilt: Hals, Vorderbein, Schulter, Rücken und Hinterhand. Beurteilt wurde, ob die Bemuskulung gut war, ob eine Atrophie oder eine Hypertrophie bestand. Im weiteren wurde darauf geachtet, ob ein Gurten- und/oder Satteldruck vorhanden war, ob Beckenasymmetrien oder eine Wirbelsäulenkrümmung feststellbar waren.

Bei der Palpation wurden das Gebiss, bzw. die Zähne und die Lade, die Mundwinkel und das Genick auf Verspannungen und Druckdolenzen hin kontrolliert. Die Hals- und Rückenmuskulatur wurde auf Verspannungen, die Halswirbelsäule auf Schmerz und Beweglichkeit, die Dornfortsätze und die Wirbelkörperzwischenräume auf Schmerzreaktionen untersucht. Außerdem wurde die Ausweichreaktion bei der Palpation des Ileosacralgelenkes beurteilt. Bei der Manipulation der Rückenbeweglichkeit wurde die Ventroflexion, die Dorsoflexion und die Lateroflexion auf beide Seiten untersucht. Die Reaktionen wurden als normale Ausweichreaktion, Biegsamkeit, Steifheit und Abwehr protokolliert. Das Auftreten von Lahmheiten wurde im Schritt- und Trab an der Hand untersucht. Auch die Voltenlahmheit und das Rückwärtsrichten wurde überprüft.

Reiter

Auch hier wurde versucht, die große Variabilität des Systems Pferd, Reiter und Sattel etwas einzudämmen. Der Reiter kann durch unterschiedlichen Reitstil oder nur allein durch sein Gewicht die Messungen stark beeinflussen. Um dem entgegen zu wirken, wurden alle Messungen unter demselben, gut ausgebildeten Reiter durchgeführt.

Sättel

Während der Messungen wurde jedem Pferd der Sattel aufgelegt, mit dem es normalerweise während der Arbeit geritten wird. Alle Sättel gehörten vom Typ her zu den Dressursätteln. Dabei handelte es sich um zwei verschiedene Fabrikate, jedoch beide mit ähnlichem Konstruktionstyp (Sättel N ($n=19$ Pferde) und Sättel K ($n=6$ Pferde)). Sie unterschieden sich vor allem in der Größe der Auflageflächen, der Polsterung und dem tiefsten Punkt der Sitzfläche. Die Sättel vom Typ K zeigten die größere Auflagefläche, ein größeres, relativ weiches Sattelpolster und der tiefste Punkt der Sitzfläche befand sich im mittleren Drittel des Sattels, während Sattel N eine deutlich kleinere Auflagefläche und kleinere, härtere Sattelkissen aufwies und der tiefste Punkt der Sitzfläche sich eher im hinteren Drittel des Sattels befand.

Anhand eines Satteluntersuchungsprotokolls wurde jeder Sattel einzeln (nicht auf dem Pferd), sowie auf dem Pferd mit und

ohne Reiter untersucht (Tab. 2). Bei der allgemeinen Untersuchung wurde protokolliert, ob es sich um einen Maßsattel handelte und ob allfällige Reparaturen vorgenommen worden sind. Danach wurde der Sattel auf sichtbare Defekte oder Verarbeitungsfehler geprüft. Die Symmetrie des Sattels, die Polsterung der Sattelkissen und die Kammerweite wurden beurteilt. Bei der Beurteilung des Sattels auf dem Pferd wurde die Kammerweite vorne beim Widerrist und hinten über der Wirbelsäule und die Auflagefläche mit und ohne Reiter betrachtet. Die Länge des Sattelbaumes, die Winkelung der Trachten, die Gurtaufhängung und die Steigbügelauflage wurden kontrolliert. Außerdem wurde darauf geachtet, ob die volle Schulterfreiheit mit und ohne Reiter gegeben war. Die Lage des tiefsten Punktes der Sitzfläche und die Sattelposition von oben wurden beurteilt. Die Bewertung der Sättel wurde unabhängig von den durchgeführten Messungen so objektiv wie möglich von drei unabhängigen Betrachtern durchgeführt. In den Fällen, wo die Bewertungen voneinander abwichen, wurden diese speziellen Punkte noch einmal begutachtet und neu bewertet.

Statistik

Die Mittelwerte der gemessenen Werte und Scores wurden ermittelt und mit der Varianzanalyse for repeated measures (ANOVA) verglichen (Statview Programm, Abacus, CA, USA). Die Sättel K und N wurden als abhängige Variablen, die Gangarten und Bahnfiguren, sowie der Einfluss des Reiters als unabhängige Variablen festgelegt. Die Interaktionen zwischen den Gangarten und Satteltyp wurden ebenfalls berücksichtigt. Individuelle Unterschiede wurden mit dem Posthoc Test nach Scheffé ermittelt. Korrelation zwischen auftretenden Rückenbefunden und Druckwerten wurden anhand von Korrelationsmatrizen betrachtet. Als signifikant wurden Werte von $P < 0,05$ festgelegt. Im Text werden lediglich statistisch signifikante Unterschiede angegeben.

Resultate

Messsystem

Das Satteldruckmesssystem eignete sich generell sehr gut für den vorgesehenen Zweck. Es war einfach in der praktischen Anwendung und die Sattelmatte wurde von den Pferden insgesamt problemlos toleriert. Für den Reiter selbst erwies sich das Messsystem als bedienungsfreundlich.

Für die Auswertung der Daten schien es von Vorteil zu sein, wenn die Messstrecke nicht zu kurz bemessen wurde; d.h. wenn jede Messung über mehrere vollständige, der jeweiligen Gangart entsprechenden Bewegungszyklen geführt wurde (entsprechend einer Längsseite der Reithalle).

Das Design der Sattelmatte erlaubte es nicht, direkt über der Wirbelsäule Messdaten zu erheben. Durch die zwei Hälften der Messmatte werden Druckwerte 2–3 cm beidseitig lateral der dorsalen Dornfortsätze der Wirbelkörper registriert, demzufolge lässt sich die reelle Kammerweite eines Sattels mit diesem Messsystem nicht optimal darstellen. Wegen der relativ glatten Oberfläche wurde eine gewisse Tendenz der Sattelmatte beobachtet, während der Messung zu verrutschen. Das galt vor allem für den Bereich des Widerristes, wo die beiden Hälften der Sattelmatte unter verstärktem Zug auseinander drifteten.

Wegen der hohen Feinheit der Sensoren bestand das Risiko, sie durch äußere Einwirkungen zu beschädigen. Im Verlauf der

Untersuchungen sind deshalb bei 23 von insgesamt 33 Sattelmessungen ein bis maximal drei Reihen von Sensoren ausgefallen. Dem wurde Rechnung getragen, indem bei der Auswertung bei allen Messungen diese drei Reihen auf beiden Seiten ausgeschaltet und auf diese Weise die Messwerte bei allen Pferden korrigiert wurden.

Objektive Daten

Die Mittelwerte der gemessenen Daten zeigten generell für den Satteltyp K eine Tendenz zu höherer Kraftübertragung, die durch die größere Auflagefläche zu gleichzeitig tieferen Maximal-Druckwerten (MPP-D) führte (Tab. 3, siehe für MPP-D auch Fig. 2).

Tab. 2: Satteluntersuchungsprotokoll

Examination protocol of saddles with score system.

Allgemeines:			
Dressur	__ (1)	Springen	__ (2)
VSD	__ (3)	VSS	__ (4)
Marke:			
Masssattel ?	wenn ja auf dieses Pferd angepasst ?	__ (1)	nein __ (2=Halbmass) wann angepasst ? _____
	nein	__ (3)	
Alter des Sattels _____			
seit wann auf diesem Pferd? _____			
Reparaturen, Aufpolsterung ?	ja	__ (1)	nein __ (2)
Sturzanamnese?	ja	__ (1)	nein __ (2)
Sattelunterlage ? normale Schabracke		__ (1)	
	Gelkissen	__ (2)	
	Keil	__ (3)	
	Sattelkissen	__ (4)	
	Rehfell	__ (5)	
	anderes	__ (6)	
Beurteilung des Sattels ohne Pferd:			
Gewicht _____			
Grösse _____			
Sattelkissen	symmetrisch	__ (1)	asymmetrisch __ (2)
Polsterung	zu hart	__ (1)	gut __ (2) zusammengefallen __ (3)
Kammerweite	zu eng	__ (1)	gut __ (2) zu weit __ (3)
Verarbeitungsfehler, Defekte			
	keine	__ (1)	
	Verdrehter oder gebrochener Sattelbaum	__ (2)	
	Ungleiche Sattelblätter	__ (3)	
	Ungleiche Gurtstrupfen	__ (4)	
	Einarbeitung Sturzfeder	__ (5)	
	Vorstehende Metallteile	__ (6)	
	Anderes	__ (7)	
Beurteilung am Pferd ohne Reiter (or) und mit Reiter (mr):			
or / mr			
Kammerweite Widerrist (von vorne)	zu eng	__ (1)	
	korrekt	__ (2)	
	zu weit	__ (3)	
Kammerweite Wirbelsäule(von hinten)	zu eng	__ (1)	
	korrekt	__ (2)	
	zu weit	__ (3)	
Auflagefläche	gleichmässig	__ (1)	Brückenbildung __ (2)
	anderes	__ (2)	
Sattelbaum	zu lange	__ (1)	zu kurz __ (2) gut __ (3)
Winkelung der Trachten(von hinten)	zu steil	__ (1)	
	zu flach	__ (2)	
	korrekt	__ (3)	
Schulterfreiheit	gewährleistet	__ (1)	nicht gewährleistet __ (2)
Tiefster Punkt der Sitzfläche	korrekt	__ (1)	zu weit vorne __ (2) zu weit hinten __ (3)
Gurt	fällt lotrecht	__ (1)	fällt nicht lotrecht __ (2)
Sattelposition(von oben)	in Mitte	__ (1)	nach re __ (2) nach li __ (3)
Steighülsenauflagefläche(von oben)	korrekt	__ (1)	zu weit vorne __ (2) zu weit hinten __ (3)

In den meisten Fällen konnte kein Einfluss der Bahnfiguren innerhalb der Gangarten Schritt, Trab und Galopp festgestellt werden. Konnten ausnahmsweise Unterschiede gezeigt werden, so betrafen diese meistens den Mitteltrab oder die Volte links. Aus der Darstellung der gemessenen maximalen Druckwerte in

die Signifikanzen verschoben sich leicht, indem ein signifikanter Unterschied im Schritt ($P=0,024$), eine etwas verminderte Signifikanz für die Gangarten im Trab ($P=0,029$), jedoch verstärkt für den Galopp ($P<0,0001$) und im Posthoc Test nach Scheffé eine zusätzliche Signifikanz im Schritt

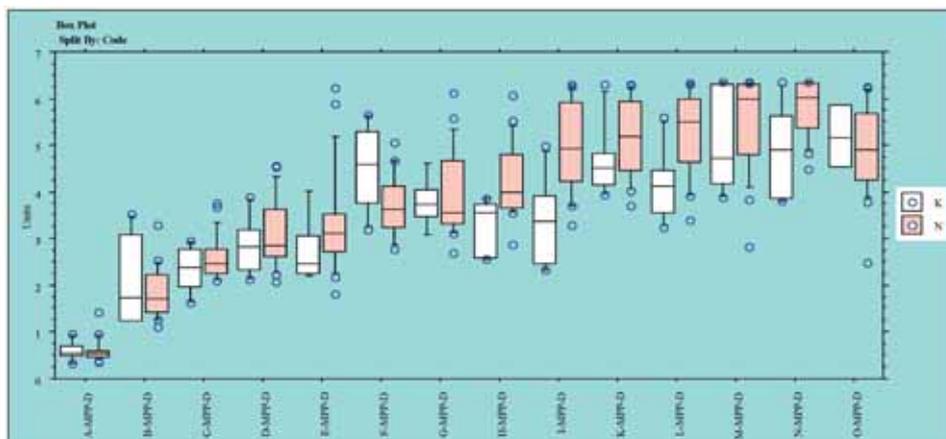


Fig. 2: Die Darstellung der Druckwerte (MPP-D) in Boxplots zeigen deutlich die höhere Variabilität der Sättel K im Vergleich zu den Sätteln N. Im Stand und Schritt finden sich für die Sättel K durchschnittlich höhere Druckwerte, während im Trab und Galopp die Sättel N höhere Druckwerte aufweisen. (A=Stand ohne Reiter, B=Stand mit Reiter, C=Schritt geradeaus, D=Schritt Volte rechts, E=Schritt Volte links, F=Leichttrab geradeaus, G=Trab aussitzen geradeaus, H=Trab aussitzen Volte rechts, I=Trab aussitzen Volte links, K=Rechts-galopp geradeaus, L=Linksgalopp geradeaus, M=Galopp Volte rechts, N=Galopp Volte links, O=Mitteltrab geradeaus)

The pressure values (MPP-D) shown in box plots demonstrate the high variability of the two saddles (saddle K and N). In the stance and walk higher median pressure values are found for the saddle K, while the saddle N have higher median pressure values in the trot and canter. (A=stance without rider, B=stance with rider, C=walk straight ahead, D=walk volt to the right, E=walk volt to the left, F=posting trot straight ahead, G=sitting trot straight ahead, H=sitting trot volt to the right, I=sitting trot volt to the left, O=middle trot straight ahead, K=right hand canter, L=left hand canter, M=canter volt to the right, N=canter volt to the left)

Boxplots (Fig. 2) konnte man erkennen, dass der Satteltyp K insgesamt eine größere Variabilität im Vergleich zum Typ N auftrat.

($P=0,002$) und eine verminderte Signifikanz im Galopp ($P=0,042$) gefunden wurde.

MPP-D (Maximal Pressure Picture – Druck) (Tab. 3)

Die maximalen Druckwerte (N/cm^2) waren tendenziell niedriger für den Sattel K, mit Ausnahme des Standes mit und ohne Reiter. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass im Stand ohne Reiter vor allem das Eigengewicht des Sattels plus Zugkraft auf den Gurten gemessen wurden. Durch das fehlende Reitergewicht spielte hier vor allem die gleichmäßigere Auflagefläche des Satteltyps K eine Rolle. Allerdings waren die Unterschiede in den verschiedenen Gangarten für die Satteltypen äußerst gering. Im Trab bei der Volte links und im Mitteltrab geradeaus konnte dieser Unterschied etwas deutlicher beobachtet werden, hingegen war ein signifikanter Unterschied lediglich im Galopp zu verzeichnen, wo Sattel K für alle Bahnfiguren geringere Druckwerte aufwies ($P=0,02$).

Zwischen den Gangarten wurden im Stand mit und ohne Reiter ($P<0,0001$), im Schritt ($P=0,024$), Trab ($P<0,0001$) und Galopp ($P=0,008$) deutliche Unterschiede festgestellt, wobei mit Sattel K deutlich geringere Druckwerte gemessen wurden. Diese Tendenz wurde auch bei der Interaktion mit Satteltyp und Gangarten bestätigt, jedoch wurde einzig im Trab ein signifikanter Unterschied gefunden ($P=0,013$). Im Posthoc Test nach Scheffé wurden signifikante Differenzen einzig für den Galopp bestätigt ($P=0,0007$).

MVP-D (Mean Value Picture – Druck)

Für die durchschnittlichen Druckwerte konnten die Daten der MPP-D bestätigt werden, bei denen Sattel K insgesamt niedrigere Druckwerte aufwies im Vergleich zu Sattel N. Lediglich

MAP-D (Maximal area picture – Druck)

Für alle Auflageflächen konnte die Tendenz zu niedrigeren Werte über der maximalen Auflagefläche des Sattels K bestätigt werden. Lediglich für den Galopp konnte eine signifikante Differenz ($P=0,019$) gezeigt werden.

MFP-D (Maximal Force Picture – Druck)

Die Tendenz zu niedrigeren Belastungen des Rückens für den Satteltyp K im Vergleich zum Sattel N konnte allgemein auch bei diesen Daten bestätigt werden. Bei dem Vergleich zwischen den Gangarten wurden signifikante Unterschiede zwischen dem Stand mit und ohne Reiter ($P<0,0001$) und dem Trab ($P=0,0001$) beobachtet (Tab. 3). Im Trab waren deutlich höhere Druckwerte im Mitteltrab ersichtlich. In der Interaktion der Satteltypen und der Gangarten wurden umgekehrte Tendenzen für den Stand mit Reiter beobachtet. Die niedrigeren Werte für den Sattel K konnten im Posthoc Test mit signifikanten Differenzen im Schritt ($P=0,036$) und im Trab ($P=0,05$) bestätigt werden.

Pferde

Die Untersuchung der Pferde ergab für die beiden Satteltypen keine signifikanten Unterschiede, obwohl bei einigen Variablen eine leichte Tendenz festzustellen war, derart, dass die Pferde mit dem Satteltyp K etwas besser bewertet wurden. So zeigten einige Pferde der Gruppe N minimale Reaktionen im Lendenbereich, die jedoch nicht genügend deutlich ausfielen, um sie objektiv als Schmerzreaktion zu bewerten. Auf eine statistische

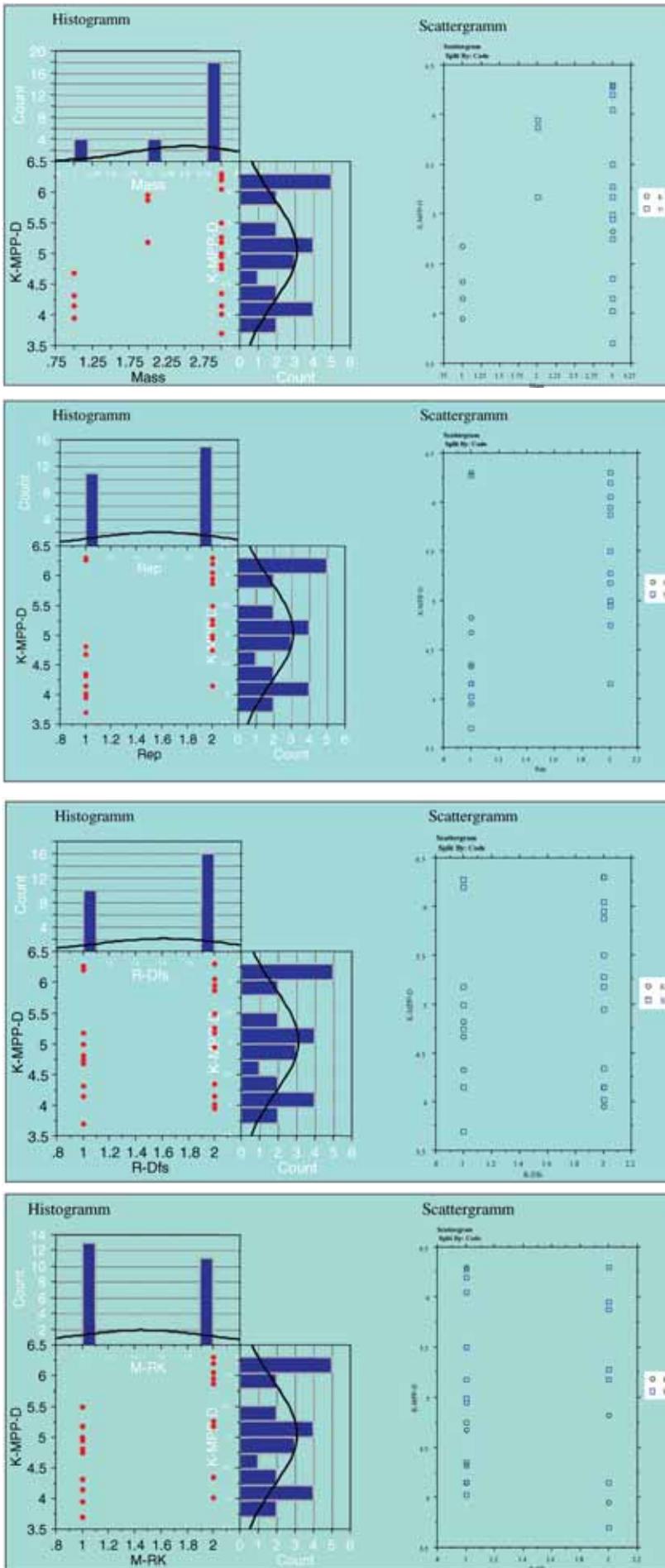


Fig. 3: Graphische Darstellung verschiedener Korrelationen anhand von Histo- und Scattergrammen.

3a) Maßsätze (1. Säule = score 1), Halb-Maßsätze (2. Säule = score 2) oder Stangensätze (3. Säule von links = score 3).

3b) Sättel mit Reparaturen (2. Säule = score 2), Sättel ohne Reparaturen (1. Säule = score 1).

3c) Leichte Schmerzreaktionen an den Dornfortsätzen (R-Dfs) (Ziffer auf der waagrecht Achse = score 2).

3d) Leichte Atrophie der Rückenmuskulatur in Verbindung mit höheren Druckwerten (Ziffer auf der waagrecht Achse, 1. Säule (score 1) = keine Atrophie, 2. Säule (score 2) = Atrophie der Rückenmuskulatur (M-RK)).

Graphs showing the correlation by means of combined histo- and scattergrams.

3a) Made to measure saddles (first column = score 1), adapted saddles (second column = score 2) or hand me down saddles (third column from left = score 3).

3b) Saddle with repairs (second column = score 2), saddles without repairs (first column = score 1).

3c) Slight pain reactions of the dorsal processes (R-Dfs) (letter on horizontal axis = score 2)

3d) Slight muscle atrophy of the back muscles in correlation to higher pressure values (letter on horizontal axis = score 1).

Auswertung der Rücken-Untersuchung-Scores der Pferde im Hinblick auf die beiden Satteltypen wurde deshalb verzichtet.

Sattelzustand

Die Sättel waren insgesamt in gutem Zustand ohne nennenswerte Defekte. Bei der Begutachtung der Sättel zeigte sich, dass die Sättel des Typ K häufiger Maßsättel waren und weniger Reparaturen und Asymmetrien aufwiesen. Ebenfalls wurde eine bessere Polsterung verzeichnet. Die Beurteilung der Sättel ohne Reiter auf dem Pferd ergab anhand der Scores bei den K-Sätteln vorne am Widerrist generell eine korrekte Kammerweite, während bei den N-Sätteln fast immer eine Tendenz zu einer zu engen Kammer festgestellt wurde. Mit Reiter zeigten beide Satteltypen vorne tendenziell eine zu enge Kammerweite, wobei der Score der K-Sättel im diesbezüglichen Vergleich etwas besser ausfiel. Bei der Begutachtung der Kammerweite hinten wurde anhand der Scores eine korrekte Weite mit und ohne Reiter für die K-Sättel gefunden, während die N-Sättel deutlich ver-

engte Kammern zeigten, die mit Reiter noch mehr verstärkt wurden.

Die Auflageflächen mit und ohne Reiter waren bei den K-Sätteln sehr gleichmäßig. Hingegen wurden bei den N-Sätteln Brückenbildungen beobachtet, die zwar mit dem Reitergewicht etwas weniger sichtbar waren, jedoch vor allem im Wechsel der Flug- und Sitzphase des Reiters im Trab oder Galopp ausgeprägt zu sehen waren. Die gemessenen Druckwerte in der Mitte der Sättel schwankten mitunter bis zu 1,5 N/cm².

Korrelation der untersuchten Variablen

Eine Korrelation der Daten aus der Beurteilung der Pferde und der Sättel mit den maximalen Druckwerten (MPP-D) wurde nur dort vorgenommen, wo deutliche Unterschiede zutage getreten waren. Da bei den maximalen Druckwerten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Bahnfigur innerhalb der einzelnen Gangarten gefunden werden konnten, wurde eine Korrelation der oben genannten Werte lediglich zu den

Tab. 3: Mittelwerte mit Standardabweichung der Maximal Pressure Picture (MPP), Mean Value Picture (MVP), Maximal Area Picture (MAP), Maximal Force Picture (MFP) für die Druckwerte ($D = \text{N/cm}^2$) in den verschiedenen Gangarten.

Mean values including standard deviation of the Maximal Pressure Picture (MPP), Mean Value Picture (MVP), Maximal Area Picture (MAP), Maximal Force Picture (MFP) of the pressure values ($D = \text{N/cm}^2$) in the different gaits.

Gangarten/ Bahnfiguren	Max. Press. P MPP	Mean Val. P MVP	Max. Area P MAP	Max. Force P MFP
A: Stand ohne Reiter Sattel K	0.596±0.211	0.508±0.202	0.542±0.203	0.567±0.223
A: Stand ohne Reiter Sattel N	0.604±0.248	0.533±0.221	0.562±0.242	0.583±0.248
B: Stand mit Reiter Sattel K	2.092±0.995	1.542±0.478	1.637±0.655	2.071±1.016
B: Stand mit Reiter Sattel N	1.857±0.565	1.561±0.394	75.129±311.927	1.775±0.543
C: Schritt gerade Sattel K	2.350±0.530	1.292±0.354	1.642±0.377	1.917±0.431
C: Schritt gerade Sattel N	2.587±0.465	1.506±0.184	1.704±0.387	2.143±0.288
D: Schritt Volte rechts Sattel K	2.871±0.671	1.292±0.314	1.671±0.478	2.121±0.756
D: Schritt Volte rechts Sattel N	3.088±0.732	1.685±0.270	1.908±0.481	2.554±0.720
E: Schritt Volte links Sattel K	2.740±0.747	1.345±0.311	1.575±0.529	1.910±0.273
E: Schritt Volte links Sattel N	3.314±1.123	1.841±0.609	2.037±0.651	2.455±0.915
F: Leichttrab Sattel K	4.517±0.934	1.738±0.414	2.525±0.626	2.688±0.626
F: Leichttrab Sattel N	3.729±0.641	1.542±0.256	2.918±0.631	3.072±0.578
G: Trab aussitzen Sattel K	3.775±0.559	1.645±0.490	2.770±0.397	3.045±0.519
G: Trab aussitzen Sattel N	3.913±0.932	1.533±0.341	18.672±66.918	3.216±0.403
H: Trab Volte rechts Sattel K	3.313±0.578	1.508±0.368	2.629±0.563	3.046±0.683
H: Trab Volte rechts Sattel N	4.214±0.798	1.739±0.376	3.241±0.592	3.471±0.710
I: Trab Volte links Sattel K	3.408±1.001	1.700±0.476	2.575±0.642	2.975±0.860
I: Trab Volte links Sattel N	4.930±0.960	1.682±0.360	3.353±0.563	3.616±0.733
O: Mitteltrab Sattel K	5.194±0.870	1.612±0.189	3.194±0.547	4.494±0.279
O: Mitteltrab Sattel N	4.874±0.986	1.612±0.418	3.913±1.056	4.187±0.987
K: Rechtsgalopp Sattel K	4.704±0.846	1.750±0.242	4.067±1.204	4.075±0.863
K: Rechtsgalopp Sattel N	5.159±0.818	1.839±0.396	3.599±1.124	4.614±1.071
L: Linksgalopp Sattel K	4.179±0.820	1.738±0.432	3.179±0.455	3.567±0.442
L: Linksgalopp Sattel N	5.308±0.890	1.841±0.395	3.721±0.903	4.403±0.831
M: Galopp Volte rechts Sattel K	5.025±1.108	1.804±0.323	4.050±0.948	4.362±1.211
M: Galopp Volte rechts Sattel N	5.501±1.013	2.091±0.427	4.296±1.046	4.991±0.905
N: Galopp Volte links Sattel K	4.908±1.077	1.892±0.279	3.542±0.464	3.946±0.421
N: Galopp Volte links Sattel N	5.767±0.598	2.167±0.306	4.344±0.932	7.044±9.256

maximalen Druckmessungen (MPP) im Rechts-Galopp geradeaus vorgenommen.

Eine Korrelation (Fig. c) zwischen Druckdolenzen der Dornfortsätze und höheren Druckwerten konnte gefunden werden, wobei mehrheitlich maximale Druckwerte (MPP-D) über 3,5 N/cm² dafür verantwortlich zu sein schienen. Bei der Korrelation der Polsterung und den MPP-D konnten zwar keine Unterschiede in der Höhe der Druckwerte innerhalb der Scores gefunden werden, hingegen konnte „zu hart“ eindeutig den N-Sätteln zugewiesen werden. Es handelte sich durchwegs nicht um Maßsättel, welche im Vergleich mit niedrigeren Druckwerten korrelierten (Fig. 3a). Auch Reparaturen (z.B. Aufpolsterung) korrelierten mit hohen MPP-D-Werten (Fig. 3b). Schließlich konnte schwächere Rückenmuskulatur eher höheren MPP-D-Werten zugeordnet werden, während für die Verspanntheit der Rückenmuskulatur keine Unterschiede festzustellen waren. Asymmetrien der Sattelkissen, sowie abweichende Ausweichreaktionen und Biagsamkeit in der Lateroflexion konnten ebenfalls nicht eindeutig statistisch signifikant den höheren Druckwerten zugeordnet werden. Lediglich eine Tendenz, dass die MPP-D-Werte bei etwas höheren Druckwerten angefangen haben, wurde beobachtet.

Subjektive Evaluation der Bewegungsbilder

Die subjektive Auswertung der Bewegungsbilder auf dem Computer-Bildschirm erforderte etwas Übung. Mit zunehmender Erfahrung konnten einzelne Bewegungsflüsse differenzierter erkannt und bestimmten Abläufen zugeordnet werden. Ebenfalls war es möglich bei den einzelnen Aufzeichnungen den reiterlichen Einfluss zu beurteilen.

Insgesamt bestätigten die objektiv erarbeiteten Messwerte die subjektiv gewonnenen Eindrücke. Darüber hinaus zeigte es sich, dass der Reiter eine Tendenz hatte vermehrt links zu sitzen und den Sattel manchmal ungleich zu belasten. Zusätzlich konnte er – wie aus der Beurteilung der Achse der Kraftübertragung des Reiters ersichtlich – bei den Pferden mit K-Sätteln ruhiger im Sattel mit der Bewegung mitgehen als bei Pferden mit den N-Sätteln. Das bestätigte auch die Präferenz des Reiters, der die K-Sättel den N-Sätteln vorzog. Eine Brückenbildung (Fig. 4) trat viel häufiger bei den N-Sätteln auf. Weiterhin konnte eine sehr starke Schwankung in der Auflagefläche (Fig. 5) der N-Sättel, vor allem in den Gangarten Trab und Galopp, beobachtet werden, während bei den K-Sätteln im Laufe der Bewegung die Auflagefläche relativ konstant blieb mit Ausnahme der Flugphase des Galopps, wo sich auch bei den K-Sätteln der hintere Teil deutlich vom Pferderücken abhob.

Diskussion

In der vorliegenden Studie wurde der Versuch unternommen, Durchschnittswerte für die Druckverhältnisse unter dem Sattel in verschiedenen Gangarten und Bahnfiguren bei einer homogenen Gruppe von rückengesunden Pferden für zwei unterschiedliche Satteltypen zu erarbeiten. Dabei wurde festgestellt, dass sich die gemessenen Werte vor allem im Stand mit und ohne Reiter, und in den Gangarten unterscheiden. Für letzteres war der Unterschied vor allem vom Stand zum Schritt, und vom Schritt zu den schnelleren Gangarten deutlich zu bemerken. Hingegen lassen sich die Unterschiede in den schnelleren Gangarten, Trab und Galopp, sowie den Bahnfiguren bei den gete-

steten Sätteln vernachlässigen. Im weiteren konnte gezeigt werden, dass bei Sätteln mit relativ großer Auflagefläche und relativ weichen Sattelkissen die Gewichtskraft des Reiters auf den Pferderücken auf eine größere Fläche verteilt und folgerichtig die Druckwerte unter dem Sattel kleiner sind im Vergleich zu Sätteln mit kleiner Auflagefläche und relativ hart gepolsterten Sattelkissen. MPP-Druckwerte über 4 N/cm² konnten mit leichten Veränderungen in der Schmerzempfindlichkeit des Rückens der Pferde in Verbindung gebracht werden.

Der Einfluss der Sattelgurte wurde nicht separat gemessen, da in der Realität des täglichen Reitens diese normalerweise konstant in der gleichen Länge geritten werden und damit keine Variable darstellen. Bei allen Vermessungen wurden die Gurte von Anfang an in ihrer normalen Position verschnallt.

Da die Druckverhältnisse unter dem Sattel durch die große Variabilität des komplexen Systems von Reiter, Sattel und Pferd stark beeinflusst werden, wurde eine homogene Pferdepopulation ausgewählt. Zusätzlich sollte durch das Testen von nur zwei Satteltypen und der Verwendung immer desselben Reiters diese Variabilität auf ein Minimum reduziert werden. Zudem war ein sehr guter Ausbildungsstand der Pferde und des Reiters, sowie gleiche Bodenbeschaffenheiten und Haltungsbedingungen während der gesamten Messperiode gewährleistet. Die Länge und Art der Aufwärmphase der Pferde war identisch und während den Messungen wurden alle im klassischen Dressurstil geritten. Dabei konnte die Tagesform der Pferde, des Reiters, sowie individuelle Unterschiede der einzelnen Pferde nur bedingt berücksichtigt werden. Ebenfalls wurde der Trainingszustand der Rückenmuskulatur in Abhängigkeit von Alter und Ausbildungsstand der Pferde bei der statistischen Auswertung nicht berücksichtigt. Die Anwendung des Novel Pliance Messsystems® stellte sich als sehr benutzerfreundlich heraus – sowohl für den praktischen Messvorgang, sowie für die Auswertung der Daten mit der entsprechenden Software – mit nur einigen kleinen Einschränkungen. In Bezug auf die Sattelmatten traten hauptsächlich zwei Probleme auf: einerseits führte die glatte Oberflächenbeschaffenheit dazu, dass es bei einigen Messungen zu einem leichten Verrutschen der Sattelmatten kam. Das konnte sowohl ein seitliches Auseinanderweichen der beiden Mattenhälften bedeuten, wie auch ein Verrutschen der ganzen Matte in der Längsachse nach kaudal. Dem Auseinanderweichen der Mattenhälften könnte durch eine zusätzliche Fixierung im cranialen wie auch im kaudalen Bereich abgeholfen werden. Um die individuelle Anpassung über dem Widerrist und im Lendenbereich nicht zu gefährden, könnte ein Klettverschluss die nötige Flexibilität gewährleisten. Andererseits brachte die hohe Feinheit der Sensoren und die relativ dünne Beschaffenheit der Matte die Gefahr mit sich, dass ganze Sensorenreihen geschädigt wurden und damit die Messwerte veränderten. Dem wurde Rechnung getragen, indem diese Sensorenreihen (max. 3 Reihen bei einigen Pferden) seitengleich ausgeschlossen wurden. Damit konnte die Abweichung bei der gesamten Auswertung sehr gering gehalten werden, wie Vergleiche zwischen den errechneten Daten gezeigt haben (*unveröffentlichte Daten*).

Die Software bietet die Möglichkeiten zur statistischen Auswertung von Messungen einzelner und mehrerer Pferde gleichzeitig. Für die vorliegende, vergleichende, wissenschaftliche Auswertung der Daten wurden die Durchschnittswerte der MPP, MVP, MAP und MFP verwendet im Bewusstsein, dass es sich damit um eine reduzierte Bewertungsmöglichkeit handelte. Bei der Erfassung der gemessenen Daten ist es erstrebenswert, dass die Messungen über eine gewisse Anzahl Einzelbilder (Frames) durchgeführt werden (mind. 150 Frames), um einen

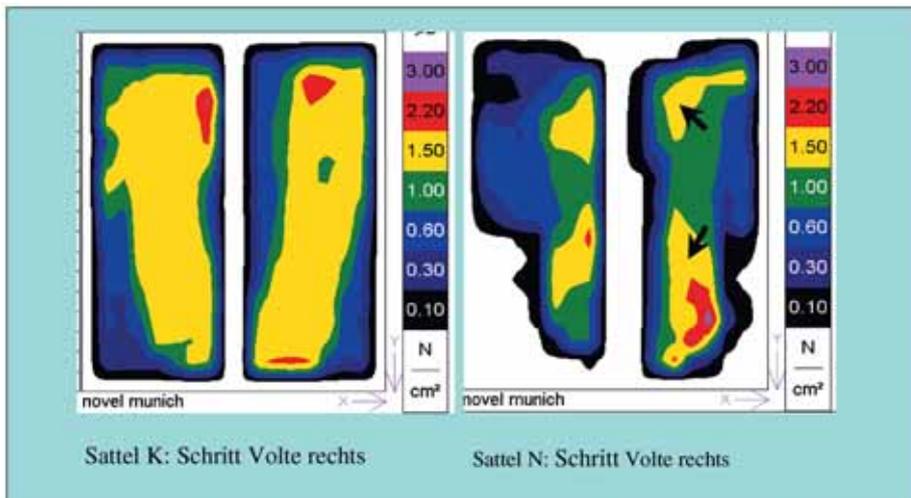


Abb. 4

Fig. 4: Beispiele für eine Brückenbildung. Der Sattel K zeigt eine gleichmäßige Druckverteilung über die gesamte Auflagefläche des Sattels. Im Gegensatz dazu konzentriert sich der Druck beim Sattel N vor allem im vorderen und hinteren Drittel der Auflagefläche (Pfeile) bei relativer Entlastung im Mittelteil.

An example of a “bridge-formation”. The saddle K shows an even pressure distribution over the complete surface area of the saddle. In contrast, pressure values were concentrated mainly in the anterior and posterior third of the surface area in saddle N while the middle portion was under lower pressure.

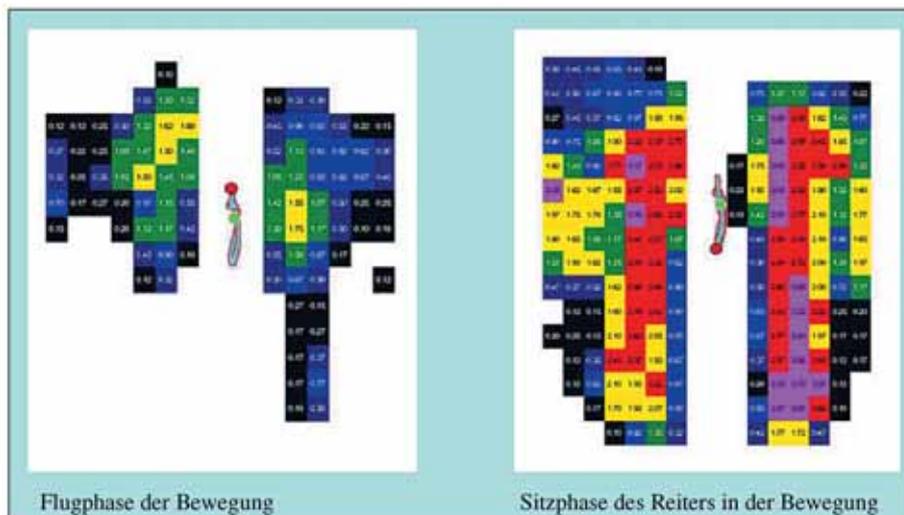


Abb. 5a

Fig. 5: Auflagefläche in unterschiedlichen Phasen des Bewegungsablaufes des Pferdes und Reiters im Rechtsgalopp.

5a: Sattel N, Galopp geradeaus, rechte Hand
5b: Sattel K, Galopp geradeaus, rechte Hand

Surface area of the saddle in different phases of motion during ambulation with the rider at a right hand canter.

5a: saddle N, straight canter, right hand
5b: saddle K, traight canter, right hand

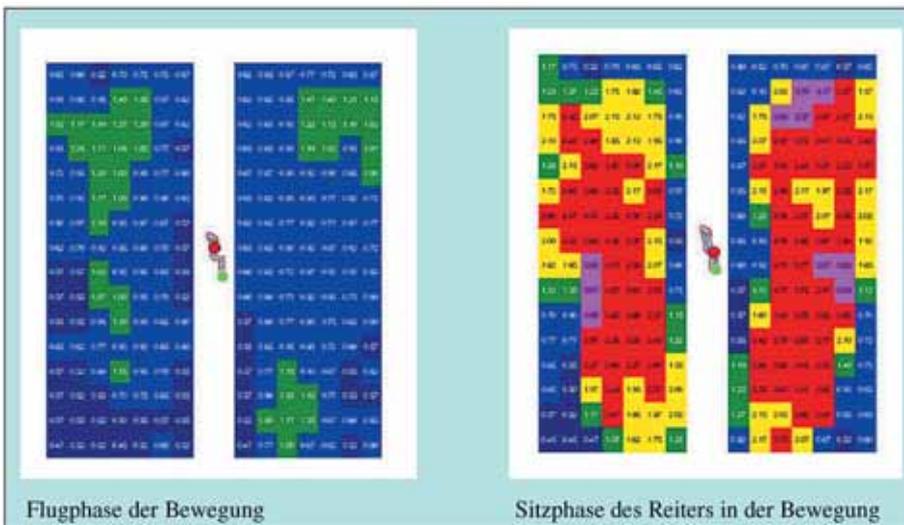


Abb. 5b

möglichst realistischen Mittel- oder Maximalwert zu erhalten. Für die Beurteilung der Messdaten eines einzelnen Pferdes hingegen erlaubt die Software sehr eindrückliche und vielfältige Darstellungs- und Beurteilungsmöglichkeiten. Das Programm „Value Master“ (Fig. 1) ermöglicht durch die Darstellung des Kurvenverlaufs die Beurteilung der Gleichmäßigkeit des Rhythmus, der Belastung und der Bandbreite der Ausschläge, wie übrigens auch das „emed-sf“ oder „novel player“ (Video-Synchronisation) Die Darstellung im „Isobar“-Programm (Fig. 1b) ermöglicht die Darstellung von Arealen

gliecher Druckverteilung. Diese visuell vereinfachte Darstellung erleichtert die subjektive Beurteilung der Druckverhältnisse für den Betrachter. Zusätzlich bietet der Darstellungsmodus des „Magic Mountain“ (Fig. 1b) die dreidimensionale Abbildung der Druckverteilung über eine vorgegebene Zeitspanne. Diese vielfältigen Möglichkeiten erleichtern dem Betrachter die große Fülle an Informationen über einzelne Messungen zu interpretieren und zu einer Schlussfolgerung zu gelangen. Das synchron aufgenommene Video lässt zusätzliche Interpretationen über den Bewegungsablauf des Pferdes wie auch Ein-

wirkungen des Reiters in Relation zu den gemessenen Daten zu.

Obwohl die Bewertungen der Sättel unabhängig von den durchgeführten Messungen so objektiv wie möglich von drei unabhängigen Betrachtern durchgeführt wurde, kann eine gewisse Tendenz in der subjektiven Bewertung hier nicht vollständig ausgeschlossen werden. Doch dürften sich die Abweichungen in engen Grenzen halten. Tatsächlich erbrachten in den meisten Fällen die Beobachtungen dasselbe Resultat. Dasselbe gilt für die Bewertungen der Rückenuntersuchungen. Die Befunde wurden zwar von einem außerhalb der Studie stehenden Fachtierarzt für Pferdekrankheiten erstellt, doch sind auch hier gewisse subjektive Schwankungen der Bewertungskriterien nicht gänzlich auszuschließen.

Zur Erfassung statistischer Signifikanzen wurde die Methodik der Varianzanalyse gewählt, obwohl in der Gruppe mit dem Satteltyp K nur 6 Pferde vermessen wurden und damit die Kriterien für die Normalverteilung nur bedingt erfüllt waren. Damit war die Wahl für parametrische Tests nur teilweise gerechtfertigt. Wären nicht-parametrische Tests zur Erfassung statistischer Signifikanzen beigezogen worden, wären diese möglicherweise deutlicher ausgefallen. Hingegen hätten mit diesen Tests die Interaktion des Reiters mit dem Satteltyp und den Gangarten nicht erfasst werden können. Die Wahl der Varianzanalyse erhöht jedoch die ermittelten Signifikanzen durch die verschärften Testbedingungen.

Die Unterschiede zwischen den beiden Satteltypen waren relativ gut erkennbar, wobei eine gewisse Variabilität in der Gesamtauswertung vor allem innerhalb des Satteltyps K mit dem weicheren Sattelkissen festzustellen war (Tab. 3). Hingegen waren die Unterschiede innerhalb einer einzelnen Messung zwischen den Werten MPP und MVP geringer als beim Satteltyp N mit härter gepolsterten Sattelkissen. Das bedeutet eine gleichmäßigere Auflagefläche des Satteltyps K während der Bewegung. Diese führt zur Verteilung der vom Reiter ausgehenden Gewichts- und Beschleunigungskräfte über eine größere Fläche auf dem Rücken des Pferdes. Damit sind auch die niedrigeren Druckwerte unter den K-Sätteln erklärt. Hebt sich aber ein Teil der Auflagefläche des Sattels mitsamt dem Reiter während der Flugphase einer Bewegung vom Rücken ab, so führt das zu höheren Druckwerten unter den aufliegenden Teilflächen. Bei der Interpretation der Daten haben sich gewisse Phänomene nur in Darstellung der zeitlichen Abfolge erkennen lassen und mussten subjektiv bewertet werden, wie z.B. eine in der Bewegung stark variierende Auflagefläche des Sattels. Diese können durch die rechnerisch erstellten Druckbilder zwar ebenfalls objektiv erfasst werden $A=f(t)$, jedoch die Verteilung der variierenden Auflagefläche auf dem Pferderücken muss ebenfalls beurteilt und kann nur vom Beobachter selbst erfasst werden. Ein Sattel, der in den schnelleren Gangarten eine starke Kippbewegung in der Längsrichtung zeigt, konnte mitunter in der minimalen und maximalen Auflagefläche bis zu 50% variieren (Fig. 5). Im Stand oder Schritt war dieses Phänomen nicht vorhanden. Aus den zusammengefassten Daten der MPP, MVP, MAP und MFP konnte es nicht erfasst werden. Aus oben genannten Gründen der Beschleunigung oder der Verteilung des Reitergewichtes scheint dieser Beobachtung eine relativ hohe Bedeutung zuzukommen.

Gleichzeitig ist die Beurteilung der Bewegung sehr wichtig, da sich der Einfluss des Reiters in der statischen Darstellungsweise nur unvollständig darstellen lässt. Asymmetrien beim Sitzen, oder ein unruhiger Sitz können nur temporär auftreten und bei der statischen Darstellung deshalb unbemerkt blei-

ben. Über die Darstellung des Kraftangriffspunktes (Achsen-darstellung im Programm „Axis“, Fig. 1b) lässt sich jedoch relativ leicht der Schwerpunkt des Reiters im Sattel und dessen Veränderung in der Bewegung abschätzen.

Das Phänomen der sogenannte Brückenbildung eines Sattels (Fig. 4), welches durch eine hohe Belastung in der Schulter- und Sattelendlage bei relativer Entlastung im Mittelteil zustande kommt, konnte sehr gut in der zeitlichen Abfolge der Druckbilder beurteilt werden. Dadurch dass die Abspielgeschwindigkeit der einzelnen Bilder reguliert werden kann, ist die Wellenbewegung innerhalb der Vorwärtsbewegung sehr deutlich nachvollziehbar. Daraus ließ sich auch erkennen, dass der Einfluss einer Volte vernachlässigbar war, indem an der Innenseite der Volte keine erhöhten Druckwerte aufgetreten waren.

Obwohl es einerseits äußerst wichtig zu sein scheint, dass die Druckverhältnisse unter dem Sattel in der Bewegung dargestellt werden, liegt auch darin eine gewisse Gefahr der Fehlinterpretation. In dieser Studie wurden nur die Werte aus der Information der MPP, MVP, MAP und MFP statistisch ausgewertet. Dies stellt eine Vereinfachung des Problems dar, welches jedoch für das Erarbeiten von ersten Grundwerten als zulässig angesehen wurde.

In der vorliegenden Studie konnten deutliche Unterschiede der Druckverhältnisse zwischen den zwei Satteltypen K und N gezeigt werden. In diesem Zusammenhang muss darauf hingewiesen werden, dass es sich bei den Satteltypen K mehrheitlich um Maßanfertigungen handelte, während die Sättel des Typs N entweder Halbmaßanfertigungen waren und die meisten nicht nur älteren Datums, sondern auch bereits mindestens einmal aufgepolstert waren. Die Benützung von Maßsätteln wirkte sich günstiger auf die Druckverhältnisse unter dem Sattel aus. Zusätzlich stellte sich heraus, dass die Bauweise der Sättel des Typs K eine bessere Kammerweite und insgesamt eine gleichmäßigere und breitere Auflagefläche auf dem Pferderücken ermöglichte (Fig. 4). Die breitere Auflagefläche führte nicht zu einer erniedrigten Krafteinwirkung des Reiters, sondern im Gegenteil wurden höhere Werte gefunden während gleichzeitig niedrigere Druckwerte unter dem Sattel gemessen wurden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass das elektronische Sattelmesssystem der Firma Novel GmbH sich für die Datenerfassung der Kraftübertragung, der Auflagefläche und der Druckverhältnisse unter dem Sattel auf den Pferderücken sehr gut eignet. Ebenfalls konnte ein erster Teil der Arbeitshypothese für einen passenden Sattel bestätigt werden. Die Auflageflächen beider Sattelhälften sollten möglichst breit, symmetrisch und konstant sein und durch die Gangarten, sowie durch die Bahnfigur nicht beeinflusst werden. Gute Kammerfreiheit für die Dornfortsätze, sowie eine gleichmäßige Druckverteilung mit Schwerpunkt im mittleren Drittel des Sattels ohne Brückenbildung sollten in jedem Falle gewährleistet sein. In einer bereits begonnenen, nachfolgenden Studie, wo Druckverhältnisse bei klinisch rückenkranken Pferden erstellt werden sollen, kann eine Vertiefung der Interpretation und weitere Differenzierung die

bei der vorliegenden Studie vorgenommene Vereinfachungen relativieren und bestenfalls erhärten.

Literaturverzeichnis

- Blümcke, S. (1994): Die elektronische Satteldruckmessung und ihre Anwendung, Zusammen Rücken, Buch zum 2. Forum, Edition Schürer, 62–68.
- Gundel, M. und U. Schatzmann (1997): Rückenprobleme beim Pferd: 1. Eine Literaturzusammenfassung zur klinischen Untersuchung, Pferdeheilkunde 13, 199–204.
- Harman, J. C. (1992): Backs, Performance and Acupuncture, in Proceedings. 38th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, 337–348.
- Harman, J. C. (1994): Practical use of a computerized saddle pressure measuring device to determine the effects of saddle pads on the horse's back. Journal of Equine Veterinary Science 14, 606–611.
- Harman, J. C. (1995): Practical Saddle Fitting, Part 1–3. The Equine Athlete 8, 6–13, 14–18, 17–19.
- Harman, J. C. (1997): Measurement of the pressures exerted by saddles on the horse's back using a computerized pressure measuring device. Pferdeheilkunde 13, 129–134
- Jeffcott, L. B. (1979): Back problems in the horse – a look at past, present and future progress. Equine Veterinary Journal, 11, 129–136.
- Jeffcott, L. B. (1985): The examination of a horse with a potential back problem. Proc of 31st Ann Conv AAEP, 271–284.
- Jeffcott, L. B. (1993): Rückenprobleme des Athleten „Pferd“: 1. Ein Bericht über das Erkennen und die Möglichkeiten der Diagnose. Pferdeheilkunde 9, 143–150.
- Jeffcott, L. B. (1995): The approach to the back of the horse. Knezevic, P. F.: Orthopädie bei Huf- und Klautentieren, F K Schattauer Verlagsgesellschaft GmbH, Stuttgart, 316–326.
- Jeffcott, L. B., M. A. Holmes. und H. G. G. Townsend (1999): Validity of saddle pressure measurements using force-sensing technology – preliminary studies. The Veterinary Journal 158, 113–119.
- Pullin, J. G., M. A. Collier, C. M. Durham und R. K. Miller (1996): Use of force sensing array technology in the development of a new equine saddle pad: static and dynamic evaluations and technical considerations, Journal of Equine Veterinary Science 16, 207–216.

Anmerkung

Diese Studie ist ein Teil der Dissertation von Daniela Werner und Sibylle Nyikos im Rahmen des Doktorates an der Veterinärchirurgischen Klinik, Universität Zürich.

Daniela Werner
PD Dr. med. vet. Brigitta von Rechenberg, Dipl. ECVS

Muskuloskeletal Research Unit
Veterinärchirurgische Klinik
Universität Zürich
Winterthurerstr. 260
CH 8057 Zürich