

Elektronische Satteldruckmessungen im Zusammenhang mit Rückenproblemen bei Pferden

Sybille Nyikos, Daniela Werner, Jessika A. Müller, Christoph Buess, Regula Keel, Axel Kalpen, Hans-Dieter Vontobel, Kuno Alexander von Plocki, Jörg A. Auer und Brigitte von Rechenberg

Musculoskeletal Research Unit, Pferdeklunik, Vetsuisse-Klinik Zürich, Universität Zürich, Zürich, Schweiz

Zusammenfassung

Rückenprobleme bei Reitpferden wurden in dieser Studie bei 26 Pferden in Zusammenhang mit Sattelpassformen untersucht. Die häufigsten Gründe zur Vorstellung der Patienten bestanden in Rittigkeitsproblemen, Wegdrückens des Rückens, Steifheit und Problemen bei den Uebergängen und der Versammlung. Ein standardisiertes Untersuchungsprotokoll für die Erfassung der Rückenprobleme und der Sättel alleine oder auf dem Pferd mit und ohne Reiter wurde angewendet, sowie Druckmessungen unter dem Sattel mit Hilfe einer elektronischen Sattelmatte bei den Pferden im Trab (Novel, GmbH, München) wurden durchgeführt und varianzanalytisch sowie korrelationsstatistisch ausgewertet. Dabei stellte sich heraus, dass Verspannungen der Muskulatur vor allem in der Sattelendlage und Dolenzen der Dornfortsätze am häufigsten anzutreffen waren. Gründe für schlecht passende Sättel waren asymmetrische Sättel, zu harte Sattelkissen, zu enge Sattelkammern und zu weit nach hinten verlagerte Schwerpunkte der Sitzfläche. Bei der Aufteilung der elektronische gemessenen Druckwerte in sechs Masken (je eine vordere, mittlere und eine hintere auf beiden Seiten), zeigte sich, dass bei Auftreten von Schmerzen die maximalen Druckwerte (MPP) im vorderen Bereich immer $>3.45\text{N/cm}^2$, im mittleren Drittel $> 3.03\text{N/cm}^2$ und im hintersten Drittel $> 3.10\text{N/cm}^2$ lagen. Bei den mittleren Druckwerten (MVP) lagen bei diesen Fällen die Werte im vorderen Bereich $>1.32\text{N/cm}^2$, im mittleren $>1.14\text{N/cm}^2$ und im hintersten Drittel $>1.00\text{N/cm}^2$. Signifikante Zusammenhänge wurden zwischen Sattelpassform und Auftreten von Rückenproblemen gefunden, und Druckwerte konnten auf die Sattelpassform zurückgeführt werden. Es zeigte sich, dass die Toleranzgrenze für Druckwerte in der Lendengegend des Pferderückens deutlich niedriger lag als im Bereich des Widerristes. Brückenbildungen bei den Sätteln gehörten zu den schlechtest tolerierten Abweichungen von einer optimalen Passform. Die Studie zeigte ebenfalls, dass das elektronische Sattelmesssystem sehr praxisrelevante Daten liefern und damit in der täglichen Tierarztpraxis eingesetzt werden kann.

Schlüsselwörter: Satteldruck, Druckmessung, elektronische Sattelmatte, Rückenprobleme, Rückenschmerz

Measurements of Saddle Pressure in Conjunction with Back Problems in Horses

Back problems in connection with saddle fit were studied in 26 horses. Problems were usually related to willingness of the horses to be ridden, moving the back away from underneath the saddle, stiffness for latero-, dorso- and ventroflexion, difficulties in transitions between gaits and riding under collection. Standardized protocols for assessing back problems, saddle manufacturing and saddle fit on horses with and without a rider were used, as well as measurements of saddle pressures under the saddle using an electronic saddle pad (Novel GmbH, Munich) while the horses were trotting. Statistical analysis of data was performed using two factorial analysis of variance (ANOVA) and correlations were calculated with a p-value set significant at $p<0.05$. Results demonstrated that muscle tensions and contractions as well as pain on the dorsal spinal processes were mostly responsible for back problems mainly in the lumbar area. Reasons for badly fitting saddles were asymmetry, hard saddle cushions, too narrow gulches and the concentration of the main point of gravity of the saddle seat over the lumbar area. If pressure measurements were subdivided in 6 masks with a cranial, middle and caudal mask on each side of the saddle, maximal pressures (MPP) exceeding 3.45N/cm^2 in the anterior, 3.03N/cm^2 in the middle and 3.10N/cm^2 in the caudal mask were responsible for back problems. If mean pressure values (MVP) were studied, this was true for 1.32N/cm^2 in the cranial, 1.14N/cm^2 in the middle and 1.00N/cm^2 in the caudal masks. Significant differences and correlations were found for pressure values and back problems as well as saddle fit. It was clearly shown that pressure tolerance was much lower in the lumbar area compared to the withers and that „bridge-formation“ of the saddle was one of the worst criteria for saddle fit. The study also revealed that the electronic saddle pad delivered valuable data for daily equine practice in conjunction with back problems in horses.

Keywords: Saddle pressure, pressure measurement, electronic saddle pad, back problems, back pain

Einführung

Begriffe wie „Rückenprobleme“ oder „Rückenschmerzsyndrom“ sind ungenaue Beschreibungen für unterschiedliche pathologisch-anatomische Veränderungen der Wirbelsäule sowie der dazugehörigen Weichteile (Jeffcott 1979a, 1979b, 1993a, 1993b; Crowhurst 1975; Gundel et al.

1997). Schmerzhaft Zustände im Rückenbereich sind häufig auftretende Probleme bei Pferden, die jedoch nicht immer als solche erkannt werden.

Die Symptome, welche auf ein mögliches Rückenleiden hindeuten können, sind oft widersprüchlich, subtil und im indivi-

duellen Vergleich unterschiedlich (Jeffcott 1993a, 1993b; Jeffcott 1995). Im Vordergrund steht dabei nicht so sehr der Schmerz, dessen präzise Lokalisation und quantitative Bestimmung sich oft schwierig ermitteln lässt (Jeffcott 1993a). Vielmehr äußern sich die Rückenschmerzen beim Pferd in den beiden hauptsächlichen Symptomenkomplexen „Verhaltensprobleme“ einerseits und „Leistungsdepression“ andererseits. Die Verhaltensprobleme werden oft als Untugenden oder Widersetzlichkeiten des Pferdes angesprochen. Sie können sich durch Veränderungen im Temperament zeigen, als Überempfindlichkeitsreaktionen beim Putzen, als Widersetzlichkeit beim Satteln, Gurten und beim Reiten, unter anderem als „Durchbrennen“, Wegdrücken des Rückens beim Auf- und sich Hinsetzen im Sattel. Die Leistungsdepression des Pferdes steht jedoch als herausragendes Symptom im Vordergrund. Der Verlust der Leistungsfähigkeit ergibt sich aus der Tendenz, den Rücken zu entlasten und kann sich nebst anderem beim Reiten als Problem in der Anlehnung, Schwierigkeiten mit dem Untertreten der Nachhand oder eine einseitige Biegung des Pferdes trotz ausgeglichenen Trainings äußern. Insbesondere können auch sportliche Fähigkeiten, wie zum Beispiel erfolgreich zu springen oder ein Dressurprogramm zu absolvieren, eingeschränkt werden. Auch Lahmheiten, v.a. der Hinterhand können im Zusammenhang mit Rückenproblemen auftreten. Schweifschiefhaltung oder Harnabsatzprobleme sind weitere Symptome, welche die Möglichkeit eines Rückenleidens in Betracht ziehen lassen (Jackson 1975; Jeffcott 1975, 1978, 1979a, 1979b, 1980, 1985a, 1985b, 1993a, 1993b, 1995; Harman 1992; Gundel und Schatzmann 1997).

Die pathologisch-anatomischen Veränderungen, welche bei Rückenpatienten angetroffen werden, reichen von subtilen Schäden des Haut- und Haarkleides in der Sattellage, wie z.B. Ödeme, über Weichteilschäden des Muskel-, Sehnen- und Bänderapparates bis hin zu radiologisch nachweisbaren Veränderungen der Knochenstruktur (Jeffcott 1979a, Jeffcott 1985a, Jeffcott 1993a).

Es gibt viele Ursachen, die für die Entstehung von Rückenproblemen bei Reitpferden verantwortlich sein können. Der Einfluss des Sattels scheint dabei eine wesentliche Rolle zu spielen (Harmann 1995). Vorangehende Studien zeigten, dass Druckschäden durch schlecht angepasste Sättel als eine der wesentlichen Ursachen für Rückenprobleme und Leistungsdepression bei Sportpferden angesehen werden können (Harman 1992; Werner et al. 2002). Viele der oben genannten Symptome, welche im Zusammenhang mit Rückenproblemen auftreten, können allein durch einen unpassenden Sattel hervorgerufen werden und teilweise wieder verschwinden, sobald die Druckverhältnisse unter dem Sattel verbessert werden (Mönckemöller et al. 2005).

Ein unpassender oder falsch positionierter Sattel übt punktuell einen erhöhten Druck auf das darunter liegende Gewebe aus. Diese unphysiologische Belastung sowie die damit verbundenen Schmerzzustände können zu Verspannungen der Rückenmuskulatur führen, was seinerseits ein unnatürliches Bewegungsmuster des Pferdes nach sich zieht. Ein ideal sitzender Sattel passt sich den topographischen Verhältnissen des Pferderückens genau an, ohne die Bewegungsfreiheit einzuschränken. Je größer und gleichmäßiger die Auflagefläche, desto niedriger fallen die Druckwerte unter dem Sattel aus (Werner et al. 2002). Nebst der Passform des Sattels in Bezug

auf den Pferderücken muss dieser dem Reiter Balance und eine richtige Positionierung seines Gewichtes ermöglichen.

Für die gute Passform des Sattels ist in erster Linie der Sattelbaum maßgeblich. Die Passform des Sattelbaumes wird durch die Faktoren Kammerweite, Trachtenwinkelung, „Twist“ (Längsdrehung der Trachten), „Schwung“ (Biegung des Sattelbaumes in Längsrichtung, Radius) sowie Länge des Sattelbaumes bestimmt. Eine passende Kammerweite gewährleistet über der ganzen Sattellage großzügig Freiheit für Widerrist und Wirbelsäule. Trachtenwinkelung und die Länge des Sattelbaumes müssen entsprechend gewählt werden, um dem Schulterblatt genügend Bewegungsfreiheit (Schulterfreiheit) zu ermöglichen und gleichzeitig den Lendenbereich nicht übermäßig zu belasten. Der „Schwung“ des Sattels muss auf die Ausprägung der Sattellage abgestimmt sein, z.B. je kürzer und tiefer der Rücken des Pferdes desto größer muss der Schwung des Sattels sein. Die Sattelkissen dienen in erster Linie als Polsterung zwischen Pferderücken und Sattelbaum. Sie sind bis zu einem gewissen Grad aber auch an der Formgebung und somit der Passform des Sattels beteiligt. Dabei spielt es eine große Rolle, dass die Polsterung gleichmäßig verarbeitet und weich ist. Vor allem zu harte Polster führen zu einer phasenweise übermäßigen Druckbelastung im Lendenbereich. Hinsichtlich der Positionierung des Reiters und der Schwerpunktgebung des Sattels ist es von Bedeutung, dass der tiefste Punkt der Sitzfläche etwas hinter der Mitte des Sattels zu liegen kommt und die Steigbügelauflage dem Reiter ein gerades Bein ermöglicht. Auch wenn die Messergebnisse im Rahmen der vorhergehenden Studie und die darauf basierende Schlussfolgerungen für eine optimale Sattelpassform auf Sättel des englischen Typs beschränkt waren, so lassen sich die Anforderungskriterien im wesentlichen jedoch auf alle Satteltypen übertragen.

Aufgrund der Entwicklung elektronischer Satteldruckmesssysteme ist es heute möglich, die Druckverhältnisse unter dem Sattel objektiv darzustellen (Blümcke 1994, Harman 1994, Pullin et al. 1996, Harman 1997, Jeffcott et al. 1999, Werner et al. 2002). Das Pliance System der Novel GmbH hat sich im Rahmen vorangehender Studien für diesen Zweck sehr gut bewährt (Blümcke 1994; Werner et al. 2002). Dank der Möglichkeit mit diesem Messsystem die gemessenen Druckverhältnisse unter dem Sattel kabellos an einen PC zur Auswertung zu übermitteln, können nicht nur Messungen im Stand, sondern auch in allen Gangarten vorgenommen werden.

Ergebnisse der vorangehenden Studie (Werner et al. 2002) zeigten, dass Messungen nicht nur im Stand, sondern vor allem auch während der Bewegung des Pferdes aufgenommen werden müssen, um die Druckverhältnisse unter dem Sattel möglichst objektiv zu erfassen. Aus den Messungen der in der Studie verwendeten, gesunden und gut gerittenen Pferde wurde die Schlussfolgerung gezogen, dass maximale Druckwerte im Durchschnitt unter 3 N/cm^2 bleiben sollten. Maximale Werte (MPP) über 3.5 N/cm^2 und durchschnittliche Druckwerte (MVP) über 1.5 N/cm^2 korrelierten in dieser Studie mit leichten Veränderungen in der Schmerzempfindlichkeit des Rückens, mit Muskelatrophie im Rückenbereich und zu harten Sattelpolstern.

Das Ziel der vorliegenden Studie war es zu untersuchen, ob sich Symptome von Rücken- und Rittigkeitsproblemen bei Pferden in Zusammenhang stellen lassen mit maximalen und

durchschnittlichen Druckwerten unter dem Sattel. Die Hypothese dieser Studie war, dass bei dieser Problemgruppe Grenzwerte von maximal 3.5 N/cm² und von durchschnittlich 1.5 N/cm² überschritten werden.

Material und Methode

Messsystem

Wie in der vorangehenden Studie unsere Forschungsgruppe (Werner et al. 2002) diente als Messsystem das Pliance mobile-16HE der Firma Novel GmbH, München. Im Folgenden werden die einzelnen Elemente des Systems nur noch kurz erläutert, für detailliertere Informationen wird auf die frühere Studie verwiesen. Das System des Pliance mobile 16HE setzt sich im wesentlichen aus einer zwischen Sattel und Pferderücken gelegten, zweigeteilten Messmatte mit 112 Drucksensoren pro Seite und einem portablen Mikrocomputer (pliance-16-analyser) zusammen. Die gewonnenen Daten lassen sich mit der dazugehörigen Software (NovelWin) auswerten. Für die Datenübertragung wird die Messmatte mit dem Analyzer verbunden, welcher vom Reiter an einem Gurt getragen wird. Die Aufzeichnungsrate des Systems beträgt 44 Hz in einem Messbereich von minimal 0,1 bis maximal 10 N/cm² (entspricht 10 – 100 kPa im neusten System). Eine „PC Memory Card“ mit einer Speicherkapazität bis zu der maximalen Messdauer von einer Stunde, oder die direkte Übertragung mittels Bluetooth ermöglicht eine kabellose Übermittlung der Daten an den Computer zur Datenauswertung. Die optimale Bewegungsfreiheit von Reiter und Pferd wird somit gewährleistet. Im Softwareprogramm, NovelWin, können die gewonnenen Daten ausgewertet und als farbige zwei- oder dreidimensionale Bilder, aber auch als Messkurve des Drucks jeweils über die gesamte Messzeit dargestellt werden. Die einzelnen Farbareale der Bilder (schwarz, blau, grün, gelb, rot, pink) entsprechen jeweils genau definierten Druckwerten. Für die vorliegende Studie wurden nur einige Druckwerte verwendet, und zwar das Maximaldruckbild MPP (Maximum Pressure Picture), und das Durchschnittsdruckbild MVP (Mean Value Picture) mit den dazu gehörigen Kurven und Messwerten. Dabei repräsentiert das MPP ein virtuelles Bild, das für jeden Sensor den höchsten Druckwert zeigt, der innerhalb der Messperiode aufgetreten ist, während das MVP den Durchschnitt über alle Bilder berechnet, die mindestens einen belasteten Sensor, inkl. den Wert Null, während der gesamten Datenaufzeichnung enthalten.

Die Software ermöglicht es, im Rahmen der Datenauswertung beide Hälften der Messmatte jeweils in frei wählbare Areale (sog. Masken) weiter aufzuteilen (Abb. 1). Um die gewonnenen Messwerte gezielter auswerten zu können, wurden für diese Studie die beiden Messhälften mittels dieser Masken in jeweils ein vorderes, mittleres und hinteres Drittel unterteilt. Das ermöglichte es, die Druckwerte über den gesamten Sattelbereich, aber auch den rechten sowie linken vorderen, mittleren und hinteren Bereich des Sattels untereinander zu vergleichen.

Pferde

Um den Einfluss eines unpassenden Sattels auf den Pferderücken zu überprüfen, wurden in dieser Studie ausschließlich Pferde vermessen, welche gegenwärtig und zum Teil in der

Vergangenheit chronische Symptome von Rückenproblemen zeigten. Dabei handelte es sich um Pferde unterschiedlicher Rasse, Verwendungszwecks und Ausbildungsstandes. Die insgesamt 26 Pferde waren zwischen vier und fünfzehn Jahre alt. 21 der Pferde waren Warmblutpferde unterschiedlichster Rassen. Bei den übrigen Pferden handelte es sich um ein englisches Vollblut, drei Araber und ein Pony.

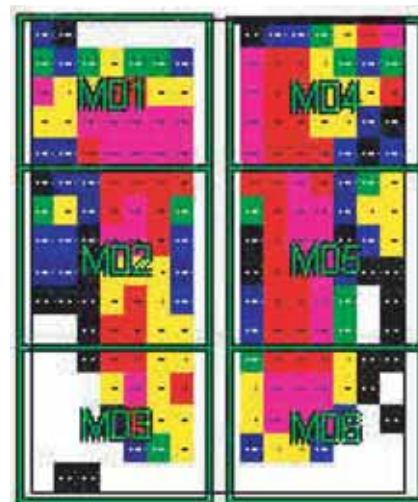


Abb 1 Das Computerbild der elektronischen Sattelmatte zeigt die Unterteilung in die verschiedenen Masken (MO1-6), die bei den Druckmessungen einzeln berechnet werden können. MO1/MO4 zeigen die Bereiche des vorderen, MO2/MO5 des mittleren und MO3/MO6 des hinteren Satteldrittels an.

The computer picture shows the electronic saddle pad with the mask distribution (MO1-6), of which the pressure values can be calculated individually. MO1/MO4 indicate the cranial, MO2/MO5 the middle and MO3/MO6 the caudal third of the saddle distribution on the horse's back.

Messungen

In dieser Studie wurden 29 Messungen von 26 verschiedenen Pferden verglichen. Eines dieser Pferde wurde mit zwei, ein weiteres mit drei Sätteln vermessen. Ob wohl es sich bei diesen wiederholten Messungen um die gleichen Pferde handelte, wurden Messungen mit unterschiedlichen, jedoch nicht von uns angepassten Sätteln durchgeführt. Diese Messungen erfolgten im zeitlichen Abstand von mindestens sechs Monaten, während derer das Pferd mit den vom Besitzer neu ausgewählten, aber nicht von uns angepassten Sätteln geritten wurde und immer noch Rückenprobleme aufwies. Aus diesem Grunde und angesichts der Tatsache, dass dadurch nur eine Reduktion der Varianz der abhängigen Parameter resultieren kann und damit die Wahrscheinlichkeit statistisch signifikante Resultate zu erreichen reduziert ist, wurde es als zulässig erachtet, von 29 unabhängigen Messungen auszugehen. Die Pferde wurden aus unterschiedlichen Gründen zur Messung vorgestellt. Die häufigsten Gründe jedoch waren Rittigkeitsprobleme wie Steifheit auf eine Hand, Wegdrücken des Rückens und Probleme bei den Übergängen und der Versammlung.

Untersuchung der Pferde

Alle Pferde wurden nach einem standardisierten, bereits bewährten semiquantitativen Rückenuntersuchungsprotokoll auf Lahmheiten und speziell Rückenprobleme hin adspektorisch und palpatorisch untersucht (Werner et al. 2002). Im Rahmen

Tab 1 a P-Werte der wichtigsten signifikanten Vergleichswerte zwischen Total Pressure Pictures (MPP/MVP) so wie sie mit den Scores der Rücken- und Sattelbefunde gemessen wurden. Significant P-values of the correlations between Total Pressure Pictures (MPP/MVP) are given as they were compared to the scores of the saddle and back evaluation.

Variable	Total P max	Total P mean
Masssattel		
1=ja	3.85±1.07	1.50±0.39
2=Halbmass	4.89±0.88	1.47±0.44
3=nein	4.89±1.13	1.81±0.38
Trachtenwinkel-or		
1=korrekt	4.45±1.08	1.58±0.41
2=zu steil	5.24±1.01	1.95±0.34
3=zu flach	2.55	0.98
Schulterfreiheit-mr		
1=gewährleistet	4.44±1.09	1.56±0.40
2=nicht gewährleistet	5.60±1.01	1.99±0.52
Genick		
1=normal	4.39±1.05	1.54±0.38
2=verspannt	5.17±1.35	1.79±0.46
3=dolent	6.25	2.55
Dorsoflexion-D		
1=normal	4.39±1.04	1.54±0.39
2=abnormal	5.42±1.28	1.97±0.45

or: ohne Reiter mr: mit Reiter
Dorsoflexion-D: Abwehrreaktion bei Dorsoflexion

der Untersuchung die von drei unabhängigen Begutachterinnen vorgenommen wurde, konnte für jedes Pferd Scores für Lahmheit im Schritt und Trab für adspektorische und palpatorische Aspekte vergeben werden (Tab. 1a, b, c). Dasselbe traf zu für den Ernährungszustand, die Bemuskelung von Hals, Schulter, Rücken und Hinterhand, sowie der Anzeichen von Gurten- und/oder Satteldruck, Beckenasymmetrien oder Wirbelsäulenkrümmungen. Scores wurden auch vergeben bei der Palpation der Zähne und der Lade, Mundwinkel und des Genicks, welche auf Verspannungen und Druckdolenzen hin kontrolliert wurde. Verspannungen in Hals- und Rückenmuskulatur, Schmerz und reduzierte Beweglichkeit der Halswirbelsäule und Schmerzreaktionen der Dornfortsätze und Wirbelkörperzwischenräume sowie des Iliosacralgelenkes wurden ebenfalls mit Scores bewertet. Bei der Manipulation der Rückenbeweglichkeit wurden die Ventroflexion, die Dorsoflexion und die Lateroflexion auf beide Seiten begutachtet. Diese Reaktionen wurden mit den entsprechenden Scores entweder als normale Ausweichreaktion, reduzierte Biegsamkeit, Steifheit oder Abwehr protokolliert.

Sättel

Es wurden ausschließlich Sättel des Englischen Satteltyps, jedoch unterschiedlicher Fabrikate, vermessen. Bei den insgesamt 29 Sätteln handelte es sich um neun Dressur-, acht Spring-, sechs Vielseitigkeitssättel und sechs weitere Sättel, deren Verwendungszweck hauptsächlich Richtung Distanz- oder Wanderreiten ging. Bei zwei Pferden wurde jeweils mehr als ein Sattel mit Hilfe des Messsystems überprüft. Wie bei der Stichprobenbeschreibung der Pferde bereits erwähnt, wurde die damit verbundene Einschränkung der Varianz der Parameter der Stichprobe der Pferde als sehr gering eingestuft; die Sattelparameter sind in ihrer Unabhängigkeit gar nicht beeinträchtigt, da jeweils unterschiedliche Sättel vermessen wurden. Auch jeder Sattel wurde nach einem bereits bei Werner et al (2002) verwendeten semiquantitativen Satteluntersuchungs-

Tab 1 b P-Werte der wichtigsten signifikanten Vergleichswerte Maximal Pressure Pictures (MPP) so wie sie mit den Scores der Rücken- und Sattelbefunde gemessen wurden. Significant P-values of the correlations between Mean Value Pictures (MVP) are given as they were compared to the scores of the saddle and back evaluation.

Variable		Mean.P Score 1	Mean.P Score 2	Mean.P Score 3
Kammerweite WR-or 1=korrekt 2=zu eng	M1	1.26±0.47	1.58±0.76	
	M2	1.14±0.40	1.35±0.24	
	M3	0.90±0.30	1.26±0.22	
	M4	1.39±0.46	1.55±0.67	
	M5	1.14±0.31	1.58±0.53	
	M6	1.01±0.27	1.16±0.39	
Kammerweite WR-mr 1=korrekt 2=zu eng	M1	1.26±0.47	1.58±0.76	
	M2	1.14±0.40	1.35±0.24	
	M3	0.90±0.30	1.26±0.22	
	M4	1.39±0.46	1.55±0.67	
	M5	1.14±0.31	1.58±0.53	
	M6	1.01±0.27	1.16±0.39	
Schulterfreiheit- mr 1=gewährleistet 2=nicht gewährleistet	M1	1.27±0.49	1.65±0.89	
	M2	1.14±0.38	1.51±0.02	
	M3	0.92±0.31	1.24±0.22	
	M4	1.38±0.44	1.77±0.83	
	M5	1.16±0.34	1.64±0.56	
	M6	1.02±0.29	1.16±0.23	
Genick 1=normal 2=verspannt 3=dolent	M1	1.25±0.46	1.40±0.67	2.55
	M2	1.17±0.41	1.09±0.13	1.48
	M3	0.95±0.30	0.85±0.34	1.50
	M4	1.36±0.43	1.54±0.61	2.53
	M5	1.18±0.34	1.15±0.21	2.28
	M6	1.00±0.29	1.11±0.23	1.42
Rücken-Muskulatur 1=oB 2=verspannt	M1	1.26±0.38	1.34±0.61	
	M2	1.06±0.42	1.24±0.35	
	M3	0.82±0.31	1.03±0.29	
	M4	1.32±0.32	1.48±0.56	
	M5	1.01±0.32	1.33±0.36	
	M6	0.87±0.26	1.14±0.26	
Dorsoflexion-Steifheit 1=normal 2=abnormal	M1	1.20±0.42	1.69±0.72	
	M2	1.14±0.38	1.29±0.39	
	M3	0.90±0.30	1.14±0.29	
	M4	1.36±1.43	1.61±0.65	
	M5	1.16±0.34	1.38±0.47	
	M6	1.02±0.30	1.08±0.24	
Dorsoflexion-Abwehr 1=normal 2=abnormal	M1	1.22±0.45	1.80±0.68	
	M2	1.11±0.38	1.48±0.19	
	M3	0.90±0.30	1.26±0.16	
	M4	1.36±0.43	1.71±0.72	
	M5	1.15±0.33	1.55±0.44	
	M6	1.01±0.30	1.14±0.23	

WR: Kammerweite Widerrist or: ohne Reiter mr: mit Reiter

protokoll mit Scores per se (nicht auf dem Pferd), sowie auf dem Pferd mit und ohne Reiter untersucht. Entsprechende Scores wurden für Maßsättel, bei Reparaturen oder Änderungen, sichtbaren Defekten oder Verarbeitungsfehler, die Symmetrie des Sattels, Polsterung der Sattelkissen und für die Kammerweite des Sattels auf dem Pferd mit und ohne Reiter, am Widerrist und hinten über der Wirbelsäule sowie für die Auflagefläche, die Länge des Sattelbaumes, Winkelung der Trachten, Gurt- und Steigbügelauflage sowie die Schulterfreiheit (v.a. mit Reiter), die Lage des tiefsten Punktes der Sitzfläche und die Sattelposition von oben wurden ebenfalls bewertet.

Reiter, Gangarten

Während der Messungen wurden die Pferde jeweils von ihrem eigenen Reiter geritten. Dabei war, ähnlich wie bei den Pferden, der Ausbildungsstand der einzelnen Reiter sehr unterschiedlich. Alle Messungen wurden auf ebenen Reitplätzen

Tab 1 c P-Werte der wichtigsten signifikanten Vergleichswerte zwischen Mean Value Pictures (MVP) so wie sie mit den Scores der Rücken- und Sattelbefunde gemessen wurden.

Significant P-values of the correlations between Maximal Pressure Pictures (MPP) are given as they were compared to the scores of the saddle and back evaluation.

Variable		Max.P Score 1	Max.P Score 2	Max.P Score 3	Max.P Score 1	Max.P Score 2	Max.P Score 3
Masssattel 1=ja 2=Halbmass 3=nein	M1	3.02±1.03	3.71±0.90	4.03±1.44	Hals- Muskulatur 1=οB 2=verspannt	3.38±1.13	4.56±1.17
	M2	2.29±0.63	3.13±0.77	3.81±0.97		2.87±0.87	4.13±1.06
	M3	2.43±0.69	3.88±1.54	4.32±1.29		3.37±1.44	4.39±1.18
	M4	3.45±1.26	4.15±1.05	4.08±1.13		3.89±1.20	3.96±0.99
	M5	2.53±0.60	3.35±0.83	3.85±0.86		3.12±0.96	3.88±0.53
	M6	2.70±0.76	3.31±0.70	3.75±1.07		3.07±0.86	4.16±0.93
Kammerweite WR-or 1=korrekt 2=zu eng	M1	3.43±1.10	4.53±1.50		Ventroflexion- B 1=normal 2=abnormal	3.39±1.09	4.51±1.38
	M2	2.30±0.97	3.67±1.22			2.95±1.00	3.77±0.87
	M3	3.41±1.38	4.42±1.60			3.39±1.49	4.31±0.93
	M4	3.81±1.14	4.44±1.19			3.85±1.12	4.13±1.37
	M5	3.11±0.86	4.06±1.06			3.13±0.90	3.84±0.96
	M6	3.13±0.89	4.02±1.02			3.06±0.81	4.21±1.08
Kammerweite WR-mr 1=korrekt 2=zu eng	M1	3.43±1.10	4.53±1.50		Ventroflexion- S 1=normal 2=abnormal	3.39±1.07	4.77±1.37
	M2	3.00±0.97	3.67±1.22			2.96±0.98	3.86±0.94
	M3	3.41±1.38	4.42±1.60			3.43±1.48	4.26±1.03
	M4	3.81±1.14	4.44±1.19			3.82±1.11	4.35±1.41
	M5	3.11±0.86	4.06±1.06			3.11±0.89	4.06±0.88
	M6	3.13±0.89	4.02±1.02			3.05±0.79	4.49±0.92
Kammerweite WS-or 1=korrekt 2=zu eng	M1	3.38±1.02	4.09±1.49		Dorsoflexion-B 1=normal 2=abnormal	3.32±1.10	4.24±1.24
	M2	2.90±0.85	3.55±1.26			2.90±1.00	3.56±0.95
	M3	3.32±1.38	4.10±1.51			3.23±1.36	4.32±1.38
	M4	3.91±1.22	3.88±1.05			3.65±1.01	4.49±1.30
	M5	3.03±0.84	3.78±0.98			3.09±0.90	3.65±0.96
	M6	2.96±0.75	3.96±1.04			3.13±0.98	3.59±0.85
Kammerweite WS-mr 1=korrekt 2=zu eng	M1	3.38±1.02	4.09±1.49		Dorsoflexion-S 1=normal 2=abnormal	3.39±1.09	4.36±1.42
	M2	2.90±0.85	3.55±1.26			2.96±0.96	3.61±1.15
	M3	3.32±1.38	4.10±1.51			3.29±1.31	4.56±1.57
	M4	3.91±1.22	3.88±1.05			3.73±1.03	4.56±1.42
	M5	3.03±0.84	3.78±0.98			3.11±0.87	3.79±1.06
	M6	2.96±0.75	3.96±1.04			3.13±0.92	3.78±0.96
Schulterfreiheit-or 1=gewährleistet 2=nicht gewährleistet	M1	3.43±1.09	5.25±1.28		Dorsoflexion-D 1=normal 2=abnormal	3.39±1.09	4.75±1.33
	M2	2.98±0.95	4.28±1.12			2.94±0.95	4.00±0.98
	M3	3.43±1.40	4.85±1.41			3.28±1.29	5.13±1.33
	M4	3.77±1.10	5.22±0.93			3.75±1.07	4.79±1.33
	M5	3.14±0.86	4.38±1.13			3.10±0.87	4.10±0.90
	M6	3.18±0.94	4.14±0.79			3.14±0.91	4.00±0.95
Genick 1=normalt 2=verspannt 3=dolent	M1	3.35±1.02	4.65±1.38	6.20	Lateroflexion-D 1=normal 2=abnormal	3.47±1.20	4.53±0.85
	M2	3.00±0.97	4.49±1.27	4.18		2.98±0.97	3.95±1.04
	M3	3.56±1.49	3.15±1.01	5.10		3.34±1.31	5.17±1.50
	M4	3.74±1.02	4.44±1.55	6.25		3.90±1.20	3.92±0.80
	M5	3.11±0.89	3.72±0.53	5.40		3.18±0.95	3.81±0.64
	M6	3.14±0.85	3.74±1.37	4.90		3.16±0.95	4.02±0.71

WR: Kammerweite Widerrist WS: Kammerweite Wirbelsäule (hintere Sattelhälfte)
or: ohne Reiter mr: mit Reiter
B: Biegsamkeit S: Steifheit D: Abwehrreaktion

oder in Reithallen sowohl im Stand als auch in der Bewegung vorgenommen, wobei für die Studie nur die Druckwerte im ausgesessenen Trab berücksichtigt wurden. Diese Beschränkung basierte auf der vorangehenden Studie, wo sich die höchsten Druckwerte im Trab und Galopp zeigten, sich aber untereinander nicht wesentlich unterschieden (Werner et al. 2002). Alle Pferde wurden auf beiden Händen eine Bahnlänge geradeaus geritten.

Statistik

Die maximalen sowie die durchschnittlichen Druckwerte wurden varianzanalytisch ausgewertet (Statview, Version 4.5 für

MacIntosh, Abacus concepts, Berkely, CA, USA). Für die zweifaktoriellen Varianzanalysen wurden Parameter, die bei der Untersuchung der Pferde sowie bei der Beurteilung der Sättel erhoben worden waren, als Hauptfaktoren „Befunde“ gewählt, während die Areale unter der Auflagefläche des Sattels die Nebenfaktoren „Maske“ definierten. Die Effekte beider Faktoren wurden auf Signifikanz geprüft und Interaktionen zwischen den Faktoren „Befunde“ sowie „Maske“ wurden mit Hilfe des Posthoc Tests (PLSD) nach Fisher geprüft. Durchgängig wurde ein $p < .05$ als signifikant erachtet. Überdies wurden anhand der semiquantitativen Scores Rang-Korrelationen zwischen Rückenproblemen der Pferde und Sattelbefunden errechnet (Z-test).

Resultate

Die Messungen (n=29) im Rahmen dieser Studie verliefen insgesamt problemlos und wurden von allen 26 Pferden gut toleriert. Die Reiter konnten Beginn und Ende der Messungen ohne Schwierigkeiten selbst auslösen, und es traten keine Messfehler auf. Die Daten aller 29 Messungen konnten für diese Studie verwendet werden. Wie schon bei der ersten Studie zeigte sich das Sattelmesssystem für diese Aufgabe sehr geeignet und benutzerfreundlich.

Pferde

Bei der Anamnese wurden sowohl reiterliche wie auch klinische Rückenprobleme der Pferde erwähnt. Die meisten Pferde (n=14) wurden wegen Problemen vorgestellt, die sich beim Reiten äußerten und teilweise kombiniert vorkamen. So wurde hauptsächlich von Steifheit auf einer Hand beim Reiten (n=4) und von Problemen bei der Beizäumung (am Zügel gehen, n=3) berichtet. Die übrigen Probleme zeigten sich als mangelnde Versammlung (n=1), Mühe bei den Übergängen (n=1), beim Geraderichten (n=3), oder Festhalten und/oder Wegdrücken des Rückens (n=2). In zweiter Linie wurden die Pferde wegen Problemen im Rückenbereich vorgestellt. Nebst allgemeinen Rückenproblemen (n=14) lautete bei drei Pferden die Anamnese auf Satteldruck (n=3), Myositis der Rückenmuskulatur (n=1), Druckdolenzen der Dornfortsätze (n=1) und Hautveränderungen (n=1). Sechs der Pferde wurden zwecks Sattelüberprüfung vorgestellt, weil vermutet wurde, dass die Schweifschiefhaltung (n=2), das Schweifschlagen (n=2) bzw. Beckenschiefstand (n=2) mit einer schlechten Sattellage oder Sattelzwang zusammenhingen. Lahmheit (n=2), Einknicken in der Vorderhand (n=1) und Schultersteifheit nach Kastration wurde ebenfalls auf schlecht passende Sättel zurückgeführt.

Bei der Untersuchung der Pferde gemäß Protokoll zeigten sich die deutlichsten Befunde im Rückenbereich, wobei Verspannungen der Muskulatur im Rückenbereich (n=19), der Halswirbelsäule (n=6) und dem Genick (n=4), sowie Dolenzen der Dornfortsätze (n=7), der Halswirbelsäule (n=4) und dem Genick (n=1) die herausragendsten Befunde waren. Bei der Lokalisation der Befunde im Rückenbereich zeigte sich, dass sich die Veränderungen zum größten Teil auf den Bereich der Sattelendlage, d.h. den Lendenbereich des Pferdes, konzentrierten. Verspannungen und Dolenzen auch im Gebiet des Widerristes (n=2) und des übrigen Rückenbereichs (n=6) wurden weniger oft gefunden. Veränderungen in der Rückenbeweglichkeit (Ventro-, Dorso- oder Lateroflexion), die mit veränderten Ausweichreaktionen, reduzierter Biegsamkeit, Abwehr oder Steifheit einhergingen, wurden bei der Mehrzahl der Pferde protokolliert. Insgesamt konnten diese Befunde 59-mal erhoben werden, wobei ein Pferd jeweils mehrere Kriterien gleichzeitig aufwies. Atrophien der Rückenmuskulatur (n=10), der Schulter (n=1) und der Hinterhand (n=5) sowie Hypertrophie des M. brachiocephalicus (n=2), eine reduzierte Biegsamkeit der Halswirbelsäule (n=6), deutliches ventrales Ausweichen (n=1) und Abwehrreaktionen (n=2) bei der Palpation des Ileosacralgelenkes, Asymmetrie im Beckenbereich (n=5), Hautveränderungen in der Sattellage (Satteldruck) (n=7), Scheuerstellen (n=2) und Gurtendruck (n=1) wurden dabei beobachtet und Scores vergeben. Lahmheiten oder Gangunregelmäßigkeiten traten bei fünf Pferden auf

(n=5), wobei bei vorhergehenden Lahmheitsuntersuchungen bei Tierärzten keine Ursache in den Extremitäten gefunden werden konnten.

Sättel

Von den 29 untersuchten Sätteln handelte es sich bei elf Sätteln um Maßsättel, zehn der Sättel waren auf das jeweilige

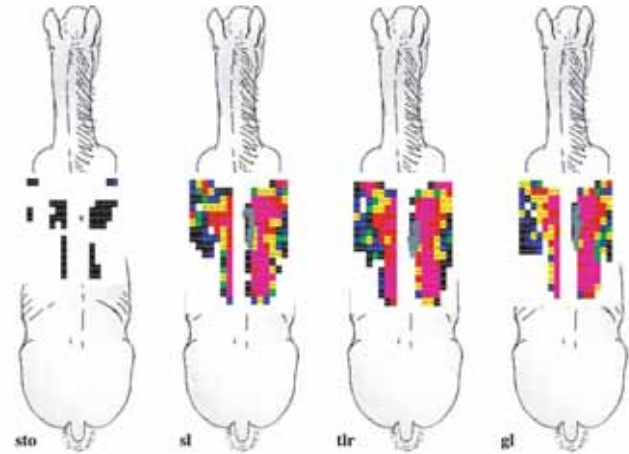


Abb 2 Messungen mit einem asymmetrischem Sattel werden in den verschiedenen Gangarten dargestellt. Der Schwerpunkt des Reiters (roter Punkt mit Bewegungsschleife) ist deutlich auf die rechte Seite verlagert, obwohl der Sattel korrekt aufgelegt wurde. Die Asymmetrie kommt durch ungleich gepolsterte Sattelkissen zustande. (sto=Stand ohne Reiter, sl=Schritt linke Hand, tlr=Leichttrab linke Hand, gl=Galopp linke Hand).

Measurements of an asymmetric saddle are pictured in different gaits. The center of gravity of the rider (red dot with green loop indicating movement of the rider within the saddle) is clearly distributed on the right side, although the saddle was positioned correctly on the horse's back. The asymmetry is the consequence of uneven up-holstered saddle cushions (sto= stance without rider, sl=walk at left hand, tlr=English trot at left hand, gl=galop at left hand).

Pferd angepasst worden (Halbmaß) bei acht handelte es sich um nicht angepasste Stangensättel. Die häufigst beobachteten Mängel der Sattelpassform gemäß Protokoll waren asymmetrische (n=19, Abb. 2) und/oder zu harte Sattelkissen (n=10), eine zu enge Kammerweite per se (n=10) oder am Pferd (n=15, Abb. 3), sowie ein zu weit nach hinten verlagertes tiefster Punkt der Sitzfläche (n=5, Abb. 4). Acht Sättel waren schon einmal repariert oder aufgepolstert worden und bei vier Sätteln waren die Polster zusammengefallen oder unregelmäßig. Sieben der Sättel hatten Defekte aufzuweisen, davon mehrheitlich am Sattelbaum (n=6). Bei einem Sattel war der Sattelbaum zu kurz für das Pferd, bei einem anderen zu lang. Drei Sättel wiesen eine verhältnismäßig zu steile Trachtenwinkelung auf, bei einem Sattel fiel diese zu flach aus. Ohne Reitergewicht war die Schulterfreiheit bei einem der Sättel nicht gewährleistet, mit Reitergewicht war dies bei zwei Sätteln der Fall. Die Sattelposition von oben war bei einem Sattel nach links und bei einem anderen Sattel nach rechts verschoben.

Die häufigsten Druckphänomene der Sättel auf dem Pferd, welche im Zusammenhang mit schlecht passenden Sätteln beobachtet wurden, waren die Brückenbildung, eine

ungleichmäßige Druckverteilung, einzelne hohe Druckpunkte sowie das „Wiggling“ (Vor- und Zurückschaukeln des Sattels in der Längsachse). Bei der Brückenbildung (Abb. 5) liegt der Sattel vermehrt im vorderen und hinteren Teil der Auflagefläche im Kontakt mit dem Pferderücken, was in diesen Bereichen zu hohen Druckwerten führt, während der mittlere Teil nur teilweise belastet wird. Das „Wiggling“ (Abb. 6) wird häufig erst in Trab und Galopp beobachtet. Dabei

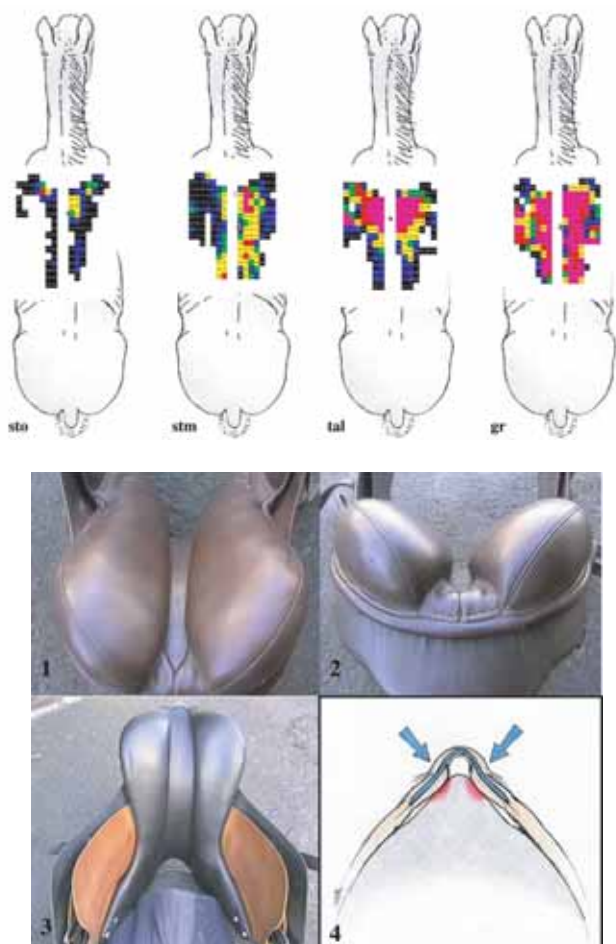


Abb 3 a) Die Bildsequenz zeigt die Auswirkungen einer zu engen Sattelkammer in verschiedenen Gangarten. Während im Stand mit (stm) und ohne Reiter (sto) der Sattel noch relativ gut zu passen scheint, sieht man im ausgesessenen Trab auf der linken Hand (tal) und im Galopp auf die rechte Hand (gr), dass die hohen Druckwerte (in pink) ganz nahe an der Wirbelsäule auftreten und dabei vor allem in der Widerristgegend. **b)** In den Bildern b1 und b2 ist der zu der Bildsequenz dazugehörige Sattel mit einer engen Sattelkammer und relativ steilen Kissens, bzw. Trachtenwinklung abgebildet. Zum Vergleich ist in Bild b3 ein Sattel mit einer korrekten und über den ganzen Sattel breiten Sattelkammer abgebildet. In Bild b4 wird eine schematische Darstellung eines Sattels mit zu enger Kammer und dessen Auswirkung auf den Pferderücken gezeigt.

a) the picture sequence reveals the consequence of a narrow saddle gulch in different gaits. While the saddle fit still seems to be correct in the stance with (stm) and without (sto) the rider, the values at the sitting trot (tal=left hand) and the gallop (gr=right hand) reveal the high pressures (in pink color) near the spine and mainly at the withers. **b)** In the pictures 1 and 2 the corresponding saddle is visualized, where the narrow saddle gulch and the steep saddle cushions can be easily seen. As a comparison a saddle with a correct, wide gulch over the entire saddle is demonstrated in picture 3. The schematic drawing in picture 4 illustrates the negativ effect of a narrow gulch on the horse's back.

hebt sich der hintere Teil des Sattels zeitweilig vom Pferderücken ab.

Messwerte

Die Druckwerte der MPP/MVP der gesamten Sattelfläche sind in Tab. 2, und diejenigen, die in Zusammenhang mit Rücken- und Sattelscores ermittelt wurden in Tab. 1 a, zusammengefasst.

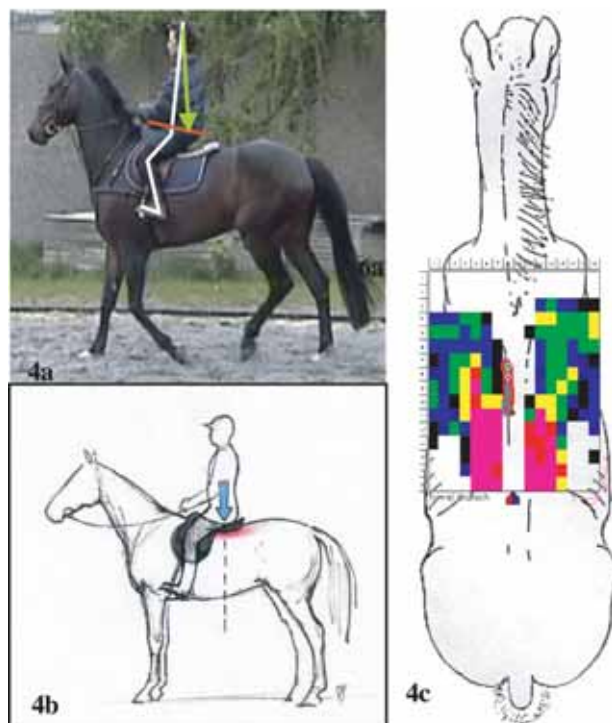


Abb 4 Ein Beispiel eines Sattels, wo der Schwerpunkt zu weit hinten liegt, zeigt wie die Reiterin dadurch in eine Stuhlposition gesetzt wird und in der Folge das Hauptgewicht der Reiterin und der Druck des Sattels sich in der Lendengegend des Pferdes befindet (a). In Abb. 4b ist eine schematische Darstellung und in Abb 4 c ist das dazugehörige Druckbild zu sehen, wo die hohen Druckwerte (in pink) sich deutlich im hinteren Drittel des Sattels konzentrieren. Als Folge davon drückt das Pferd den Rücken unter dem Sattel weg, was sich auch durch die hohe Kopfhaltung, mangelnde Anlehnung und Versammlung manifestiert. *The photograph shows a rider that is positioned too far caudally in the lumbar area. The consequence is a „chair seat“ which puts too much weight and pressure in the lumbar area of the horse's back (Fig.4a). A schematic drawing (Fig.4b) and the pressure picture (Fig.4c) show the concentration of pressure in this lumbar area (in pink color). As a consequence, the horse tries to remove the back under the saddle indicated through the missing collection of the horse and high head carriage.*

MPP/MVP der gesamten Sattelfläche

Wie zu erwarten, waren die maximalen Druckwerte (MPP) unter der gesamten Sattelfläche bei allen Messungen hochsignifikant größer als die durchschnittlichen (MVP) Druckwerte ($p < 0.0001$). Wichtiger ist der Blick auf die Sattelparameter: Die Druckwerte der Maßsättel lagen signifikant niedriger ($p = 0.028$) als die der Halbmaß- oder der Sättel „von der Stange“. Signifikante Druckunterschiede auf der Gesamfläche wurden auch bei den Trachtenwinkeln ohne Reiter (or) gefunden. Bei korrekten und flachen Winkeln wurden niedrigere Werte registriert als bei zu steilen Trachtenwinkel ($p = 0.026$). Signifikant niedrigere Druckwerte wurden schließlich bei Sät-

teln gefunden, wo die Schulterfreiheit mit Reiter (mr) gewährleistet war ($p = 0.038$). Signifikant höhere Druckwerte wurden bei Pferden mit dolentem Genick ($p = 0.03$) und bei denen festgestellt, die sich der Dorsoflexion widersetzen ($p = 0.016$). Die Druckwerte der 6 Masken sind, wie sie im Zusammenhang mit den Rücken-, bzw. Sattelscores vergeben wurden, aufgelistet: Sowohl bei den MPP (Tab. 1 b) wie auch den MVP (Tab. 1 c) zeigte sich, dass generell im Bereich des Widerristes (M1/M4) die höchsten Druckwerte auftraten, gefolgt vom mitt-

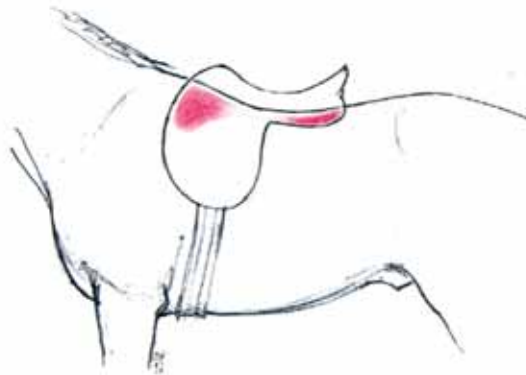
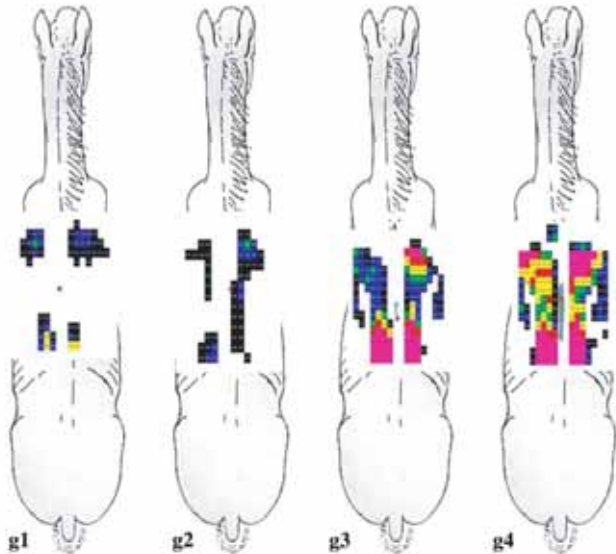


Abb 5 Eine Messsequenz im Galopp zeigt eine deutliche Brückenbildung des Sattels. Während der Reiter sich in g1 und g2 noch in der entlasteten Sitzphase befindet und deshalb die Druckwerte relativ niedrig sind ($< 0.7 \text{ N/cm}^2$), ändert sich das schlagartig in der Sitzphase (g3 und g4), wo die hohen Druckwerte (in pink $> 2.5 \text{ Ncm}^2$) deutlich im Widerrist- und Lendenbereich zu erkennen sind. Der mittlere Teil des Sattels ist kaum belastet. Darunter wird das Phänomen der Brückenbildung schematisch dargestellt.

The measurement sequence demonstrates a clear „bridging“ of the saddle. While the rider is still in a light seat at g2 and g2 indicated through low pressure values ($< 0.7 \text{ N/cm}^2$), this is abruptly changed in the sitting position (g3 and g4), where high pressure values are seen at the withers and lumbar area (in pink $> 2.5 \text{ Ncm}^2$). The middle third of the saddle is left without weightbearing. The schematic drawing illustrates the bridging phenomena clearly.

leren Satteldrittel bei den MVP. Dort wurden die niedrigsten Druckwerte im Lendenbereich, im Bereich der Sattelendlage, gemessen. Bei den MPP hingegen waren die Werte im mittleren Satteldrittel häufig etwas niedriger als im Lendenbereich.

MPP der 6 Masken M1-M6: Die Druckunterschiede zwischen den verschiedenen Masken waren statistisch immer signifikant mit p -Werten < 0.0006 . Wurden statistisch signifikante Unterschiede bei den Parametern der Pferde sowie der Sättel gefunden, dann lagen die Druckwerte im vorderen Satteldrittel immer über 3.45 N/cm^2 , im mittleren Drittel höher als 3.03 N/cm^2 und im hinteren Drittel über 3.10 N/cm^2 . Dabei wurden für die MPP-Werte signifikante Unterschiede bei den folgenden Hauptkriterien beobachtet: Massattel ($p = 0.001$),

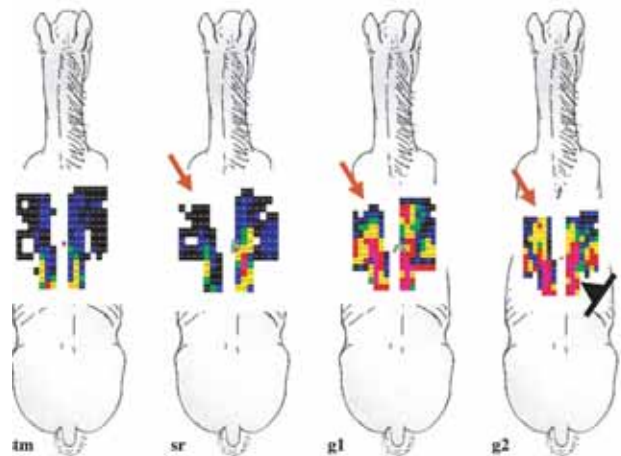


Abb 6 Beim sogenannten „Wiggling“ des Sattels schaukelt der Sattel in der Längsachse hin und her, kippt beim sich Hinsetzen des Reiters vorne von der Schulter weg (roter Pfeil) und bringt relative hohe Druckwerte (in pink, $> 2.5 \text{ Ncm}^2$) auf den Lendenbereich (schwarzer Pfeil).

Wiggling is noticed when the saddle is rocking back and forth along the long axis. If the rider puts his weight in the saddle (sitting position) the saddle is removed from the cranial shoulder area (red arrow) and more weight, resp. higher pressure, is placed in the lumbar area (black arrow, pressure values in pink, $> 2.5 \text{ Ncm}^2$).

Kammerweite Widerrist mit und ohne Reiter ($p = 0.038$), Schulterfreiheit ohne Reiter ($p = 0.008$), Genickprobleme ($p = 0.041$), Verspannungen der Halsmuskulatur ($p = 0.021$), Biagsamkeit ($p = 0.034$) und Steifheit ($p = 0.016$) bei der Ventroflexion, Biagsamkeit ($p = 0.02$), Steifheit ($p = 0.022$) und Abwehrreaktion ($p = 0.003$) bei der Dorsoflexion des Rückens. Die statistische Signifikanz knapp verfehlt wurde bei der Kammerweite über der Wirbelsäule mit und ohne Reiter ($p = 0.051$) und bei der Abwehrreaktion der Lateroflexion ($p = 0.055$). Bei den individuellen Unterschieden der einzelnen Scores wurden bei fast allen Hauptkriterien statistisch signifikante Unterschiede bemerkt ($p < 0.05$).

MVP der sechs Masken M1-M6

Wie bei den MPP waren die Unterschiede zwischen den MVP der verschiedenen Masken statistisch immer hoch signifikant mit p -Werten < 0.0001 . Im Gegensatz zu den MPP wurden indessen bei der Prüfung der Druckwerte im Zusammenhang mit den Rückenscores der Pferde und der Sättel deutlich weniger signifikante Unterschiede bei den MVP gefunden. Wenn bei Pferden oder Sattelparametern statistisch signifikante Unterschiede gefunden wurden, lagen die Druckwerte im vorderen Satteldrittel immer über 1.32 N/cm^2 , im mittleren Drittel höher als 1.14 N/cm^2 und im hintersten Drittel über 1.00 N/cm^2 . Bei den MVP Werten wurden signifikante

Tab 2 Minimale, mittlere und maximale Druckwerte der Sattelmessungen von der gesamten Sattelfläche sowie auch der einzelnen Masken. Die höchsten Druckwerte befinden sich im Widerrist (MO1/MO4), gefolgt von dem mittleren (MO2/MO5) und den niedrigsten im hintersten Satteldrittel.

Minimal, middle and maximal pressure values of the entire saddle area, and mean values of the masks are tabulated. The highest pressure values can be found at the withers (MO1/MO4), followed by the middle (MO2/MO5) and the lowest values in the caudal third of the saddle.

Bereiche	Druckwerte der gesamten Sattel-Auflagefläche in N/m ²		
	Min.	Max.	Durchschnittswert
MPP Total	2.55	6.25	4.55
MVP Total	0.98	2.55	1.61
MPP Werte der Masken (Durchschnitt der rechten und linken Maske, aufgeteilt in vorderes, mittleres und hinteres Satteldrittel)			
	Min.	Max.	Durchschnittswert
M1/M4	1.5	6.25	M1 3.6 ± 1.2 M4 3.9 ± 1.2
M2/M5	1.23	5.45	M2 3.1 ± 1.02 M5 3.3 ± 0.94
M3/M6	1.5	6.15	M3 3.6 ± 1.4 M6 3.3 ± 0.96
MVP Werte der Masken (Durchschnitt der rechten und linken Maske, aufgeteilt in vorderes, mittleres und hinteres Satteldrittel)			
	Min.	Max.	Durchschnittswert
M1/M4	0.45	2.55	M1 1.30 ± 0.53 M4 1.42 ± 0.49
M2/M5	0.43	2.28	M2 1.17 ± 0.38 M5 1.20 ± 0.38
M3/M6	0.35	1.67	M3 0.95 ± 0.31 M6 1.03 ± 0.29

Unterschiede nur bei den Hauptkriterien Genickprobleme ($p = 0.023$) und Abwehrreaktion der Dorsoflexion des Rückens ($p = 0.01$) gefunden. Tendenzen zur Signifikanz zeigten sich bei der Kammerweite Widerrist mit und ohne Reiter ($p = 0.059$), Schulterfreiheit mit Reiter ($p = 0.055$) und Verspannungen der Rückenmuskulatur ($p = 0.057$).

Korrelationen

Wenn auch eine ganze Reihe der miteinander in Beziehung gesetzten Merkmale nur eine geringe Varianz aufweisen, ein Faktum, das nur niedrige Korrelationen erwarten lässt, wurden doch vielfache praktisch ebenso wie statistisch erwähnenswerte Zusammenhänge gefunden. Sie haben zwar keinen konfirmatorischen, ohne Zweifel aber einen exploratorischen Wert. Hinsichtlich der Zielformulierung wurden vor allem diejenigen Korrelationen als bedeutsam erachtet, welche für eine spätere ursächliche Analyse von Beziehungen zwischen Rückenproblemen und Sattelfunden Bedeutung erlangen konnten. Daneben wurden jedoch auch Korrelationen zwischen sehr vielen anderen Einzelparametern beobachtet: Mehrere Rückenkriterien korrelierten beispielsweise miteinander. So fanden wir Korrelationen zwischen Dorsoflexion und Ventr- beziehungsweise Lateroflexion. Hingegen korrelierten die Ventr- und Lateroflexionsteste nicht untereinander. Daneben traten auch Korrelationen innerhalb der einzelnen Sattelparameter auf, sowie zwischen den Sattelparametern und den Druckwerten der einzelnen Masken. In Bezug auf die Zielsetzung der vorliegenden Studie wird in diesem Text und in den Tabellen jedoch nur näher auf diejenigen Korrelationen eingegangen, welche die Beziehung zwischen Rücken- und Sattelproblemen beschreiben.

Hochsignifikante Korrelationen bestanden zwischen der Bemuskulung des Rückens (M-Rk) und den Reparaturen am Sattel (Rep, $p < 0.0001$). Vor allem der maximale ($p < 0.0001$), in geringerem Maße der durchschnittliche Druck ($p = 0.011$) auf das Areal der Maske 6 scheint negative Auswirkungen zu haben. Ebenfalls signifikant korrelierte die Bemuskulung des Rückens mit der Schulterfreiheit des Sattels, die ohne Reiter ermittelt wurde ($p = 0.0001$), mit der Länge des Sattelbaums ($p = 0.012$), sowie mit dem MVP der Maske 6 ($p = 0.001$). Der Satteldruck korrelierte mit der Symmetrie

der Sattels ($p < 0.0001$) und der Polsterung der Sattelkissen ($p = 0.0002$). Die Bemuskulung der Halsregion korreliert mit der Kammerweite, die am Sattel ohne Pferd ermittelt wurde ($p = 0.002$) sowie mit der Kammerweite, die ermittelt wurde, wenn der Sattel am Pferd begutachtet wurde, sowohl ohne ($p = 0.002$) als auch mit Reiter ($p = 0.002$). Es bestanden hoch signifikante Korrelationen zwischen Bemuskulung des Halses und dem Maximaldruck unter dem Areal der Maske 6 ($p < 0.0001$) sowie der Maske 2 ($p < 0.0001$). Hoch signifikant waren ebenfalls die Korrelationen zwischen Dolenz der Halswirbelsäule und dem lotrechten Fall des Sattelgurtes ($p < 0.0001$), dem tiefsten Punkt der Sitzfläche ($p < 0.0001$) und der Symmetrie des Sattels ($p = 0.0001$). Es bestand eine Korrelation zwischen der Halsbeweglichkeit und der Symmetrie des Sattels ($p < 0.0001$). Die Dolenz der Rückenmuskulatur korrelierte mit der Kammerweite über der Wirbelsäule ohne Reiter ($p < 0.0001$) und mit Reiter ($p < 0.0001$), ebenso mit dem Maximaldruck von Maske 5 ($p < 0.0001$) sowie von Maske 6 ($p < 0.0001$), dem durchschnittlichen Druck von Maske 5 ($p = 0.002$) sowie von Maske 6 ($p = 0.004$). Die Dolenz der Dornfortsätze der Rückenwirbel zeigte eine hoch signifikante Korrelation mit dem tiefsten Punkt der Sitzfläche ($p < 0.0001$). Veränderte Befunde im Bereich des Iliosacralgelenkes korrelierten am deutlichsten mit der Kammerweite des Sattels über dem Widerrist ohne Reiter ($p < 0.0001$) und mit Reiter ($p < 0.0001$), daneben aber auch mit der Länge des Sattelbaums ($p = 0.043$), der Schulterfreiheit ohne Reiter ($p = 0.018$), dem Maximaldruck unter Maske 2 ($p = 0.002$) sowie von Maske 3 ($p = 0.008$).

Diskussion

In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass erhöhte Druckwerte unter dem Sattel je nach Lokalisation (Masken) mit Rückenproblemen in Verbindung gebracht werden können. Sowohl maximale als auch durchschnittliche Druckwerte hingen statistisch signifikant mit spezifischen Rückenproblemen zusammen. So verursachten max. Druckwerte $> 3.45 \text{ N/cm}^2$ im vorderen Bereich des Sattels meistens Probleme des Nackens und Widerristes, während durchschnittliche Druckwerte $> 1.0 \text{ N/cm}^2$ in der Sattellendlage vor allem mit Beschwerden im Lendenbereich zusammen hingen. Insgesamt zeigte es sich, dass im Bereich des Widerristes (M1/M4) vom Pferderücken auch hohe Druckwerte toleriert wurden, ohne gesundheitliche Probleme nach sich zu ziehen. Die Toleranz gegenüber Druckwerten war im Bereich der Sattellendlage (Lendenbereich bei M3/M6) deutlich niedriger. Zudem konnten signifikante Korrelationen zwischen den Rückenbefunden der Pferde und den Befunden der Sättel aufgezeigt werden.

Im Gegensatz zu unserer ersten Studie, die zur Erfassung von Normalwerten durchgeführt wurde (Werner et al. 2002), musste diese Untersuchung unter viel schlechter standardisierten Bedingungen durchgeführt werden. Nicht nur die Varianz der Sattelmatten war höher, sondern auch die Satteltypen (Dressur, Springen, Vielseitigkeit), Gewicht und Größe der Sättel variierten zum Teil beträchtlich. Zusätzlich gab es große Unterschiede innerhalb der Pferdepopulation bezüglich Rasse, Konformation, Trainings- und Ausbildungsstand. Hohe Varianz traf auch für die Reiter und deren Reitweise zu. Dennoch konnten relativ klare Aussagen über die negativen Aus-

wirkungen von Satteldruck auf den Pferderücken getroffen werden, da sich letztendlich die effektiv gemessenen Druckwerte nicht stark unterschieden. Von der Seite des Pferdes aus gesehen spielt es auch lediglich eine Rolle, wo der Sattel drückt und weniger, welches Produkt diesen Druck verursacht. Insofern schien die große Variabilität in den Versuchsbedingungen keinen negativen Effekt auf die Resultate zu haben.

Für die Untersuchung der Pferde wurde das gleiche Protokoll verwendet wie in der vorangehenden Studie (Werner et al. 2002). Dieses erwies sich für den vorgesehenen Zweck wiederum als sehr geeignet, wobei beim Erfassen der Rückenprobleme der anatomisch genauen Lokalisation zwischen Th1- L5 relativ wenig Bedeutung zugemessen und nur eine grobe Unterteilung in Hals-, Rumpf und Iliosakralbereich vorgenommen wurde. Allerdings könnte es in weiterführenden Studien interessant sein, im Rückenuntersuchungsprotokoll genauer auf die topographische Lokalisation der auftretenden Befunde vor allem im Bereich der Sattellage einzugehen. Diese Unterteilung wurde in dieser Studie unterlassen, da für eine weitere, detaillierte Unterteilung die Pferdestichprobe für statistische Auswertungen mit 26 Tieren zu klein gewesen wäre. Bei der qualitativen Auswertung hingegen schien eine gute Übereinstimmung zwischen der Lokalisation der aufgetretenen Druckwerte und den schmerzhaften Veränderungen deutlich zu werden.

Zu den häufigsten Befunden, die im Rückenbereich der Pferde erhoben wurden, gehörten Verspannungen der Muskulatur und Dolenzen der Dornfortsätze. Dabei konzentrierten sich die Veränderungen überwiegend auf den Bereich der Sattel-endlage. Bei der überwiegenden Mehrzahl der Pferde wurde eine Veränderung der Rückenbeweglichkeit festgestellt. Am aussagekräftigsten war diesbezüglich die Prüfung der Dorsoflexion, mit der bei der semiquantitativen Auswertung alle anderen Rückenbeweglichkeitsparameter korrelierten. Sie scheint ein sensibler Parameter in der Diagnose von Rückenproblemen zu sein.

Die ihm Rahmen dieser Studie am häufigsten beobachteten Mängel der Sattelpassform waren asymmetrische und/oder zu harte Sattelpolster, eine zu enge Kammerweite und ein zu weit hinten liegender tiefster Punkt der Sitzfläche. Dabei zeigte es sich, dass vor allem Brückenbildung, eine zu enge Sattelpolsterkammer und zu harte Sattelpolster für den Pferderücken die negativsten Auswirkungen haben.

Betrachtet man die Korrelationen, welche zwischen den Rückenbefunden und den Sattelparametern auftraten, lässt dies unter anderem folgende Interpretationen zu: Dolenzen im Bereich der Rückenmuskulatur scheinen eher beobachtet zu werden, wenn eine ungünstige Druckbelastung in den hinteren beiden Dritteln des Sattels auftritt (Maske 5 und 6), sowie bei einer zu engen Kammer in diesem Bereich. Ist diese im hinteren Bereich des Sattels zu eng ausgefallen, bewirkt es nebst der Dolenz der Rückenmuskulatur durch den zu nahe an die Wirbelsäule heranreichenden Sattelbaum vor allem auch eine Einschränkung in ihrer lateralen Bewegungsfreiheit. Ist die Sattelpolsterkammer im Bereich des Widerristes zu eng ausgefallen, beobachten wir hingegen eher eine unvorteilhafte Bemuskulung des Halses und veränderte Befunde im Bereich des Iliosacralgelenks. Die Bemuskulung des Halses wird daneben aber auch durch hohe Druckwerte, welche in Maske 2 und Maske 6 auftreten, ungünstig beeinflusst. Möglicherweise lässt sich dies mit dem Phänomen der Brückenbildung in Verbindung bringen,

welche sich durch die natürliche Schiefe des Pferdes in einer diagonalen Maximaldruckwertverteilung widerspiegeln könnte. Geht man von der Richtigkeit dieser Annahme aus, so bedeutet dies, dass sich die bei einer Brückenbildung auftretenden Druckwerte auf den Widerrist – und nachfolgend auf die Halsmuskulatur – genauso auswirken, wie eine zu enge Kammerweite. Auf die Halsbeweglichkeit und die Dolenz der Halswirbelsäule scheint die Symmetrie des Sattelbaums einen deutlichen Einfluss zu haben. Der korrekten Lage des tiefsten Punktes der Sitzfläche kommt eine wichtige Bedeutung zu. Liegt er zu weit hinten, kann dies eine Dolenz der Dornfortsätze der Rückenwirbel nach sich ziehen, wahrscheinlich weil dadurch der Sattel an dieser Stelle dorsal zu tief auf der Wirbelsäule aufliegt. Interessanterweise kann bei zu kaudaler Lage des tiefsten Punktes der Sitzfläche aber auch eine Dolenz der Halswirbelsäule beobachtet werden.

Während der Messungen konnten empirische Werte erhoben werden, welche im Rahmen dieser Studie nicht statistisch ausgewertet wurden, die in zukünftig geführten Studien aber durchaus berücksichtigt werden könnten. Zum einen zeigte es sich, dass stark variierende Sattelaufgabeflächen während der Bewegung (z.B. Abheben des Sattels vom Pferderücken von mehr als 1/3 der Gesamtfläche des Sattels) mit schlechten Druckwerten in Verbindung standen. Das lässt sich möglicherweise dadurch erklären, dass der Sattel in diesen Fällen nicht als die Reiterlast dämpfendes Kissen, sondern über eine Hebelwirkung sogar als Verstärker von Druck wirkt. Im Falle von harten Sattelpolstern war diese Wirkung noch verheerender als bei weichen Polstern. Zum anderen spielte das Verhältnis des Radius des Sattels (Schwung) und des Pferderückens eine Rolle für die Passform des Sattels während der Bewegung. „Wiggling“ (Vor- und Zurückschaukeln des Sattels in der Längsachse des Pferderückens) wurde bei Sätteln beobachtet, deren Radius im Vergleich zum Pferderücken zu klein war. Umgekehrt kann ein zu großer Sattelpolster im Vergleich zum Pferderücken (z.B. flacher Sattel bei Senkrücken) einer Brückenbildung Vorschub leisten.

Die Maskenbildung und die dadurch mögliche differenzierte Erfassung der Druckwerte in den einzelnen Arealen der Sattellage waren für die Auswertung dieser Studie sehr bedeutsam. Im Allgemeinen wurde eine abnehmende Tendenz der Druckwerte sowie der Auflagefläche von vorne nach hinten in der Sattellage beobachtet, mit Ausnahme der Sättel, bei denen eine Brückenbildung auftrat. In diesen Fällen konnten Werte im Lendenbereich bis zu 6 N/cm² gemessen werden, was einer zweifachen Erhöhung des dort zulässigen maximalen Druckwertes entspricht. Ebenfalls dank der Maskenbildung musste der in der früheren Studie (Werner et al. 2002) errechnete durchschnittliche Druckwert (MVP max. 1.5 N/cm²) im Lendenbereich in der vorliegenden Studie nach unten korrigiert werden (max. 1.0 N/cm²). Analog dazu wurden in einer Studie von anderen Autoren mit einem unterschiedlichen Messsystem die folgenden konkreten Druckwerte erhoben: Sättel mit Druckwerten < 0.7N/cm² (49.9mmHg) wurden als exzellent, solche mit Druckwerten von 0.7-1.3N/cm² (50-100mmHg) ohne Druckpunkte als gut angepasst bezeichnet. Sättel mit Werten von 1.3-2N/cm² (100-149mmHg) mit leichten Druckpunkten wurden als ausreichend, während diejenigen mit Druckwerten von 2-3N/cm² (150-224mmHg) als schlecht angepasst klassiert wurden (Harman 1997). Die leicht unterschiedlichen Grenzwerte können entweder den verschiedenen Messsystemen und/oder der Auswertung, bzw. Beurteilung zugeordnet wer-

den, jedoch generell unterstützen diese Werte die in dieser Studie gemachten Beobachtungen.

In der Humanforschung wurden die Blutdruckverhältnisse des Kapillarbettes bei Mensch und Hund genauer untersucht. Er beträgt bei diesen Spezies auf der arteriellen Seite 35 mmHg ($=0.47 \text{ N/cm}^2$) und fällt auf der venösen Seite auf 10 mmHg ($=0.13 \text{ N/cm}^2$) ab. Konstante Druckeinwirkungen von $> 32 \text{ mmHg}$ ($=0.43 \text{ N/cm}^2$) während mehr als zwei Stunden führten erwiesenermaßen zu signifikanten Gewebeschäden der Haut und der darunterliegenden Muskulatur (Holloway 1975). Die bisher ermittelten Druckwerte unter dem Sattel entsprechen einem Vielfachen dessen. Es stellt sich die Frage, warum in diesem Falle nicht mehr Druckschäden unter dem Sattel beobachtet werden. Dies mag einerseits daran liegen, dass der Sattel nicht einen konstant gleich bleibenden Druck ausübt und in der Bewegung die Druckeinwirkung phasenweise immer wieder vom Gewebe und damit dem Kapillarnetz genommen wird. Andererseits werden die meisten Pferde in der Regel nicht mehr als eine Stunde täglich geritten. Treten dadurch leichte Schäden auf, hat das Gewebe die Möglichkeit, sich in den übrigen 23 Stunden wieder zu regenerieren. Satteldruckphänomene, welche häufiger im Widerristbereich beobachtet werden, lassen sich vermutlich durch stark lokalisiert auftretende Spitzenwerte erklären, die dem Gewebe irreversible Schäden zufügen.

Die Anforderungen an die Sattelpassform der früheren Studie liessen sich in dieser Studie vollumfänglich bestätigen (Werner et al. 2002), indem Abweichungen von diesen Anforderungen mit Rückenproblemen der Pferde korrelierten. In dieser Studie haben Messungen von 26 Pferden mit 29 verschiedenen Sätteln im ausgesessenen Trab Eingang gefunden. In der Zwischenzeit konnten Messungen von weiteren > 400 Pferden mit Rückenproblemen diese Aussagen weiterhin unterstützen (nicht veröffentlichte Daten).

Als Schlussfolgerung kann festgehalten werden, dass Rückenprobleme tatsächlich in Zusammenhang mit ungünstigen Druckwerten unter dem Sattel gesehen werden können. Die oben aufgestellte Arbeitshypothese bezüglich der maximal zulässigen und durchschnittlichen Druckwerte ließ sich dahingehend bestätigen und weiter spezifizieren, indem sich Druckwerte über maximal 3.5 N/cm^2 (MPP) und durchschnittlich 1.32 N/cm^2 (MVP) im Widerristbereich mit Rückenproblemen in Verbindung bringen liessen. Hingegen mussten die maximalen und durchschnittlichen Druckwerte im Lendenbereich weiter nach unten korrigiert werden, weil dort lediglich maximale Druckwerte von 2.2 N/cm^2 (MPP) und durchschnittliche von 1.0 N/cm^2 (MVP) ohne gesundheitliche Folgen für den Pferderücken toleriert wurden. Zusätzlich konnte die Studie zeigen, dass Satteldruckmessungen mit dem elektronischen Messsystem der Firma Novel GmbH für die Diagnose ungeklärter Rückenprobleme durchaus von großem Wert sein und auch in der Praxis relevante Resultate zur Behandlung der Pferde erbringen können.

Danksagung

Die Autoren danken Prof. Dr. E. Olbrich für die Unterstützung bei der Statistik, Matthias Haab für die Zeichnungen und Frau Uschi May, Erlangen für die Unterstützung bei den Vermessungen der Pferde.

Literatur

- Blümcke S. (1994): Die elektronische Satteldruckmessung und ihre Anwendung. Zusammenrücken, Buch zum 2. Forum, Edition Schürer, 62–68
- Crowhurst R. C. (1975): Backs – Clinical signs. *Equine Veterinary Journal* 7, 66-68
- 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
- Holloway G. A., Jr. et al. (1975): Effects of external pressure loading on human body flow measured by ^{133}Xe clearance. *J Appl Phys* 40, 597-600
- Jackson R. K. (1975): Diseases of the horse's spine – "Comparative aspects". *Equine Veterinary Journal* 7, 79-80
- Jeffcott L. B. (1975): The diagnosis of diseases of the horse's back. *Equine Veterinary Journal* 7, 69-78
- Jeffcott L. B. (1978): Klinische und röntgenologische Diagnostik der Wirbelsäulenerkrankungen des Pferdes. *Prakt Tierarzt* 4, 272-278
- Jeffcott L. B. (1979a): Back problems in the horse—a method of clinical examination. *Vet Rec Suppl In Practice* 5, 4-15
- Jeffcott L. B. (1979b): Back problems in the horse—a look at past, present and future progress. *Equine Veterinary Journal* 11,129-136
- Jeffcott L. B. (1980): Guidelines for the diagnosis and treatment of back problems in horses. *Proc of 26th Ann Conv AAEP*, 381-387
- Jeffcott L. B. (1985a): The examination of a horse with a potential back problem. *Proc of 31st Ann Conv AAEP*, 271-284
- Jeffcott L. B. (1985b): Conditions causing thoracolumbar pain and dysfunction in the horse. *Proc of 31st Ann Conv AAEP*, 285-296
- Jeffcott L. B. (1993a): Rückenprobleme des Athleten „Pferd“: 1. Ein Bericht über das Erkennen und die Möglichkeiten der Diagnose. *Pferdeheilkunde* 9,143-150
- Jeffcott L. B. (1993b): Rückenprobleme des Athleten „Pferd“: 2. Mögliche Differentialdiagnosen und Therapiemethoden. *Pferdeheilkunde* 9, 223-237
- 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. et al. (1999): Validity of saddle pressure measurements using force-sensing technology – preliminary studies. *The Veterinary Journal* 158, 113-119
- Pullin J. G. et al. (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
- Werner D. et al (2002): Druckmessungen unter dem Sattel: Eine Studie mit einem elektronischen Sattelmesssystem (Novel GmbH). *Pferdeheilkunde* 2, 125-140

Brigitte von Rechenberg, PD Dr.med.vet. Dipl. ECVS
Musculoskeletal Research Unit, Pferdeklinik
Universität Zürich
Winterthurerstr.260
8057 Zürich, Schweiz
bvonrechenberg@vetclinics.unizh.ch