

Die Hüftbewegung des Pferdes: vergleichende kinematische Untersuchung bei lahmheitsfreien und spatlahmen Pferden

F. Buchner, J. Kastner, D. Girtler, P. Küber und P. F. Knezevic

Klinik für Orthopädie bei Huf- und Klautentieren der Veterinärmedizinischen Universität Wien (Vorstand, o. Prof. Dr. P. F. Knezevic)

Einleitung

Die Beurteilung des Pferdes in der Bewegung stellt einen essentiellen Teil der Lahmheitsdiagnostik dar. Bei schmerzhaften Erkrankungen des Bewegungsapparates führen Pferde kompensatorische Ausgleichsbewegungen aus. Das Verstehen dieses veränderten Bewegungsmusters durch den Untersucher ermöglicht das Erkennen der lahmen Extremität. Zu den wesentlichen Bewegungscharakteristika zählen Vorführbogen, Fußung, Winkelumfang der Gelenke, Verhältnis der Phasen der Gliedmaßenführung sowie die Kopf- und Kruppbewegung (Stashak, 1989).

Der Spat des Pferdes ist eine Erkrankung der Hinterextremitäten, bei der von Klinikern besonders auf die veränderte Kruppbewegung hingewiesen wird. Diese eigentümliche Bewegung wird als Buckeln (Zeller, 1966), hopping (Moyer, 1978) oder hiking (Adam's, 1974; Stashak, 1989) bezeichnet, wobei Stashak (1989) sogar drei verschiedene Arten der Kruppbewegung, je nach Art und Grad der Lahmheit, unterscheidet.

Kinematische Analysensysteme bieten die Möglichkeit, diese Krupp- bzw. Hüftbewegung genauer zu untersuchen. Während verschiedene Parameter, z. B. der Bewegung des Hufes resp. des Bewegungszyklus, mit Hilfe der Hochfrequenzkinematographie untersucht wurden (Walter, 1925; Krüger, 1938; Fredericson, 1972; Wentink, 1978; Girtler, 1987; Streitlein und Preuschoft, 1987), wurde die Hüftbewegung bisher nur wenig analysiert. Girtler und Floss (1984)

Zusammenfassung

In einer kinematischen Studie wurde die Aussagekraft bestimmter Parameter der Hüftbewegung des Pferdes für die Lahmheitsdiagnostik untersucht.

Mittels des optoelektronischen Meßsystems Selspot II wurden je 9 lahmheitsfreie und spatlahme Pferde gemessen und bezüglich folgender Parameter verglichen: Dauer von Stützbeinphase, Schwebephase und Phasenverschiebung sowie vertikale Hüftbeschleunigung. Die unterschiedlichen Beschleunigungsspitzen während eines Bewegungszyklus dienen in dem Quotienten HAQ (Hip Acceleration Quotient) einer Quantifizierung der physiologischen und der durch Lahmheit veränderten Hüftbewegung.

Der HAQ schwankte bei den gesunden Pferden zwischen 1,10 und 1,54, bei den lahmen Pferden zwischen 1,35 und 2,34.

Die Zyklusparameter wiesen keine deutliche Abhängigkeit von einer Lahmheit auf. Asymmetrien im Bewegungsmuster konnten sowohl bei lahmen wie bei gesunden Pferden nachgewiesen werden. Auf die Ursache einer Hinterhandlahmheit kann mit Hilfe der untersuchten Parameter noch nicht geschlossen werden. Eine Verknüpfung mit weiteren charakteristischen Merkmalen des Bewegungsmusters in Verbindung mit Reihenuntersuchungen auf einem Laufband sind hierzu notwendig.

Hip movement in the horse – a comparative kinematic study in sound horses and horses affected with spavin

In a kinematic study the significance of special parameter of the equine hip movement for the lameness examination was evaluated. Using the three-dimensional, optoelectronic measurement system Selspot II, 9 sound and 9 lame horses suffering from spavin were recorded at a trot. The following variables were compared: duration of stance and suspension phase, step duration and vertical hip acceleration. The different peaks of vertical acceleration of one hip during one stride were used in the non-dimensional quotient HAQ (hip acceleration quotient) for the quantification of physiologic hip-movement and such altered by hindlimb lameness.

In sound horses the HAQ varied between 1,10 and 1,54, the lame horses were showing values between 1,35 and 2,34.

There was no clear connection between the investigated stride parameters and lameness. Both, sound and lame horses were showing asymmetries in their locomotion pattern caused by individual and external influences.

Up to now there was no possibility for a etiologic lameness diagnosis with the present parameter. Additional gait characteristics in connection with serial evaluations on a treadmill are hereto necessary.

zeigen mittels Bahnkurven des Tuber coxae bei einem lahmen Pferd die unterschiedlichen Bewegungsverläufe der Hüften auf der gesunden und der lahmen Seite und weisen auf ihre diagnostische Bedeutung hin. Clayton (1987) zeigt die veränderte Hüftbewegung an einem spatlahmen Pferd. May und Wyn-Jones (1987) filmten die Hüftbewegung bei 13 Pferden mit verschiedenen Lahmheitsursachen mit einer Videokamera. Sie fanden Unterschiede in der Amplitude der Vertikalbewegung der Hüfte zwischen lahmer und gesunder Extremität.

Ziel dieser Untersuchung soll es sein, die Bewegung des Tuber coxae anhand eines definierten Pferdmaterials, Pferde mit Spat und lahmheitsfreie Pferde, mittels eines optoelektronischen Bewegungsanalysensystems zu analysieren und zu prüfen, welcher Aussagewert bestimmten Parametern der Hüftbewegung und des Bewegungszyklus in der Lahmheitsdiagnostik zukommt.

Bewegungszyklus zur Gänze erfaßt werden konnte. Als Meßstrecke diente eine ebene, gerade Vorfuhrbahn aus Beton von 20 Meter Länge und 3 Meter Breite.

Kalibrierung des Meßsystems:

Vor jeder Messung wurde eine Kalibrierung der Meßapparatur mit drei im Raum bekannten Paßpunkten sowie einem Kalibrierprogramm vorgenommen. Die Meßunsicherheit des Systems betrug 0,5 mm bei der Vertikal- und Horizontalbewegung sowie 1,5 mm bei der Transversalbewegung (berechnet nach DIN 1319 bei $n = 200$).

Durchführung der Messung:

Nach Gewöhnung der Pferde an die Verkabelung und Umgebung wurden die Pferde zehnmal im Trab an der Hand auf der Meßstrecke in der Weise vorgeführt, daß die markierte Hüfte zu den Kameras schaute. Von den Dioden wurden, über eine Steuerung der LCU, Infrarotlichtblitze in einer Frequenz von 312,5 Hertz ausgesandt. Diese Infrarotlichtblitze wurden von beiden Kameras aufgenommen, die Positionen der Dioden digitalisiert und zur zentralen Kontrolleinheit übertragen. Der PC/AT-Computer übernahm die Meßdaten und übermittelte sie zur weiteren Verarbeitung an den Hostrechner.

Nach der Glättung der Meßdaten wurden sie mit Hilfe der Kalibrierparameter in dreidimensionale Raumdaten umgerechnet sowie zusammen mit einem Meßprotokoll auf einer Diskette archiviert.

Auswertung:

Die archivierten Daten jedes Pferdes wurden nun mathematisch und statistisch ausgewertet. Mit Hilfe des Auswerteprogramms MAL3 (Measurementdata-Analysis-Language, Kastner und Holzreiter, 1988) wurden die Bewegungen von Hüfte und Hufen in allen drei Dimensionen sowie die entsprechenden Geschwindigkeits- und Beschleunigungskurven dargestellt.

Als Zyklusparameter wurden neben Zykluslänge und Vorfuhrgeschwindigkeit zeitliche Parameter wie Stützbein-, Hangbein- und Schwebbein sowie Phasenverschiebung berechnet. Als Beginn bzw. Ende der Stützbeinphase wurde der Zeitpunkt des Unter- bzw. Überschreitens der Geschwindigkeitsgrenze von 0,1 m/s in der Horizontalbewegung des Hufes festgelegt. Als Schwebephase links wird die Zeit nach Ende der linken und vor Beginn der rechten Stützbeinphase definiert (siehe Abb. 2). Die Zeit von Beginn der linken Stützbeinphase bis Beginn der rechten Stützbeinphase wird als rechte Phasenverschiebung definiert. Bei diesen Parametern wurden statistische Vergleiche zwischen rechtem und linkem Fuß mittels eines Student-t-Test ($\alpha = 0,38$) durchgeführt. Vorhandene Asymmetrien wurden als nicht signifikant ($p\% < 0,95\%$) oder signifikant ($p\% > 0,95\%$) beurteilt und beide Pferdegruppen verglichen.

Zur quantitativen Beurteilung der Hüftbewegung wurde die vertikale Hüftbeschleunigung herangezogen. Die zwei Maxima und zwei Minima während eines Bewegungszyklus wurden zur Berechnung des dimensionslosen Parame-

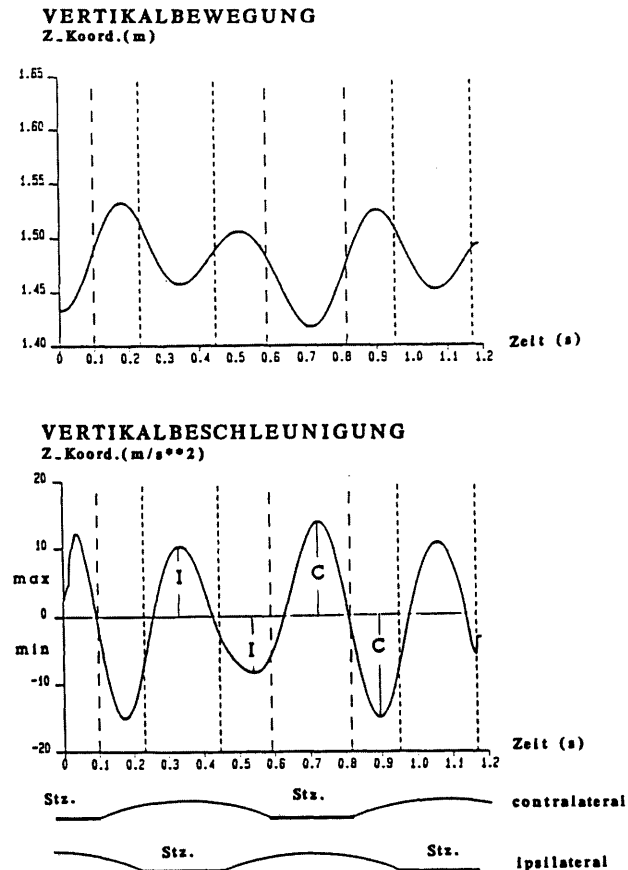


Abb. 3: Bahnkurve und Vertikalbeschleunigung des Tuber coxae eines lahmheitsfreien Pferdes (Nr. 1) im Trab von der Seite, mit den Zyklusphasen (Stz.: Stützbeinphase) beider Hintergliedmaßen. C: kontralateral, I: ipsilateral.

ters Hip Acceleration Quotient (HAQ) verwendet (siehe Abb. 3).

$$HAQ = C_{max} - C_{min} : I_{max} - I_{min}$$

C_{max}/min = maximale bzw. minimale Vertikalbeschleunigung des kameranahen Hüfthöckers während der Stützbeinphase der kontralateralen Hinterextremität

I_{max}/min = maximale bzw. minimale Vertikalbeschleunigung des kameranahen Hüfthöckers während der Stützbeinphase der ipsilateralen Hinterextremität

Die erhaltenen HAQ-Werte aller lahmen Pferde wurden den entsprechenden HAQ-Werten der gesunden Pferde gegenübergestellt.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Bewegungsmessungen wurden sowohl graphisch als auch quantitativ ausgewertet.

Graphische Darstellung:

Abbildung 3 zeigt die Bahnkurven des Tuber coxae sowie die entsprechenden Vertikalbeschleunigungen eines gesunden Pferdes (Nr. 1) im Trab von der Seite. Charakteristi-

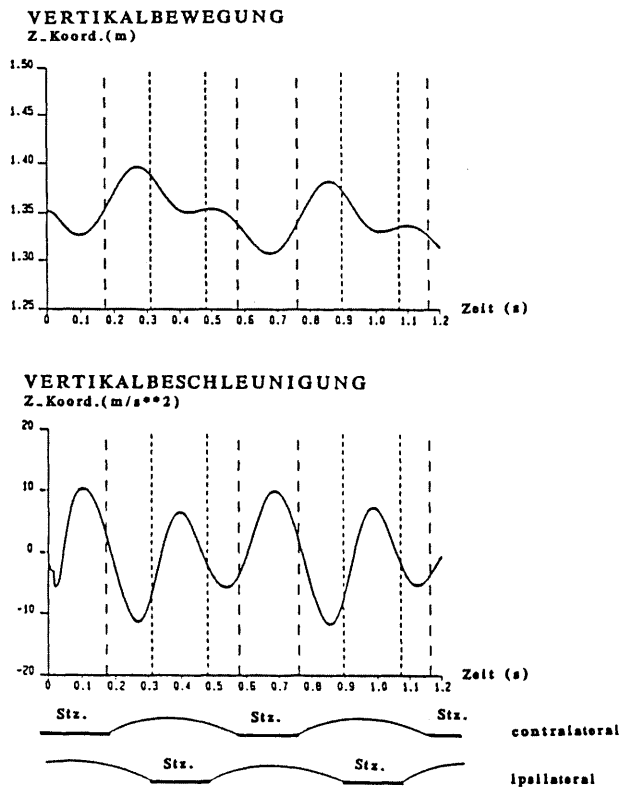


Abb. 4: Bahnkurve und Vertikalbeschleunigung des Tuber coxae eines lahmen Pferdes (Nr. 13) im Trab von der Seite, mit den Zyklusphasen (Stz.: Stützbeinphase) beider Hintergliedmaßen.

sches Merkmal der Vertikalbewegung der Hüfte ist ein doppelwellenförmiger Verlauf, deren beide Teilwellen innerhalb eines Zyklus nicht symmetrisch sind. Auf den tiefsten Punkt fällt der Tuber coxae während der Stützbeinphase der gegenüberliegenden, contralateralen Extremität. In der anschließenden Schwebephase, kurz nach dieser Stützbeinphase, erreicht die Hüfte ihren höchsten Punkt. Die stärkste positive Beschleunigung erfährt die Hüfte in der Stützbeinphase der contralateralen Gliedmaße, die stärkste negative Beschleunigung in der Schwebephase danach, vor der Stützbeinphase der eigenen, ipsilateralen Extremität.

Abbildung 4 zeigt die Bahnkurve bzw. Vertikalbeschleunigung der Hüfte eines spatlahmen Pferdes (Nr. 13). Die Asymmetrie der Maxima und Minima ist deutlich stärker, die Hüftkurve kann sogar eingipfelig werden.

Quantitative Darstellung:

Als Beispiel für jede Pferdegruppe zeigen Tabelle 1 bzw. 2 die vollständige Auflistung aller Bewegungsparameter eines gesunden (Nr. 6) bzw. deutlich spatlahmen Pferdes (Nr. 23).

Das Pferd „Fatima“ (Nr. 6, Tab. 1) zeigte eine sehr hohe Bewegungskonstanz (extrem niedrige Standardabweichung) sowie eine hohe Rechts-links-Symmetrie (keine signifikanten Unterschiede). Der Parameter HAQ zeigt mit dem Wert 1,29 für den Tuber coxae bei Belastung beider Extremitäten ähnliche Beschleunigungswerte. Das Pferd „Fanny“ (Nr. 23, Tab. 2) zeigte im Trab eine Stütz-

Tab. 1: Bewegungsparameter Pferd Fatima (Nr. 6): Mittelwerte (mean), Standardabweichungen (std) und statistischer Vergleich zwischen linker (LH) und rechter Hinterextremität (RH).

Pferd Fatima: Parameter	Zyklen	mean	std	p %	s
Geschw. v. (m/s)	8	4.37	0.08		
Zykl.länge lz (m)	8	2.64	0.03		
Zykl.dauer tz (s)	8	0.60	0.01		
Phasenverschiebung (s)					
HR	13	0.30	0.00		
HL	13	0.30	0.01	84.95	—
Stützbeinphase Stz (s)					
LH	9	0.13	0.00		
RH	8	0.13	0.00	72.57	—
Stz %					
LH	8	20.76	0.66		
RH	8	20.93	0.36	75.31	—
Hangbeinphase Hz (s)					
LH	8	0.48	0.01		—
RH	8	0.48	0.01	64.46	
Hz %					
LH	8	79.24	0.66		
RH	8	79.07	0.36	75.31	—
Schwebephase (s)					
nach LH	8	0.17	0.00		
nach RH	8	0.17	0.01	83.40	—
HAQ	10	1.29	0.05		

Tab. 2: Bewegungsparameter Pferd Fanny (Nr. 15) mit Stützbeinlahmheit II. Grades hinten links: Mittelwerte (mean), Standardabweichungen (std) und statistischer Vergleich zwischen linker (LH) und rechter Hinterextremität (RH).

Pferd Fanny: Parameter	Zyklen	mean	std	p %	s
Geschw. v. (m/s)	10	3.30	0.45		
Zykl.länge lz (m)	10	2.16	0.03		
Zykl.dauer tz (s)	10	0.66	0.03		
Phasenverschiebung (s)					
HR	18	0.31	0.02		
HL	18	0.36	0.02	100	**
Stützbeinphase Stz (s)					
LH	10	0.17	0.02		
RH	10	0.17	0.02	78.14	—
Stz %					
LH	10	25.40	2.23		
RH	10	26.53	1.78	88.78	—
Hangbeinphase Hz (s)					
LH	10	0.49	0.01		—
RH	10	0.48	0.02	85.01	
Hz %					
LH	10	74.60	2.23		
RH	10	73.47	1.78	88.78	—
Schwebephase (s)					
nach LH	10	0.14	0.02		
nach RH	10	0.19	0.02	100	**
HAQ	10	2.34	0.37		

beinlahmheit II. Grades hinten links. Stütz- bzw. Hangbeinphasendauer sind nicht signifikant unterschiedlich. Die rechte Phasenverschiebung (um 14 %) und damit die Schwebephase (um 26 %) nach der linken Stützbeinphase ist deutlich verkürzt.

Die Asymmetrie der Vertikalbeschleunigung des Tuber coxae ist mit einem HAQ von 2,34 deutlich größer als bei dem Pferd Fatima.

Aus der Fülle der Einzelergebnisse sollen für einen Vergleich zwischen den einzelnen Pferden und Pferdegruppen nur bestimmte, diagnostisch eventuell aussagekräftige Parameter dargestellt werden.

Tabelle 3 zeigt in einer Übersicht die Dauer von Stützbeinphase, Phasenverschiebung und Schwebephase sowie die Ergebnisse der statistischen Vergleiche zwischen linker und rechter Hintergliedmaße.

Dauer der Stützbeinphase: Gruppe 1 (gesunde Pferde): In nur 5 von 18 Meßserien zeigen linker und rechter Fuß eines Pferdes gleiche Belastungszeit. In 6 Fällen wurde der linke, in 7 Fällen der rechte Fuß signifikant kürzer belastet.

Regelmäßigkeiten in bezug auf jedes einzelne Pferd oder die Aufnahme- und Auslaufrichtung sind keine feststellbar.

Gruppe 2 (lahme Pferde): Es zeigen 4 von 9 Pferden gleiche Stützbeinphasendauer links und rechts. Einmal wurde der gesunde und viermal der lahme Fuß kürzer belastet.

Die Phasenverschiebung zeigt in Gruppe 1 in 11 Meßserien keine signifikanten Unterschiede. In 4 bzw. 3 Fällen zeigen linke bzw. rechte Extremität kürzere Phasenverschiebungen doch nur bei einem Pferd (Nr. 5) ist die Phasenverschiebung in beiden Aufnahme- und Auslaufrichtungen beim selben, dem linken Fuß verkürzt. In Gruppe 2 zeigen 4 Pferde keinen signifikanten Unterschied in der Dauer der Phasenverschiebung. Viermal wird die gesunde Extremität schneller durchgeführt, einmal die lahme Extremität.

Die Dauer der Schwebephase ist in Gruppe 1 nur fünfmal gleich lang. In 7 bzw. 6 Meßserien ist die linke bzw. rechte Schwebephase kürzer. Gruppe 2 zeigt 4 gleich lange Schwebephasen, zweimal schwebt das Pferd nach Belastung der gesunden Extremität, dreimal nach Belastung der lahmen Extremität kürzer.

Tab. 3: Übersicht über die Dauer von Stützbeinphase (Stz), Phasenverschiebung und Schwebephase in Gruppe 1 (lahmheitsfreie Pferde) und Gruppe 2 (spätlahme Pferde). Der statistische Vergleich zeigt signifikante Unterschiede zwischen linker (li) oder rechter (re) bzw. gesunder (ges) oder lahmer (la) Gliedmaße, oder keine Unterschiede (-).

Gruppe 1:

Nr. Pferde	Aufnahme- seite	Glieder- maße	Zyklen n	mean (s) Stz	mean (s) Phasenversch.	mean (s) Schwebeph.	Stz	sign. kürzere	
								Phasen- versch.	Schwebephase
1 Optimist	re	re/li	7	0.16/0.19	0.34/0.35	0.19/0.15	re	re	li
	li	re/li	8	0.19/0.17	0.36/0.35	0.16/0.19	li	—	re
2 Cherion	re	re/li	8	0.14/0.15	0.39/0.37	0.23/0.24	re	li	re
	li	re/li	6	0.14/0.13	0.37/0.38	0.24/0.24	li	—	—
3 Topgame	re	re/li	9	0.15/0.14	0.32/0.32	0.17/0.18	li	—	re
	li	re/li	10	0.13/0.14	0.30/0.31	0.18/0.16	re	re	li
4 Tommy	re	re/li	10	0.14/0.14	0.30/0.30	0.16/0.16	—	—	—
	li	re/li	10	0.15/0.14	0.31/0.33	0.18/0.17	li	re	li
5 Koekut	re	re/li	6	0.13/0.15	0.31/0.28	0.15/0.16	re	li	re
	li	re/li	10	0.13/0.15	0.31/0.30	0.17/0.16	re	li	li
6 Fatima	re	re/li	8	0.13/0.13	0.30/0.30	0.17/0.17	—	—	—
	li	re/li	4	0.13/0.14	0.31/0.32	0.19/0.17	re	—	li
7 Lassie	re	re/li	9	0.14/0.17	0.34/0.33	0.19/0.17	re	—	li
	li	re/li	7	0.15/0.16	0.33/0.33	0.18/0.17	—	—	—
8 Szemafor	re	re/li	10	0.17/0.17	0.35/0.35	0.18/0.18	re	—	—
	li	re/li	10	0.15/0.16	0.35/0.33	0.18/0.19	—	li	re
9 Justy	re	re/li	8	0.14/0.15	0.34/0.35	0.21/0.19	—	—	li
	li	re/li	8	0.16/0.15	0.35/0.35	0.19/0.20	li	—	re

Gruppe 2:

Nr. Pferde	Aufnahme- seite (Lahmheit)	Glieder- maße	Zyklen n	mean (s) Stz	mean (s) Phasenversch.	mean (s) Schwebeph.	Stz	sign. kürzere	
								Phasen- versch.	Schwebephase
10 Domingo	re	re/li	10	0.16/0.19	0.35/0.32	0.16/0.16	la	ges	—
11 Riffraff	li	li/re	7	0.19/0.19	0.34/0.34	0.15/0.15	—	—	—
12 Kobold	li	li/re	10	0.19/0.16	0.35/0.36	0.17/0.19	ges	—	la
13 Diplomat	re	re/li	10	0.11/0.16	0.34/0.34	0.23/0.18	la	—	ges
14 Rastan	li	li/re	9	0.14/0.15	0.32/0.27	0.13/0.17	la	ges	la
15 Fanny	li	li/re	10	0.17/0.17	0.36/0.31	0.14/0.19	—	ges	la
16 Rucko	li	li/re	9	0.17/0.17	0.35/0.38	0.21/0.18	—	la	ges
17 Spartakus	li	li/re	10	0.14/0.15	0.30/0.29	0.15/0.15	la	ges	—
18 Mark	re	re/li	7	0.17/0.17	0.34/0.34	0.17/0.17	—	—	—

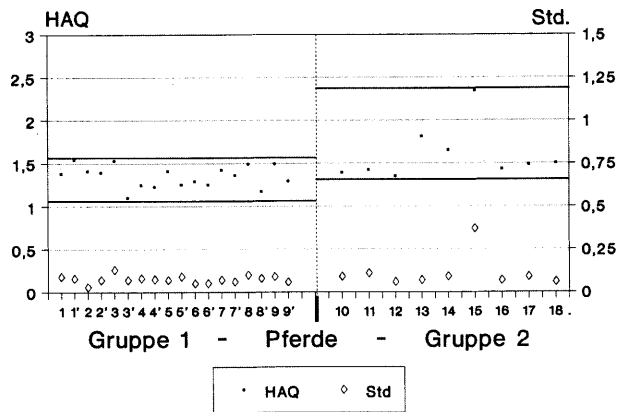


Abb. 5: Werte des HAQ mit den Standardabweichungen (std) für Gruppe 1 (lahmheitsfreie Pferde) und Gruppe 2 (spätlahme Pferde). Die Flächen zwischen den Längsbalken zeigen die verschiedenen, überlappenden Bereiche der gemessenen Werte.

Hip Acceleration Quotient:

Gruppe 1: Abbildung 5 zeigt die Werte des HAQ von Gruppe 1 (1–9) und Gruppe 2 (10–18) mit ihren Standardabweichungen. Tabelle 4 zeigt die Mittelwerte und die Standardabweichungen (interindividuelle Variation) der zwei Gruppen sowie den Mittelwert aller einzelnen Standardabweichungen (intraindividuelle Variation).

Die Werte von Gruppe 1 schwanken zwischen 1,10 und 1,54 bei einem Mittelwert von 1,347 und einer Standardabweichung von 0,126. Die Standardabweichung liegt nur bei 2 von 18 Serien über 0,1, die Bewegungskonstanz ist also allgemein hoch.

In Gruppe 2 sind die Werte höher: Der kleinste Wert liegt bei 1,35, der höchste bei 2,34, der Mittelwert ist 1,579, die Standardabweichung 0,314. Mit höherem HAQ-Wert steigt auch die Standardabweichung der entsprechenden Serie, das Pferd geht also weniger konstant.

Tab. 4: Mittelwerte (mean) und Standardabweichung (std) (interindividuelle Variation) des HAQ in beiden Gruppen sowie die Mittelwerte der einzelnen Standardabweichungen (intraindividuelle Variation).

	n	mean	inter-individuell std	min	max	intra-individuell std: mean
Gruppe 1:	9	1,347	0,126	1,10	1,54	0,075
Gruppe 2:	9	1,597	0,314	1,35	2,34	0,112

Diskussion

Graphische Analyse:

Mittels Bahnkurven von einzelnen Körperpunkten (Kopf, Fesselgelenk, Huf, Tuber coxae usw.) lassen sich die Bewegungen der Pferde entsprechend den optischen Erfahrungen der Untersucher gut darstellen.

Die Präsentation von Bewegungen in Strichdiagrammen, wie sie bereits *Walter* (1926) und *Krüber* (1938) verwenden,

lassen schon grob eine Bahnkurve erkennen. *Wentink* (1978) beschreibt diese Bewegung des Hüftgelenks als wellenförmigen Kurs und findet den tiefsten Punkt während der Stützbeinphase der entsprechenden Extremität. Unsere Ergebnisse zeigen den tiefsten Punkt aber genauso wie *Streitlein* und *Preuschhof* (1987), *Girtler* und *Kastner* (1989) und *Kobluk* (1989) in der Hangbeinphase der ipsilateralen bzw. während der Stützbeinphase der kontralateralen Extremität.

Anders als beim Kopf, dessen Bahnkurve im Trab bei einem gesunden Pferd nahezu einen sinusförmigen Verlauf zeigt (*Girtler* und *Floss*, 1984), besteht bei den Hüftkurven also physiologischerweise eine Asymmetrie beider Teilwellen, die durch eine zusätzliche Dimension in der Beckenbewegung entsteht. Die Drehbewegung des Beckens um die Sagittalachse während des Bewegungszyklus wirkt sich je nach Elastizität des Pferdes im Wirbelsäulenbereich mehr oder weniger stark auf diese vertikale Hüftbewegung aus. Auch in den entsprechenden Werten der Vertikalbeschleunigung zeigt sich diese Asymmetrie der Bahnkurve. Die Beschleunigung als maßgeblicher Teil der Kräfte, die auf die Gliedmaße wirken, sind gut geeignet, um das Bewegungsmuster eines Pferdes zu beschreiben.

Die verschiedenen Vertikalbeschleunigungen werden daher in dem Parameter HAQ zur Quantifizierung der Hüftbewegung benutzt, analog zur Quantifizierung der Kopfbewegung (*Kastner*, 1989).

Zeigt ein Pferd eine Stützbeinlahmheit an einer Gliedmaße, so drückt es damit einen Schmerz aus, der durch die Belastung ausgelöst oder verstärkt wird. Um diesen Schmerz zu vermeiden, vermindert das Pferd die Kräfte, die auf diese Gliedmaße wirken. Bei nur wenig veränderbarer Masse (Schwerpunktverlagerung nach vorne durch Kopf- und Halsbewegung) drückt sich dies in veränderter Vertikalbeschleunigung ($\text{Kraft} = \text{Masse} \times \text{Beschleunigung}$) aus. Daher ändern sich bei dem lahmen Pferd die Beschleunigungswerte in den einzelnen Zyklusphasen: Während der Stützbeinphase der erkrankten Gliedmaße wird die positive Beschleunigung verringert bis zu dem Wert 0 bei einer Stützbeinlahmheit IV. Grades, während der Stützbeinphase der gesunden Extremität steigt sie dagegen an.

Dieses veränderte Bewegungsverhalten bewirkt ein kleineres Maximum der Hüftkurve während der Stützbeinphase der lahmen Extremität und ein Herunterfallen der Hüfte auf den tiefsten Punkt in der Stützbeinphase der gesunden Extremität.

Dieses Herabfallen beschreiben schon *Girtler* und *Floss* (1984). *Girtler* und *Kastner* (1989) erklärten dieses veränderte Bewegungsverhalten mit einer verminderten Aufnahme der Körpermasse durch die erkrankte Extremität sowie einem weniger kraftvollen Wegstemmen. Auch *May* und *Wyn-Jones* (1987) sehen in der größeren Amplitude des Tuber coxae das beste Kriterium zur Diagnose von Hinterhandlahmheiten. *Clayton* (1987) bestätigt diese Erkenntnisse, auch das von ihr gemessene Pferd zeigt diese Hüftbewegung. Diese veränderte Hüftbewegung entspricht dem „hiking“, mit dem die veränderte Bewegung von hinterhandlahmen Pferden von Klinikern beschrieben wird (*Adam's*, 1974; *Stashak*, 1989).

Quantitative Analyse:

Das Pferd Fatima zeigt bei engem Vorführgeschwindigkeitsbereich überaus konstante und symmetrische Bewegungseigenschaften. Linke und rechte Stützbein- bzw. Hangbein- und Schwebephase sind nahezu identisch und schwanken in einer Meßserie nur weniger als eine Hundertstelsekunde.

Das Pferd Fanny zeigt dagegen deutlich andere Werte. Phasenverschiebung und Schwebephase sind hoch signifikant unterschiedlich. Ebenso wie bei dem Pferd von Clayton (1987) wird der lahme Fuß langsamer vorgeführt. Anders als bei Clayton (1987) sind die Stützbeinphasen links und rechts aber gleich lang. Die Verlängerung der Phasenverschiebung der lahmen Gliedmaße erfolgt also durch eine längere Schwebephase nach Belastung der gesunden Extremität.

Diese Einzelergebnisse können durchaus individuelle Eigenschaften sein. Daher kann man nur nach Vergleich mehrerer Pferde eine weitergehende Aussage über Lahmheitsspezifische Merkmale machen.

Der Vergleich der Dauer der Stützbeinphase links und rechts bei Gruppe 1 zeigt einen hohen Anteil an Asymmetrien. Nur 5 von 18 Meßserien ergeben symmetrische Werte. Auch Drevemo et al. (1980) finden bei den von ihnen gemessenen Trabern deutliche Asymmetrien, eine „leggedness“. Allerdings zeigt ein Wechsel der Vorführrichtung bzw. der Aufnahmezeit bei 4 Pferden auch einen Wechsel der kürzer belasteten Seite. Neben einer „Händigkeit“ der Pferde müssen also auch bei unveränderter, ebener Meßstrecke äußere Faktoren, wie die veränderte optische Situation, auf das Bewegungsmuster des Pferdes einen Einfluß haben. Bei der hohen Bewegungskonstanz der Pferde und der großen Meßgenauigkeit ergeben sich dadurch bereits signifikante Unterschiede, die bei der optischen Beurteilung durch den Kliniker nicht auffallen.

Bei den lahmen Pferden ist ebenfalls keine klare Regelmäßigkeit nachzuweisen. Zwar ist entsprechend der Meinung von Wittmann (1931) eine Tendenz erkennbar, daß die lahme Extremität bei 4 Pferden kürzer belastet wird und nur bei 1 Pferd länger, aber immerhin 4 Pferde zeigen gleiche Belastungszeiten links und rechts. Auch Girtler (1988) weist darauf hin, daß bei geringgradigen Lahmheiten die Verlängerung der Stützbeinphase bei 1 Fuß keinen Hinweis auf eine Lokalisation einer Lahmheitsursache gibt. Huskamp et al. (1990) dagegen meinen, daß bei strahlbeinkranken Pferden der lahme Fuß häufig länger belastet wird. Ratzlaff und Grant (1986) stellen bei ausgewählten Fällen zweimal eine Verlängerung und einmal eine Verkürzung der Stützbeinphase der lahmen Extremität fest.

Die Phasenverschiebung zeigt bei den gesunden Pferden mit 69 % der Meßserien den höchsten Grad an Symmetrien. Nur 1 Pferd zeigt eine konstante Asymmetrie, 5 Pferde zeigen nur in einer Aufnahmerichtung eine Asymmetrie. Die Verhältnisse bei den lahmen Pferden deuten darauf hin, daß sich die Phasenverschiebung einer lahmen Gliedmaße verlängert. Reinhard (1971) kommt zu dem gleichen Ergebnis. Doch zeigt 1 Pferd die umgekehrten Ver-

hältnisse, und bei 4 Pferden sind rechte und linke Phasenverschiebung gleich lang. Girtler (1988) hält auch diesen Parameter nicht für diagnostisch aussagekräftig.

Aus rechter Phasenverschiebung und linker Stützbeinphase ergibt sich eine mögliche linke Schwebephase und umgekehrt. Ein Vergleich aller drei Parameter bei den gesunden Pferden zeigt ein sehr wechselhaftes Bild ohne stabile Asymmetrien und absolute Symmetrie. Somit spielen also auch noch andere Faktoren, wie in dieser Untersuchung die Aufnahmerichtung eine deutliche Rolle. Auch bei den lahmen Pferden ist kein eindeutiger Zusammenhang zur Lahmheit feststellbar. Eine Tendenz: Verkürzung der Stützbeinphase und der Schwebephase bei der lahmen Extremität und daher Verkürzung der Phasenverschiebung der gesunden Seite, deutet sich zwar an, für sichere Aussagen ist das Kollektiv aber noch zu klein.

Die HAQ-Werte zeigen in Gruppe 1 eine große Schwankungsbreite zwischen 1,10 und 1,54. Damit wird ein unterschiedliches Schwingungsverhalten der Hüfte bzw. die Elastizität in Wirbelsäule und Hüftgelenk der einzelnen Pferde dargestellt. Nur bei starrem Becken ohne Rotationsbewegungen könnte der Wert wie der entsprechende Parameter bei Kopf oder Widerrist den Wert 1 erreichen. Trotz dieser individuellen Variabilität zeigt jedes Pferd ein sehr konstantes Bewegungsmuster, die Standardabweichung bei 10 Läufen ist niedrig, im Mittelwert nur bei 0,075.

Bei einer Lahmheit wird der HAQ größer. In Gruppe 2 steigen die Werte bis 2,34, allerdings gibt es einen Überschneidungsbereich zu der Gruppe der gesunden Pferde. Die individuelle Variabilität erlaubt also keine absolute Abgrenzung zwischen lahmen und gesunden Pferden. Ein Vergleich zwischen linker und rechter Hüfte könnte Unterschiede durch eine Lahmheit nachweisen, aber nur bei simultaner Aufnahme, wie es May und Wyn-Jones (1987) mit Aufnahmen von hinten durchführten, oder absolut standardisierten Bedingungen (Vorführgeschwindigkeit, Umgebung). Bei dem Versuchsaufbau dieser Untersuchung war dies nicht möglich.

Abschließend können folgende Schlußfolgerungen gezogen werden:

- Mit steigender Genauigkeit der Analysensysteme gewinnen äußere Einflußfaktoren, wie Umgebung und Vorführmodus, an Bedeutung.
- Da auch die Vorführgeschwindigkeit einen Einfluß auf viele Parameter hat, muß für einen Vergleich von verschiedenen Meßserien eine konstante Geschwindigkeit vorgegeben oder dieser Faktor durch Korrelationsprogramme berücksichtigt werden.
- Beide Voraussetzungen lassen sich in idealer Weise nur mit einem Laufband erfüllen.
- Mittels des Quotienten HAQ läßt sich die Beckenbewegung eines Pferdes gut quantifizieren, ein Rückschluß auf eine Lahmheitsursache ist aber derzeit noch nicht möglich.
- Um die vielfältigen individuellen Bewegungseigenschaften sowie die feinen Unterschiede im Lahmheitsmuster differenzieren zu können, sind daher weitere Parameter sowie eine entscheidend höhere Pferdeanzahl zu untersuchen.

Literaturverzeichnis

- Adam's, O. R. (1974): Lahmheit bei Pferden. 3. Auflage, Schaper, Hannover, 99-107.
- Clayton, Hilary M. (1987): Kinematographic analysis of the gait of lame horses IV: Degenerative joint disease of the distal intertarsal joint. *Equine vet. sci.* 7, 274-278.
- Drevemo, S., Dalin, G., Fredericson, I., und Hjerten, G. (1980): Equine locomotion: 1. The analysis of linear and temporal stride characteristics of trotting Standardbreds. *Equine vet. J.* (1980), 12 (2), 60-65.
- Fredericson, I., Drevemo, S., Moen, K., Dandanell, R., und Andersson, B. (1972): A method of three-dimensional analysis of kinematics and coordination of equine extremity joints. *Acta vet. scand.* 1972, Suppl. 37, 1-44.
- Girtler, D., und Floss, F. N. (1984): Zur Bewegung gesunder und bewegungsgestörter Pferde. In: Orthopädie bei Huf- und Klautentieren, Hrsg. P. F. Knezevic, Arch. Tierärztl. Fortbild. 8, Schlüter, Hannover, 132-139.
- Girtler, D. (1988): Untersuchungen über die Dauer des Bewegungszyklus - Stützbeinphase, Hangbeinphase, Phasenverschiebung - bei lahmen und bewegungsgestörten Pferden in Schritt und Trab sowie kinematische Beurteilungen zu deren Bewegungsmuster. *Wien. Tierärztl. Mschr.* 5: 185-196; 6: 217-231; 7: 255-270; 8: 310-324.
- Girtler, D., und Kastner, J. (1989): Dokumentation der Kopf- und Hüftbewegung bei gesunden sowie stützbeinlahmen Pferden im Schritt und Trab unter Verwendung zweier kinematischer Meßmethoden. *Aula veterinaria* 69, 20-26.
- Huskamp, B., Tietje, S., Novak, M., und Stadtbäumer, G. (1990): Fußungs- und Bewegungsmuster gesunder und strahlbeinkranker Pferde - gemessen mit dem Equine-Gait-Analysis-System (EGA-System). *Pferdeheilkunde* 6 (1990) 5, 231-236.
- Kastner, J., und Holzreiter (1988): MAL 3: Measurementdata-Analysis-Language. Wien, 1988.
- Kastner, J. (1989): Bewegungsmessung auf dem Weg zur klinischen Methode. Österreich. Hochschulzeitung 9, 1989, 15-16.
- Kobluk, C. N., Schmurr, D., Horney, F. D., Sumner-Smith, G., Willoughby, R. A., Dekleer, V., und Hearn, T. C. (1989): Use of high-speed kinematography and computer generated gait diagrams for the study of equine hindlimb kinematics. *Equine Vet. J.* 21 (1), 48-58.
- Krüger, W. (1938): Über den Bewegungsablauf an dem oberen Teil der Hintergliedmaße des Pferdes im Schritt, Trab und Galopp. *Tierärztl. Rdsch.* 44, 549-557.
- May, S. A., und Wyn-Jones, G. (1987): Identification of hindlimb lameness. *Equine Vet. J.* (1987) 19 (3), 185-188.
- Moyer, W. (1978): Bone spavin: A clinical review. *J. Equine Med. Surg.* 2, 362, 370-371.
- Ratzlaff, M. H., und Grant, B. D. (1986): The use of electrogoniometry and kinematography in the diagnosis and evaluation of forelimb lameness. *Proc. 31th Ann. Conv. Am. Ass. Eq. Pract.*, 183-198.
- Reinhard, H. J. (1971): Bio-Telemetrie am Pferd mit automatischer Datenanalyse. Habilitationsschrift, Hannover, 1971.
- Stashak, T. S. (1989): Adam's Lahmheit bei Pferden. 4. Auflage, Schaper, Alfeld-Hannover, 1989, 100-106, 694-704.
- Streitlein, J., und Preuschoft, H. (1987): Die Kinematik der Trabtempi von Reitpferden. In: Preuschoft, H.: Studien zu den Bewegungen von Sportpferden, Wissenschaftliche Publikationen 9, FN Verlag der Deutschen Reiterlichen Vereinigung GmbH, Warendorf, 1987, 20-65.
- Walter, K. (1926): Der Bewegungsablauf an den freien Gliedmaßen des Pferdes im Schritt, Trab und Galopp. *Arch. f. wiss. u. prakt. Tierheilkunde* 53 (1926), 316-347.
- Wentink, G. H. (1978): Biokinetical Analysis of the Movements of the Pelvic Limb of the Horse and the Role of the Muscles in the Walk and the Trot. *Anat. Embryol.* 152, 261-272.
- Wittmann, F. (1931): Chirurgische Diagnostik des Pferdes. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1931.
- Zeller, R. (1966): Der Spat des Pferdes. Habilitationsschrift, Berlin, Freie Universität, Fachber. Veterinärmed., 1966.

Dr. F. Buchner
Klinik für Orthopädie
bei Huf- und Klautentieren
Veterinärmedizinische Universität Wien
Linke Bahngasse 11
A-1030 Wien

Kurzreferat

Möglichkeiten und Grenzen der Thoraxröntgenaufnahme beim Pferd

(Possibilità e limiti della radiologia toracica equina)

G. Bertoni, G. Gnudi, S. Zanichelli und P. De Juliis (1991)

Ippologia 2, 65-68

Bei 10 klinisch gesunden Pferden wurden seitliche Röntgenaufnahmen des Thorax angefertigt. Der Thoraxbereich wurde in vier verschiedene Aufnahmebereiche (anterior

und posterior, je dorsal und ventral) eingeteilt. Die Autoren wiesen darauf hin, daß man für die ventralen Aufnahmen einen starken Röntgenapparat (150 kV; 1000 mAs) benötigt und daß eine rein laterale Projektionsrichtung nur eingeschränkte Möglichkeiten der Interpretation bietet. Außerdem betonten sie, daß Pferde mit einem röntgenologisch unverdächtigen Lungenbefund durchaus Anfangsstadien einer Tracheitis, Bronchitis, Alveolitis, eines Emphysems, einer COPD, allergischer Syndrome oder kardiovaskulärer Pathologien aufweisen können. Bei der Bewertung der Röntgenbilder sollte auch beachtet werden, daß bei älteren Pferden eine zunehmende Fibrose des Lungengewebes festzustellen ist.

Trotz der Schwierigkeiten in der Anfertigung und Interpretation der Lungenröntgenaufnahmen beim Pferd empfehlen die Autoren diese Technik doch als wertvolle Hilfe zur korrekten Diagnosestellung.

Eva Pietschmann