

Schwingungsbelastung beim Reiten - Experimentelle Pilotstudie*

Einleitung: Anträge von Berufsreitern zur Anerkennung von Rücken- und Wirbelsäulenbeschwerden als berufsbedingte Erkrankung gaben Anlaß zur nachfolgenden Untersuchung. Die Berufsgenossenschaften definieren "Bandscheibenbedingte Erkrankungen der Lendenwirbelsäule" als BK 2110, die unter bestimmten Voraussetzungen durch die Einwirkung mechanischer Schwingungen im Sitzen bei fortgesetzter Einwirkung über Jahre hinweg hervorgerufen werden können. Wichtige Einflußgrößen sind die Schwingungsintensität, die Verteilung der Schwingungsanteile über den Frequenzen und die dabei eingenommene Körperhaltung. Zur Beurteilung der Höhe und Art von Schwingungsbelastungen verfügt das Berufsgenossenschaftliche Institut für Arbeitssicherheit über ausgereifte Meßtechnik für den Einsatz in Fahrzeugen und beweglichen Arbeitsmaschinen. Ziel der orientierenden Messungen war die Abschätzung der Größenordnung der beim Reiten von Pferden auftretenden Belastungen. Die Ergebnisse werden nachfolgend als Kurzübersicht dargestellt; - in diesem Rahmen ohne Bezugnahme auf Untersuchungen zur Biomechanik des Reitens mit anderen Meßverfahren.

Material und Methodik: Meßorte waren als Einleitungsstelle der Schwingungen in den Körper des Reiters je ein Meßpunkt unter und auf dem Sattel. Unter dem Sattel waren zwischen den Trachten über einen Winkeladapter drei Beschleunigungsaufnehmer angeschraubt; auf dem Sattel wurden sie in eine speziell angepaßte halbelastische Meßscheibe integriert, alternativ in die Sitzfläche der Reithose eingearbeitet. (Foto ?). Die Meßrichtungen erfolgte in drei Achsen: x (vor- und rückwärts), y (rechts und links) und z (auf- und abwärts) in Richtung der Wirbelsäulenbewegungen des Reiters. Die Meßwerte wurde durch einen Meßverstärker via Kabel im Aufzeichnungsgerät mit Kalibriergenerator erfasst. Die Analyse von Pegelschrieb, a_w -Werten und Frequenzen wurde mittels Schnellschreiber, Pegelstatistik- und Mitteilungsrät, Ganzkörperfilter und Frequenzanalysator durchgeführt.

Diese Meßeinrichtung ist relativ groß dimensioniert und schwergewichtig, doch war ihr Einsatz für die gewählte Fragestellung erforderlich, um eine Bezugnahme der Meßergebnisse der Reituntersuchung auf vorhandene Referenzwerte aus Maschinen und Fahrzeugen zu ermöglichen. Deshalb wurde zunächst eine außergewöhnliche Untersuchungsanordnung gewählt: Auf einem Hochgeschwindigkeitslaufband (Mustang, Fa. Kagra) ging eine neunjährige Warmblutstute - als Reitpferd gut ausgebildet und mit großer Laufbänderfahrung - unter einer erfahrenen Reiterin im Schritt (1,5 m/s) Trab (3,5 m/s) und Galopp (6 m/s). Diese Versuchsanordnung gestattete darüberhinaus die nahezu isolierte Erfassung der reinen

Schwingungsbelastung in der geradlinigen Vorwärtsbewegung bei passivem Sitz des Reiters. Zusätzlich wurden die gleichen Meßwerte in aktivem Reiten auf dem Zirkel (\varnothing 12 m) eines runden Paddocks mit flachem, ebenem Sandboden bei Vorwärtsbewegung in den drei Gangarten auch auf gebogener Linie, jeweils rechte und linke Hand, sowie mit und ohne Nutzung der Steigbügel ermittelt. Die Meßeinrichtung war auf einem drehbaren Tisch im Zirkelmittelpunkt positioniert, die Kabel wurden von einem Helfer geführt.

Für die Beurteilung der Schwingungseinwirkung wurden folgende Meßgrößen nach gegebener Faktoren- und Formelberücksichtigung benutzt:

- Effektivwert der unbewerteten Beschleunigung = $a(t)$ an der Schwingungseinleitungsstelle gewonnen mit der Integrationskonstanten 0,125 s; die daraus abgeleitete bewertete Beschleunigung = $a_w(t)$ erfolgte nach der für die Gefährdungsbelastungsbeurteilung üblichen Frequenzbewertung nach ISO 2631-1:1997. Das Beurteilungsmaß ist die Schwingungsdosis in Zeiteinheit; die kritische Beurteilungsschwingstärke entspricht der Gesamtschwingungsbelastungsdosis (K_r) üblicherweise bezogen auf acht Stunden. Dieser Wert beträgt mindestens 16,2 (dimensionslos), zugrunde liegen Beschleunigungsgrößen (a_w) von $0,81 \text{ m/s}^2$. Dagegen beträgt bei stoßhaltigen Schwingungen K_r mindestens 12,5 bei zugrundeliegenden Beschleunigungsgrößen (a_w) $0,63 \text{ m/s}^2$.

Meßergebnisse und ihre praktische Beurteilung: Relevant für die angegebene Fragestellung ist hauptsächlich die z-Achse (vertikale Meßrichtung in Wirbelsäulenrichtung) mit folgenden

Meßwerten:	Schritt	0,85 - 1,25 m/s^2	K_{eq} 17 - 25
	Trab + Galopp	5,75 m/s	K_{eq} 115
	dto. Laufband	6,3 - 7,65 m/s	K_{eq} 126 - 153

Bezogen auf die aus technischen Messungen ermittelten Grenzwerte würde eine rein rechnerische Beurteilung bedeuten, daß unter Anwendung der aus Fahrzeug- und Maschinenmessungen ermittelten Grenzbelastungswerte nur 10 bis 16 Minuten getrabt oder galoppiert werden dürfte - bzw. unter zusätzlicher Berücksichtigung der Stoßhaltigkeit sogar nur 6 bis 10 Minuten! Die entsprechenden Meßwerte auf dem Laufband lagen sogar noch höher - dem Reiter durch den stumpferen Bewegungsablauf des Pferdes subjektiv deutlich fühlbar - demzufolge lagen die rechnerischen Zeitlimits bis zum Erreichen der kritischen Intensität bei 5 bzw. 3 Minuten.

Der Vollständigkeit halber seien auch die anderen Meßrichtungen angeführt: In der y-Achse (Schulter-Schulter) betragen die Beschleunigungsgrößen (a_w) im Galopp beim natürlichen Reiten

0,71 - 1,1 m/s² mit K_{eq} 20 - 30 und auf dem Laufband 2,1 - 2,5 m/s² mit K_{eq} 60 - 70. In der x-Achse (Rücken-Brust) betragen die Beschleunigungsgrößen (a_w) in allen drei Gangarten und Versuchsanordnungen durchweg 1,8 - 5,3 m/s² mit K_{eq} 50 - 147.

Eine Berücksichtigung der Stoßhaltigkeit einer Schwingungsbelastung hat dann zu erfolgen, wenn der Crestfaktor definiert als Quotient des maximalen (Peak-) Wertes und dem Effektivwert den Wert 9 übersteigt. Im vorliegenden Fall der Reitmessungen beträgt der Crestfaktor 2,8 - daher bleibt die Stoßhaltigkeit irrelevant.

Hinsichtlich der Materialermüdung, welche bei den biologischen Geweben des Rumpfes vorwiegend durch die Beschleunigungswerte in Beziehung auf die Kompressionskräfte und -drücke, welche auf die Wirbelsäule (hauptsächlich im Lendensegment L5/S1) einwirken, sind die nachfolgenden Meßwerte zu berücksichtigen: Die unbewertete Maximalbeschleunigung (a_{peak}) betrug 24,2 m/s² = 2,6 kN, die bewertete Maximalbeschleunigung (a_{peak}) 17,5 m/s² = 1,7 kN.

Zum Vergleich seien Meßwerte aus anderen Studien angeführt: Beim Sitzen in Fahrzeugen entstehen 2 kN unbewertet und 1,7 kN bewertet; für das Heben und Tragen bedeuten Werte größer als 3,4 kN ein erhöhtes Risiko für die Lendenwirbelsäule - Frauen sollten Werte von 2,5 kN und Männer solche von 3,2 kN nicht überschreiten, und eine zuträgliche Dauerbelastbarkeit liegt nur zwischen 20 - 40 % des Mittelwertes. Der höchste Kompressionsdruck betrug beim Reiten 27 % der mittleren Bruchfestigkeit.

Schlußfolgerungen: Die Meßergebnisse beim Reiten mit dem aus den Arbeitsuntersuchungen stammenden Meßinstrumentarien, Analyse- und Bewertungsverfahren zeigen im Trab und Galopp hohe, in z-Richtung (vertikal) sehr hohe Werte. Mechanische Schwingungen werden jedoch nicht nur durch Größe, Ausschlag, Geschwindigkeit und Beschleunigung definiert, sondern auch durch ihren zeitlichen Verlauf, der harmonisch, periodisch oder stochastisch (ungeregelt) sein kann. Somit ist eine Gefährdungsbeurteilung der Schwingungsbelastung beim Reiten durch direkte Anwendung der aus rein technisch verursachten mechanischen Schwingungen, die überwiegend stochastisch sind, nicht möglich. Beim Reiten ergeben sich im Unterschied dazu dynamische Kraftverläufe (Wechselast) mit Schwingungsanteilen um 2 Hz, die durch einen determinierten Verlauf gekennzeichnet sind. Der Bewegungsablauf während des Reitens ist harmonisch und rhythmisch. Die Biomechanik der Pferdegangarten sind dem menschlichen Bewegungsrepertoire vertraut und ähnlich. Der Wirkungsmechanismus der beim Reiten auftretenden Schwingungsbelastung läßt sich somit nicht nach Bewertungskriterien aus stochastischen Schwingungen erfassen, was durch die praktischen Erfahrungen bestätigt wird.

Ein geübter, gut sitzender Reiter kann den Bewegungsverlauf vorausahnen und sich propriozeptiv darauf einstellen. Es kommt zwar zu Überschreiten der Dauerbelastbarkeit, jedoch resultiert eine

tatsächliche Gefährdung nur bei Langzeitbelastung unter unzureichender Konditionierung. Diese ist vor allem als Erfordernis einer guten körperlichen Gesamtverfassung bei hoher und lang einwirkender Reitbelastung zu sehen und begründet den Bedarf nach ausreichendem muskulärem Trainingszustand. Die Beanspruchung durch Reiten sollte durch geeignete gymnastische und regenerierende Maßnahmen ausgeglichen werden - die gleichlautenden, einschlägigen in der Praxis jedoch noch immer zu wenig berücksichtigten Empfehlungen erhalten durch diese Untersuchung eine eindrucksvolle Bekräftigung. Weitere epidemiologische Studien sind angezeigt.

* In englischer Sprache als Poster-Beitrag auf dem 4. International Workshop on Animal Locomotion (IWAL 24. -26. May 2000, Wien) "Vibration load of the Rider during exercise on horseback" vorgestellt: **Heipertz-Hengst, C.**¹, Fischer, S.², Göres, B.², Sayn, D.², Homuth, H.P.³

¹ IAS Institut für angewandte Sportwissenschaften, Mozartstr. 18 D 65779 Kelkheim

² BIA Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit, D St, Augustin

³ VBG Verwaltungsberufsgenossenschaft D Mainz

Literaturauszug:

DIN EN 30 326 Mechanische Schwingungen, Laborverfahren zur Bewertung der Schwingungen von Fahrzeugsitzen. Teil 1: Grundlegende Anforderungen. Juni 1994

ISO 2631-1: 1997 Mechanical Vibration and Shock - Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration - Part 1: General Requirements

Fischer S., Göres B., Heipertz-Hengst C., Homuth H.-P., Sayn D.: Schwingungsbelastung beim Reiten von Pferden. Arbeitsmedizin 1/2000, 35. Genter Verlag Stuttgart, 5 - 9

Heipertz-Hengst C: Die Wirbelsäule im Reitsport - Reaktionen und Repairmechanismen. In: Liesen et al. (Hrsg.): Regualtions- und Repairmechanismen. Deutscher Ärzteverlag, Köln, 1994. 89 - 901

Heipertz-Hengst C.: The Horserider's Spine during Exercise. In: Steinacker J.M., Ward S.A. (ed.): The Physiology and Pathophysiology of Exercise Tolarance. Plenum Press, New York, London. 1994, 233 - 238

Konietzko J., Dupuis H.: Handbuch der Arbeitsmedizin. 16. Erg. Lfg. 4/96