

Aluminiummatrixverbundwerkstoffe im Hufbeschlag

Teil 2: praktische Erprobung bei Reitpferden

J. Anich, Ch. Stanek und Christine Hinterhofer

Universitätsklinik für Orthopädie bei Huf- und Klauentieren, Veterinärmedizinische Universität Wien

Zusammenfassung

Nachdem die Herstellung von handgeschmiedeten Hufeisen (glattschenkelige Pantoffelhufeisen mit Stiften oder Stollen) aus Aluminiummatrixverbundwerkstoffen und der Beschlag von toten Hufen erfolgreich verlaufen war (Teil 1), wurden 22 ausgewählte Reitpferde verschiedenster Rassen, jedoch ähnlicher Haltungsbedingungen und Verwendung, beschlagen. Eine partikelverstärkte Knetlegierung diente als Ausgangsmaterial für Hufeisen von 10 Pferden (SERIE A), in der Folge wurden 12 Pferde mit handgeschmiedeten Hufeisen aus einer partikelverstärkten Gußlegierung beschlagen (SERIE B). Das Richten und Fertigstellen der Hufeisen erfolgten vor Ort in den Stallungen.

Nach einer Beschlagsdauer von 8–28 Tagen in SERIE A (partikelverstärkte Knetlegierung) und 14–43 Tagen in SERIE B (partikelverstärkte Gußlegierung) mußten die, zum größten Teil stark abgelaufenen und beschädigten Hufeisen abgenommen werden. Zudem war in SERIE A ein Abbrechen der mittleren Zehenkappen und eine Verlagerung der Hufeisen nach plantar/palmar festzustellen. Aluminium-Matrixverbundwerkstoffe stellen unter den gegebenen Möglichkeiten bei normaler Reitpferdverwendung keine Alternative zum bewährten Stahlbeschlag dar.

Schlüsselwörter: Reitpferde, Aluminium, Matrixverbundwerkstoffe, Hufeisen, Beschlagsdauer

Aluminium matrix composites – a new material in horseshoeing

Part 2 – practical testing in riding horses

Handmade horseshoes of particulate reinforced wrought alloy (metal matrix composites) were tested on 10 selected riding horses (SERIES A). In a second step particulate reinforced foundry alloy was forged into plain fullered horseshoes with studs or tungsten carbide pins and nailed on another 12 selected riding horses (SERIES B). In both series the horses were of different size and breeding but were kept in similar housing systems and worked on comparable grounds. After a shoeing period of 8–28 days in SERIES A and 14–43 days in SERIES B the shoes had to be removed as massive wearing and breakage of the horseshoes had taken place. In SERIES A most of the horseshoes also had broken off clips and the horseshoes were slipping backwards on the hooves. Using aluminium matrix composites is not yet an alternative way to traditional horseshoeing with steel plates in riding horses.

keywords: riding horses, aluminium, matrix composites, horseshoe, shoeing period.

Einleitung

Die Herstellung von Hufeisen aus dem Werkstoff Stahl bringt sehr breite Möglichkeiten der Verarbeitung und verleiht den Beschlägen eine durchaus gute Haltbarkeit bezüglich des Verschleißes. Die Nachteile liegen in der relativ hohen Masse und der fehlenden Elastizität des Eisens (Ruthe, 1959). Um diese Nachteile auszugleichen, wird ständig nach neuen Werkstoffen im Hufbeschlag gesucht (Hertsch, 1995).

In den letzten Jahren gewannen zusehends Aluminiumlegierungen Anklang auch im Reitpferdebeschlag. Stollen und Stifte können an diesen Hufeisen angebracht werden, die Haltbarkeit des Beschlages liegt jedoch weit unter der von Stahlhufeisen (Butler, 1995). Hickman and Humphrey (1988) berichten über Versuche, die Haltbarkeit von Aluminium durch Legierungen mit Wolframkarbid zu erhöhen. Die daraus geschmiedeten Hufeisen sind zwar in ihrer Abriebfestigkeit verbessert, ein häufiges Verbiegen am Huf schränkt ihre Verwendung jedoch ein.

Metallmatrixverbundwerkstoffe (engl. MMC metal-matrix-composite) sind Werkstoffe, die aus meist zwei unterschiedlichen Phasen, in diesem Fall aus Metall und Keramik, bestehen. Die Eigenschaften des Verbundwerkstoffes stellen eine Kombination der Grundeigenschaften dar, man erwartet sich eine Kombination von geringer Dichte und hoher Festigkeit. Dennoch sind der Literatur bisher keine Angaben zum Einsatz dieser Hightechwerkstoffe im Hufbeschlag zu entnehmen. Nach Klärung der technischen Voraussetzungen des Schmiedens, der Bearbeitung und des Richtens dieser Werkstoffe (Anich, 1996; Anich et al., 1997) sollten im zweiten Teil dieser Studie auch die Vor- und Nachteile des Hufbeschlages mit diesen Materialien abgeklärt werden.

Diese Arbeit soll im Vorfeld einer eventuellen industriellen Herstellung von Hufeisen aus Aluminiummatrix-Verbundwerkstoffen stehen, da weder Literaturangaben, noch sonstige Erfahrungen im Hufbeschlag mit diesen, bisher auch

in technischen Bereichen noch eher wenig in Gebrauch befindlichen Werkstoffen, verfügbar waren.

Material

Insgesamt wurden 22 Reitpferde mit teilchenverstärkten Aluminiumhufeisen beschlagen. Dabei handelte es sich in allen Fällen um gleichschenkelige, gefalzte Hufeisen, die mit Hartmetallstiften oder Stollen aus Stahl bestückt wurden. Die Hufeisen wurden in SERIE A (partikelverstärkte Knetlegierung W 6 A.22A, bestehend aus 22 ± 2 Vol.% Al_2O_3 , eingebettet in einer Matrix, die im internationalen Legierungsregister unter der Bezeichnung AA6061, nach der ISO-Norm AlMg1SiCu zu finden ist (Hufnagel, 1988), Hersteller Fa. Duralcan, San Diego, USA; Langfabrikat KERAMAL® 6061 / Al_2O_3 / 22p - T6, Dichte $2,95 \text{ g/cm}^3$, Herstellung Fa. Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen, Österreich), wie auch in SERIE B (partikelverstärkte Gußlegierung, F 3 S, 20S-T6, bestehend aus Siliciumcarbidpartikel - 20 Vol.% SiC -, eingebettet in einer Matrixlegierung 80 Vol.% AlSi9Mg, Hersteller Fa. Duralcan, San Diego, USA; Herstellung der Langfabrikate, Dichte $2,77 \text{ g/cm}^3$, Fa. Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen, Österreich) aus Rechteckprofilen der Dimension $25 \times 10 \text{ mm}$ geschmiedet (Anich et al., 1997).

Alle Pferde waren vor dem Beschlag mit Aluminiummatrixhufeisen bereits über längere Zeit mit handelsüblichen Stahlhufeisen beschlagen worden. Dabei konnten für handelsübliche Hufeisen aus Stahl mit Stiften oder Stollen Beschlagsperioden von 6 bis 8 Wochen erreicht werden. Die Verwendung dieser Hufeisen konnte über zwei Beschlagsperioden erfolgen, sodann mußten sie aufgrund von Verschleißerscheinungen am Stahl gegen neue Hufeisen ausgetauscht werden. Bei keinem der 22 ausgewählten Pferde mußten die Hufeisen in der Vorperiode vor dem Ende der zweiten Beschlagsperiode aufgrund größerer Materialmängel ausgetauscht werden. In der letzten Beschlagsperiode vor der Erprobung der Aluminiumbeschläge waren 2 von 80 Hufeisen vorzeitig locker geworden und mußten erneut genagelt werden bzw. die Eisen waren verloren gegangen. Die Tiere wurden auch nach Abschluß der Versuchsreihe mit den Aluminiumbeschlägen weiterhin beschlagsmäßig betreut.

Für die Auswahl der Pferde war eine annähernd korrekte Gliedmaßenstellung, Zehenstellung und Zehenachse, mittlere bis gute Hornqualität sowie das Fehlen von pathologischen Hufformen von Wichtigkeit. Vor der Abnahme der Stahlhufeisen und dem Beschlag mit den Aluminiummatrixhufeisen erfolgte in beiden Serien eine Aufnahme der biomechanischen Parameter der ausgewählten Beschlagsprobanden durch Beurteilung im Stand der Ruhe und in der Bewegung.

Diese Beurteilung der Pferde erfolgte vor und nach der Hufkorrektur. Nach einer Beurteilung im Stand der Ruhe von vorne, von hinten, von der Seite und an aufgehobener Extremität, sowie einer Beurteilung der Gliedmaßen am vorgeführten Pferd war es Ziel der Hufkorrektur, die bestehenden

Belastungsverhältnisse weitgehend zu erhalten. In diesem Rahmen wurde bei den jüngeren Pferden versucht, die Hufe in eine regelmäßige Form und Winkelung überzuführen, wobei ein Passen des Hufes zum Fesselstand sowie plane Fußung angestrebt wurde. Ältere Tiere wurden unter Belastung der vorgegebenen Brechung der Zehenachse beschlagen. Die ermittelten Daten wurden in Formblätter eingetragen, etwaige Änderungen der Hufbalance durch die Hufkorrektur wurden zusätzlich vermerkt. Ebenso berücksichtigt wurde die Abnutzung der Stahlbeschläge in der letzten Beschlagsperiode, sowohl hinsichtlich der Art der Abnutzung als auch hinsichtlich der Stärke des Verschleißes.

Bei der Auswahl der Pferde wurde bewußt einem vielseitigen Verwendungszweck großes Gewicht beigemessen, es sollte vermieden werden, nur eine eng begrenzte Gruppe einzubeziehen. Entsprechend dem Marktvolumen konzentrierte sich das Interesse auf im Reitsport eingesetzte Tiere. Neben der Abnutzung der Hufeisen beim Reiten wurden auch die Haltungsbedingungen berücksichtigt, um den Verschleiß der Hufeisen im Stall und im Auslauf beziehungsweise auf der Weide nicht außer acht zu lassen (Tab. 1, 2). Die aus der teilchenverstärkten Knetlegierung (SERIE A) hergestellten Hufeisen wurden an 10 Pferden ausgetestet. Die Erprobung der teilchenverstärkten Gußlegierung (SERIE B) erfolgte an 12 ausgewählten Reitpferden. Nationale, Haltungsbedingungen und die Reitgewohnheiten bei den zur Untersuchung herangezogenen Tieren sind Tabelle 1 und 2 zu entnehmen. Der Beschlag erfolgte direkt in den Stallungen, die mit einem für den erwerbsmäßigen Hufbeschlag eingerichteten Kleinlastkraftwagen besucht wurden, er wurde durch den Erstautor, der Tierarzt und geprüfter Hufschmied ist, durchgeführt. Er fällt auch den Entscheid zur Beschlagserneuerung. Ein Neubeschlag erfolgte, wenn mehr als die Hälfte der Eisenstärke abgenutzt war. Die Hufeisen wurden in der Schmiede fertiggestellt, nur in wenigen Fällen erfolgte das Anbringen von Stiften oder Stollen in der fahrenden Schmiede vor Ort. Der Beschlag erfolgte kalt, es wurden 4 Nägel E 4, J 1 bei den Isländern, 6-7 Nägel E 5, JC 2 bei den Warmblutpferden sowie 7 bis 8 Nägel E 5, JC 3 bei den Norikern geschlagen. Alle verwendeten Hufeisen hatten nach ihrer Fertigstellung annähernd die Breite und Stärke des Ausgangsmaterials ($25 \times 10 \text{ mm}$), sowohl am Schuß als auch an den Schenkeln wurde weder aufgestaucht noch gestreckt. Entsprechend dem Verwendungszweck der Pferde wurden die geschmiedeten Hufeisen mit Stiften oder Stollen fertiggestellt (SERIE A und SERIE B). Jene Pferde, die auch im Gelände geritten wurden, erhielten mit Stollen (Steckstollen oder Konusstollen) bestückte Beschläge.

SERIE A

Alle Vorderhufeisen wurden mit mittleren Zehenkappen geschmiedet, die Hinterhufeisen zunächst mit zwei seitlichen Zehenkappen. Im Laufe der Erprobung der Hufeisen aus der Knetlegierung wurden auch Hinterhufeisen mit einer mittleren Zehenkappe und einer äußeren seitlichen Zehen-

kappe aufgenagelt. In einer ersten Beschlagsgruppe (TEILGRUPPE A 1) von fünf Pferden wurde die teilchenverstärkte Knetlegierung ausgetestet. Da noch keine Erfahrungen mit dem Material in Verwendung am Pferd vorlagen, wurde zunächst eine Kontrollperiode von 3 Wochen festgelegt. Innerhalb dieser Zeit konnte eine wöchentliche Überprüfung der Hufeisen erfolgen. Zwei Pferde innerhalb dieser Gruppe wurden an zwei diagonalen Hufen mit den bisher an diesen Pferden verwendeten Stahlhufeisen beschlagen. Sodann wurden an fünf weiteren Pferden (TEILGRUPPE A 2) teilchenverstärkte Aluminiumhufeisen aufgeschlagen. Die Beschläge wurden ebenfalls in wöchentlichen Intervallen kontrolliert.

SERIE B

Die Vorderhufeisen erhielten bis auf zwei Hufeisen, die ohne Kappen geschmiedet wurden, in allen Fällen mittlere Zehenkappen. An den Hinterbeinen wurden bis auf zwei Pferde alle Hufe mit Beschlägen mit seitlichen Zehenkappen beschlagen. Alle 12 Pferde dieser Serie wurden mit glattschenkeligen Pantoffelhufeisen beschlagen, die aus der teil-

chenverstärkten Gußlegierung geschmiedet wurden. Die Kontrolle der Beschläge erfolgte eine Woche nach dem Beschlagstermin, in der Folge wurden die Pferde in vierzehntägigen Abständen nachkontrolliert. Zwei Pferde wurden diagonal mit Stahlhufeisen beschlagen, bei zwei weiteren Pferden wurden alle Hufeisen ohne Kappen aufgenagelt. Die statistische Auswertung beider Serien erfolgte mit dem Statistikpaket SPSS for MS windows 6.0.

Ergebnisse

Beschlagsdauer, Hufeisenverluste sowie Eisenbruch und Verrutschen der Eisen sind summarisch in den Tabellen 1 und 2 aufgeführt. Danach wurde für die Serie A eine Beschlagsdauer zwischen 10 und 28 Tagen erreicht ($n = 10$; $\text{mean} = 18,7 \text{ d}$, $\text{SD} = 7,1 \text{ d}$). Sowohl an Vorder- als auch an Hintergliedmaßen trat eine sehr geringe Verschleißbeständigkeit zutage. In keinem Fall konnte ein Beschlag eine zweite Beschlagsperiode eingesetzt werden. Zusätzlich brachen bei 3 Beschlägen Schenkel bzw. Schenkelenden. Bei den aus der Knetlegierung hergestellten Beschlägen

Tab.1: Nationale, Haltungsbedingungen und Reitgewohnheiten der beschlagenen Pferde, Beschlagsdauer, Hufeisenverluste, Art des Defektes und Lageveränderungen der Hufeisen in SERIE A (KM = Körpermasse in kg; d = Tage/Tage; VE = Vorderextremität, HE = Hinterextremität)

Pferd Nr.	Geschlecht, Alter, Verwendung, KM	Einstreu	Koppelgang Dauer tägl./ Boden	Reiten/ Woche	Beschlagsdauer (d)	Hufeisen-Verlust (nach d)	Abgebrochene Hufeisenteile	Lageveränderung der Hufeisen
1	Wallach, 11 J, Dressur, 550	Sägespäne	-	4-5 x Halle 1 h	10	-	VE li Zehenklappe	VE li Hufeisen 1 cm Palmar
2	Wallach, 6 J, Springen 600	Sägespäne	-	4-5 x Halle 1 h	12	-	-	HE beidseitig 4-5 mm plantar
3	Wallach, 7 J, Dressur, 500	Sägespäne	-	4-6 x Halle 1 h	19	-	HE re äußere seitl. Zehenkappe	HE bds 6-8 mm plantar u. lateral
4	Wallach, 6 J, Springen, 500	Stroh	5-6 h / tägl. Erdboden	2-3 x Wald ³ / ₄ h	19	-	HE re 12 d mittl. Zehenkappe	HE re 4 mm plantar
5	Stute, 7 J, Noriker, Freizeit, 700	Stroh	-	2-3 x Wald ³ / ₄ h	16	-	HE re 3.d lat. Schenkel, 16 d plantar mittl. Zehenkappe	HE re 3 mm
6	Stute, 6 J, Noriker, Freizeit, 680	Stroh	4 h / tägl. Erdboden	2-3 x 1 h Wiese	8	-	HE li mittlere Zehenklappe	HE li, plantar u. lateral
7	Wallach, 14 J, Freizeit, 500	Stroh	-	3-4 x 1 h Wiese	25	(VE li 10 d) HE re 25 d	Schraubstollen HE re verloren	HE li, 5 mm plantar
8	Wallach, 12 J, Freizeit 600	Stroh	-	1-2 x 1 h Wiese	24	-	VE li Innerer Schenkel	-
9	Stute, 21 J, Freizeit, 550	Sägespäne	-10 h/tägl. Wiese	2-3 x 1 h Reitplatz	28	-	VE li mittlere Zehenklappe	-
10	Wallach, 14 J, Dressur, 600	Sägespäne	2 h/tägl. Sandauslauf	5-6 x 1,5 h Halle	26	VE re 26 d	-	-

kam es überwiegend an den Beckengliedmaßen zu einem Verschieben der Eisen infolge von Bruch der Kappen (Abb. 1). Bei der Gußlegierung (Serie B) wurde diese Erscheinung nicht beobachtet. Für diese Serie wurde eine Beschlagsdauer zwischen 14 Tagen bei einer Norikerstute und 43 Tagen bei einem Isländer ($n = 12$; mean = 29,3 d, SD = 2,5 d) ermittelt. Der Unterschied zwischen Serie A und Serie B ist statistisch abgesichert (t -test $p = 0,019^*$).

Diskussion

Im Rahmen dieser Studie sollte eine im Hufbeschlag bisher unbekannte Werkstoffgruppe getestet werden. Dabei ging man von der Überlegung aus, die geringe Dichte von partikelverstärkten Aluminiumlegierungen gegenüber Stahl und ihre höhere Widerstandsfähigkeit gegen Verschleiß im Vergleich zu Reinaluminium (Degischer et al., 1992) im Hufbeschlag zu nützen. Nach Vorstudien, u.a. auch an Leichen-

teilen, wurden 22 ausgewählte Reitpferde mit den handgeschmiedeten Hufeisen der Knet- und der Gußlegierung beschlagen (Anich et al., 1997). Diese Reitpferde erwiesen sich durch nur geringfügige Abweichungen von Gliedmaßen- und Zehenstellung, durch gute Hufhornqualität und geringe Hufeisenverluste in früheren Beschlagsperioden als geeignete Probanden. Alle Pferde wurden auch nach Abschluß der Versuche weiterhin beschlagsmäßig betreut.

Da noch keine Erfahrungen mit Matrixverbundwerkstoffen als Hufeisen vorhanden waren, wurde trotz der hohen Erwartungen an den Werkstoff zunächst mit Ergebnissen gerechnet, die der spärlichen Literatur nach für andere Aluminiumlegierungen angegeben wurden. Butler (1995), Hickman (1977), Hickman und Humphrey (1988) sowie Hermans (1992) berichten zwar über den erfolgreichen und heute bereits etablierten Einsatz von Aluminium und seinen Legierungen im Rennpferdebeschlag, doch gerade hier spielen Verschleißprobleme an den Hufeisen aufgrund der

Tab.2: Nationale, Haltungsbedingungen und Reitgewohnheiten, Beschlagsdauer, Hufeisenverluste und Art des Defektes an den Hufeisen der beschlagenen Pferde in SERIE B (KM = Körpermasse in kg; d = Tage/Tage; VE = Vorderextremität, HE = Hinterextremität)

Pferd Nr.	Geschlecht, Alter, Verwendung, KM	Box/Einstreu	Koppelgang Boden	Reiten/Woche	Beschlagsdauer	Hufeisen-Verlust (Tg)	Abbrechen von Hufeisenteilen
11	Wallach, 14 J, Isländer Gangpferd 380	Laufstall-Stroh	12 h Paddock 12 h Weide	1-2 x 1 h Waldweg	43	-	-
12	Wallach, 22 J, Isländer Gangpferd 350	Laufstall-Stroh	12 h Paddock 12 h Weide	1-2 x 1 h Waldweg	37	-	-
13	Stute, 6 J, Dressur	Stroh	7 h. tägl. Erde/Weide	3-4 x 3/4 h Sand	32	-	VE li Mitte Schuß + Kappe gebrochen
14	Wallach, 8 J, Dressur 550	Stroh	2-3 h tägl. Erdboden	3 x Viereck 3 x Gelände	37	-	VE re Schuß lat. der Mitte gebrochen, Kappe abgebrochen
15	Stute, 8J, Dressur-Schulpferd, 450	Sägespäne	2 h tägl. Sandauslauf	5-6 x 2 h Sand	34	-	-
16	Wallach, 9 J, Dressur-Schulpferd, 650	Sägespäne	2 h tägl. Sandauslauf	3-6 x 2 h Sand/ Sägespäne	30	-	HE li Mitte Schuß abgebrochen, VE re Zehenkappe abgebrochen
17	Wallach, 14 J, Dressur-Schulpferd, 600	Sägespäne	2-3 h tägl. Sandauslauf	6 x 2 h Sand	28	VE li (28)	-
18	Wallach, 14 J, Dressur 550	Sägespäne	2-3 h tägl. Sandauslauf	7 x 1 h Hallenboden	34	Ve li (34)	-
19	Stute, 7 J, Noriker, Freizeit, 700	Stroh	Weidegang 5-6 h tägl.	2-3 x	23	-	Ve li Schuß (lat.) abgebrochen, HE re lat. Schenkel gebrochen
20	Stute, 10 J, Noriker, Freizeit, 680	Stroh	Weidegang 5-6 h tägl.	1-2 x 3/4 h Waldwege	14	-	HE re Mitte Schuß abgebrochen
21	Stute, 4 J, Noriker Freizeit 650	Stroh	Weidegang 5-6 h tägl.	3-4 x 3/4 h Sand	18	-	Ve li Schenkelende abgebrochen
22	Stute, 11 J, Österr. Wbl., 550	Stroh	Weidegang 3-6 h tägl.	4-5 x 1 h Sand	22	-	Ve li Schuß abgebrochen

kurzen Beschlagsperioden und des weichen Untergrunds kaum eine Rolle. Als einziger Autor schreibt *Butler (1995)* über den möglichen Einsatz von Aluminium für Reitpferdebeschläge, erwähnt jedoch eine geringere Abriebfestigkeit als Stahlhufeisen. Hier hat auch der Einsatz von MMC in den untersuchten Qualitäten keine wesentliche Änderung gebracht.



Abb. 1: Verschiebung eines Hinterhufeisens Serie A (partikelverstärkte Knetlegierung) nach hinten 12 d nach Beschlag.

Plantar displacement of a hind shoe, series A (particle reinforced foundry alloy).

In SERIE A wurde zunächst eine TEILGRUPPE 1 von fünf Pferden mit den Hufeisen aus der Knetlegierung beschla-

gen. Einen direkten Vergleich zu den Stahlbeschlägen sollten die beiden diagonal mit Aluminium- bzw. Stahlhufeisen beschlagenen Pferde ermöglichen. Bereits hier zeigten sich die Unterschiede in der Abnutzung, Die Vorstellung, einen Werkstoff in den Hufbeschlag einzuführen, der zu seiner geringen Masse ähnliche Verschleißigenschaften wie Stahl haben sollte, spiegelte sich in den Anfängen dieser Studie in großem Enthusiasmus seitens der Betreiber dieses Projektes, wie auch zahlreicher Pferdebesitzer wider. Die Pferdebesitzer berichteten über die positive Beeinflussung des Gangbildes ihrer Pferde aufgrund des leichten Gewichtes der Hufeisen, zahlreiche andere Reiter, besonders aus dem Dressursport, bekundeten reges Interesse, diese Hufeisen an ihren Pferden ausprobieren zu wollen.

Bereits nach einer Beschlagsdauer von 10 Tagen mußte jedoch das erste Pferd umbeschlagen werden, innerhalb von 19 Tagen auch alle anderen Pferde dieser Teilgruppe. Ähnlich waren die Ergebnisse in TEILGRUPPE 2, wobei hier die Beschlagsdauer zwischen 8 und 28 Tagen lag. Die Beschlagsdauer von 1 bis 4 Wochen zeugte von mangelhafter Verschleißfestigkeit der teilchenverstärkten Knetlegierung, da an ausnahmslos allen Hufeisen gravierende Abrieberscheinungen auftraten (Abb. 2,3). Zudem war das Abbrechen von Hufeisenteilen einer der Hauptgründe für das erneute Umbeschlagen nach so kurzer Zeit.

Die in der Literatur für Stahlhufeisen angegebene, minimale Beschlagsdauer von 6–8 Wochen (*Butler, 1995; Habacher, 1948; Hickman u. Humphrey, 1988; Stashak, 1989; u.v.a.*) wurde somit stark unterschritten. Die an zwei Pferden dia-

Bisolvomycin® Für Tiere: **Zusammensetzung:** 1 ml Injektionslösung enthält: 3 mg Bromhexinhydrochlorid, 50 mg Oxytetracyclinhydrochlorid, 20 mg Lidocain. **Anwendungsgebiete:** Zur kombinierten antibakteriellen und sekretolytischen Behandlung von Atemwegserkrankungen bei Rind, Pferd, Schwein, Hund und Katze. Rind: akute und chronische Bronchitis, akute Bronchopneumonie, Viruspneumonie (Kälbergrippe, Händlergrippe), Sekundärerkrankungen nach Lungenwurmbefall, pneumonische Erscheinungen nach Fruchtwasserrespiration bei Kälbern. Pferd: akute und chronische Bronchitis, Pneumonie, Bronchopneumonie, Drüse. Schwein: akute und chronische Bronchopneumonie, enzootische Pneumonie (Ferkelgrippe), Rhinitis. Hund: Rhinitis, Bronchitis, akute und chronische Bronchopneumonie, eitriche Konjunktivitis im Verlauf der Staupe, Tonsillitis, akute Laryngitis, Pharyngitis. Katze: akute und chronische Bronchopneumonie, akute Laryngitis, Pharyngitis. **Gegenanzeigen:** Resistenz gegenüber Tetracyclinen, schwere Leber- und Nierenfunktionsstörungen. **Nebenwirkungen:** Keine bekannt. **Wartezeit:** Rind, Kalb, Pferd, Schwein: eßbares Gewebe: 10 Tage, Milch: 4 Tage. **Verschreibungspflichtig.**

Bisolvomycin® sulfa Für Tiere: **Zusammensetzung:** 1 g Pulver enthält: 1 mg Bromhexinhydrochlorid, 20 mg Oxytetracyclinhydrochlorid, 30 mg Sulfadiazin sowie: Lactose. **Anwendungsgebiete:** Zur Behandlung infektiöser Atemwegserkrankungen bei Pferden, Schweinen und Kälbern. **Gegenanzeigen:** Infektionen mit tetracyclin-resistenten Erregern; schwere Leber- und Nierenfunktionsstörungen. **Nebenwirkungen:** Bei gestörtem Flüssigkeitshaushalt ist die Gefahr einer Nierenfunktionsstörung erhöht. Oxytetracyclin kann zur Leberschädigung führen. Die Anwendung im Wachstumsalter erfordert eine strenge Indikationsstellung, da Oxytetracyclin die Kalzifizierung hemmt und mit hohem Risiko zu einer Braungelbfärbung der Zähne führt. Beim Pferd kann es nach Verabreichung von Tetracyclinen zu schweren Durchfällen kommen. **Wartezeit:** Pferd, Schwein und Kalb: Eßbares Gewebe: 16 Tage. **Verschreibungspflichtig.**

Ventipulmin® Granulat und Gel, Wirkstoff: Clenbuterolhydrochlorid. Für Tiere: Pferde, **Zusammensetzung:** 1 g Granulat enthält: 0,016 mg Clenbuterolhydrochlorid; 1 ml Gel enthält: 0,025 mg Clenbuterolhydrochlorid, sowie 1,8 mg Methyl-4-hydroxybenzoat, 0,2 mg Propyl-4-hydroxybenzoat. **Anwendungsgebiete:** Atemwegserkrankungen, denen Bronchospasmen zugrunde liegen können oder die durch Bronchospasmytika therapeutisch beeinflussbar sind, wie: Husten und Atemnot (Dyspnoe), subakute und chronische Bronchitis und Bronchiolitis, "chronic obstructive pulmonary disease" (COPD). Bei akuten Fällen von Bronchitis und Bronchopneumonie in Verbindung mit Antibiotika und/oder Sulfonamiden sowie möglicherweise Sekretolytika. Prophylaktisch bei Pferden, deren Überempfindlichkeit gegen bestimmte Allergene bekannt ist, vor der entsprechenden Reizwirkung (Stallstaub, Fütterung mit älterem Heu usw.). **Hinweis:** Das Tierarzneimittel ist nur bei Atemwegserkrankungen bei Equiden und unter Aufsicht eines Tierarztes anzuwenden. Für jede Behandlung ist ein gesonderter Nachweis gemäß § 1 Abs. 1 Satz 4 der Verordnung über tierärztliche Hausapotheken (TÄHAV) zu führen. Eine Umwidmung nach § 56a Abs. 2 AMG ist nicht zulässig. **Gegenanzeigen:** Bei tragenden Stuten sollte die Behandlung mit Ventipulmin 1 - 2 Tage vor dem errechneten Geburtstermin abgesetzt werden, da der Wirkstoff wegen seiner wehenhemmenden Eigenschaft den Geburtsverlauf beeinflussen könnte. Bei laktierenden Stuten sollte ebenfalls von einer Ventipulmin-Verabreichung abgesehen werden, da ein möglicher Einfluß des mit der Milch in erheblichem Umfang ausgeschiedenen Wirkstoffs auf das säugende Fohlen bis dahin nicht hinlänglich abgeklärt ist. Nicht bei Masttieren anwenden. **Nebenwirkungen:** Nach peroraler Verabreichung von Ventipulmin wurden im Verlaufe der klinischen Prüfung keine in Kausalzusammenhang mit dem Präparat stehenden Nebenwirkungen beobachtet. Dennoch besteht die Möglichkeit einer Zunahme der Herz- bzw. Pulsfrequenz, deren Dauer individuell unterschiedlich wenige Minuten bis mehrere Stunden betragen kann. Dabei ist auch eine geringgradige Senkung des diastolischen und systolischen Blutdrucks möglich. Desgleichen kann eine Beeinflussung der Atmung erfolgen. Ein Einfluß auf Appetit, Darmbewegungen und -geräusche war nicht festzustellen. **Wartezeit:** 28 Tage. **Verschreibungspflichtig.**

Venti Plus® Für Tiere: Pferde **Zusammensetzung:** 1 g Granulat enthält: 0,016 mg Clenbuterolhydrochlorid (entsprechend 0,01414 mg Clenbuterol), 6,0 mg Dembrexinhydrochlorid (entsprechend 5,246 mg Dembrexin) **Anwendungsgebiete:** Die Kombination einer bronchodilatatorisch und einer sekretolytisch wirksamen Substanz ist indiziert bei Atemwegserkrankungen von Pferden, denen Bronchospasmen verbunden mit Sekretionsstörungen zugrunde liegen, wie Bronchopneumonie, akute, subakute und chronische Bronchitis und chronisch obstruktive Lungenerkrankungen allgemein (COPD). Darüber hinaus stimuliert Venti Plus den Sekrettransport in den tiefen und oberen Luftwegen. Bei akuten Fällen von Bronchitis und Bronchopneumonie ist die Verabreichung in Verbindung mit Antibiotika und/oder Sulfonamiden angezeigt. **Hinweis:** Das Tierarzneimittel ist nur bei Atemwegserkrankungen bei Equiden und unter Aufsicht eines Tierarztes anzuwenden. Für jede Behandlung ist ein gesonderter Nachweis gemäß § 13 Abs. 1 Satz 4 der Verordnung über tierärztliche Hausapotheken (TÄHAV) zu führen. Eine Umwidmung nach § 56a Abs. 2 AMG ist nicht zulässig. **Gegenanzeigen:** Bei tragenden Stuten sollte die Behandlung mit Venti Plus bei Anzeichen der nahenden Geburt abgesetzt werden, da der Wirkstoff Clenbuterol wegen seiner wehenhemmenden Eigenschaft den Geburtsverlauf beeinflussen könnte. Bei laktierenden Stuten sollte ebenfalls von einer Venti Plus-Verabreichung abgesehen werden, da ein möglicher Einfluß der mit der Milch ausgeschiedenen Wirkstoffe auf das säugende Fohlen nicht hinlänglich abgeklärt ist. Pferde mit beginnendem Lungenödem oder Nieren- bzw. Leberfunktionsstörungen sollten nicht mit Venti Plus behandelt werden. Nicht anwenden bei Pferden, die für die Gewinnung von Fleisch gehalten werden. Stuten, von denen Milch als Lebensmittel gewonnen werden soll, sind von der Behandlung auszuschließen. **Nebenwirkungen:** Nach Verabreichung einer therapeutischen Dosis von Venti Plus treten Nebenwirkungen sehr selten auf und äußern sich dann wie im Falle einer Überdosierung durch Schwitzen, Tachykardie und Muskelzittern. Bei einigen Pferden wurden im Rahmen der klinischen Prüfung intermittierende, erhöhte CPK-Werte im Serum gemessen, die jedoch ohne pathologische Relevanz waren. In einigen Fällen wurde nach Verabreichung eine leichte Müdigkeit der Pferde beobachtet. **Wartezeit:** Pferd: Eßbares Gewebe: 28 Tage. **Verschreibungspflichtig.**

Voren®-Suspension / Voren®-Lösung, Zusammensetzung: 1 ml wässrige Suspension enthält: 1 mg Dexamethason-21-isonicotinat; 1,8 mg p-Hydroxybenzoesäuremethylester (Konservierungsmittel); 0,2 mg p-Hydroxybenzoesäurepropylester (Konservierungsmittel). 1 ml wässrige Injektionslösung enthält: 1 mg Dexamethason-21-isonicotinat; 2 mg Chlorocresol (Konservierungsmittel). **Anwendungsgebiete:** Rinder: Azetonämie, Festliegen, Gebärpause, Tetanie, Arthritis, Tendovaginitis, Bursitis, Sonnenbrand u.a.; Geburtseinleitung. Pferde: Arthritis, Tendovaginitis, Lumbago, Rehe u.a. Schweine, Ferkel: Agalaktie, Arthritis, Eklampsie, Intoxikationen, Ödemkrankheit, präoperative Schockprophylaxe u.a. Hunde, Katzen: Ekzeme, Otitiden, Arthritiden, Allergien, beginnende Dackellähme u.a. Bei allen Tierarten als Antiphlogistikum, Antiallergikum und zur Steigerung der allgemeinen Toxintoleranz bei Infektionen wie z.B. Mastitis, Jungtierinfektionen, Puerperalsepsis, Peritonitis, Virusinfektionen bei gleichzeitiger hoher Antibiotikadosis. **Gegenanzeigen:** Osteoporotische Prozesse, Diabetis mellitus. **Hinweise:** Da nicht sicher ist, ob Voren in therapeutischer Dosis (10 mg) die Geburt bei Wiederkäuern auslöst, empfehlen wir, das Präparat im letzten Drittel der Trächtigkeit nicht einzusetzen. Bei Vorliegen bakterieller, allgemeiner oder lokaler Infektionen ist zusätzlich eine entsprechende Behandlung erforderlich. **Wartezeit:** Eßbares Gewebe: Rind, Pferd: 8 Tage; eßbares Gewebe: Schwein: 6 Tage; Milch: 1 Tag. Packungsgrößen: 50 ml Flasche Suspension, 50 ml Flasche Injektionslösung. **Verschreibungspflichtig.**

Voren®-Depot, Zusammensetzung: 1 ml Kristall-Suspension enthält: 3 mg Dexamethason-21-isonicotinat; 1,35 mg p-Hydroxybenzoesäuremethylester als Konservierungsmittel; 0,15 mg p-Hydroxybenzoesäurepropylester als Konservierungsmittel. **Anwendungsgebiete:** Corticoidbedürftige Erkrankungen des Respirationstraktes bei Pferden: z.B. chronische Bronchitis, beginnendes alveoläres Lungenemphysem; bei Kleintieren: z.B. chronische Bronchitis, Asthma bronchiale; des Bewegungsapparates bei Pferden: z.B. Arthritiden, Arthrosen, Podotrochlose; bei Kleintieren: z.B. Arthrosen, Distorsionen und der Haut; bei Pferden: z.B. Ekzeme, Sommerräude; bei Kleintieren: z.B. Ekzeme, Pruritus sine materia. **Gegenanzeigen:** Osteoporotische Prozesse, Diabetis mellitus. **Hinweise:** Bei Vorliegen bakterieller, allgemeiner und lokaler Infektionen ist zusätzlich eine entsprechende Behandlung erforderlich. Während der Trächtigkeit sollte das Präparat nur bei strenger Indikationsstellung eingesetzt werden. **Wartezeit:** Pferd: 8 Tage. Packungsgrößen: 50 ml Flasche. **Verschreibungspflichtig**

Boehringer Ingelheim Vetmedica GmbH, 55216 Ingelheim / Rhein.

gonal aufgenagelten Stahlhufeisen zeigten im Vergleichszeitraum kaum Verschleißerscheinungen.

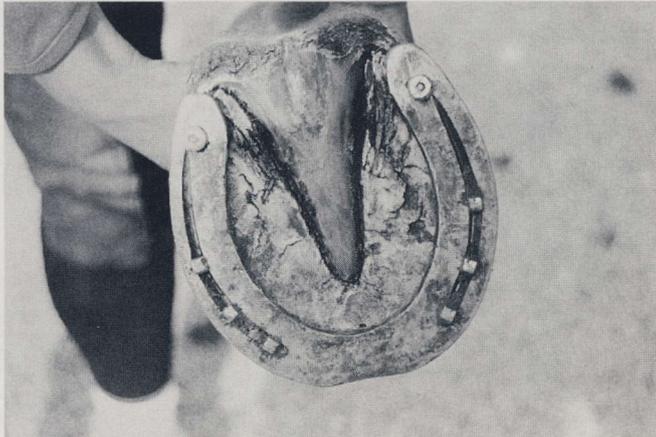


Abb. 2: Pferd MARATHON, vorne links frisch beschlagen, SERIE B (partikelverstärkte Gußlegierung).

Horse MARATHON, left front limb, newly shod, series B (particle reinforced wrought alloy).



Abb. 3: Pferd MARATHON, vorne links, SERIE B; Bruch des Beschlages nach 37 d.

Horse MARATHON, left front, series B, breakage of the shoe at the toe after 37 days.

Das Wandern der Hufeisen am Huf nach hinten und zum Teil nach lateral war bei fast allen Pferden zu beobachten (bis zu 1 cm, Abb. 1). Die Ursache hierfür könnte in einer übermäßigen Bodenhaftung des Materials liegen, wodurch die Bindungskräfte zwischen Huf und Hufeisen (durch die angezogenen Niete und dem planen Aufliegen des Hufeisens am Huf gewährleistet) überbeansprucht wurden.

Die Folge war ein Lockerwerden oder Verlieren der Hufeisen, wobei es entweder zum Öffnen der Niete oder zum Ausreißen der Nägel aus der Wand, beziehungsweise der Wand selbst gekommen war. Hinweise einer erhöhten Haftreibung des Materials waren bereits bei der Bearbeitung in der Schmiede gegeben. Zum einen ließ sich das Material überaus leicht mit der Feile bearbeiten, zum anderen war ein Hängenbleiben der Raspelzähne im Werkstoff bei vermehrt aufgewandtem Druck des öfteren aufgetreten. Beim Reiten der Pferde auf steilen Straßen war ein sonst öfters auftretendes Rutschen nicht mehr zu beobachten, die

Aluminiumbeschläge hafteten wesentlich besser auf dem Straßenbelag als Stahlhufeisen.

Die schlechten Ergebnisse der teilchenverstärkten Hufeisen wurden zudem dadurch unterstrichen, daß in den folgenden Beschlagsperioden mit Stahlhufeisen die Zahl an Hufeisenverlusten wieder das gewohnt geringe Ausmaß annahm und die Hufeisen 12–14 Wochen verwendet werden konnten. Die einheitlich schlechten Ergebnisse und durchaus negativen Reaktionen der Pferdebesitzer erübrigten ein Austesten an weiteren Probanden.

In einer zweiten Serie (SERIE B) wurde ein weiterer Matrixverbundwerkstoff, die Gußlegierung mit 20% SiC im Reitpferdebeschlag ausgetestet. Die zwölf ausgewählten Probanden entsprachen den gleichen Anforderungen wie in SERIE A. Bewußt wurden auch hier Pferde beschlagen, die in Rasse und Gewicht ein breites Spektrum umfaßten, jedoch in etwa im selben Ausmaß geritten und ähnlich gehalten wurden. Zudem waren auch diese Pferde als problemlose Beschlagskandidaten seit vielen Beschlagsperioden bekannt. Die Beschlagsperioden lagen mit 14–43 Tagen, somit etwa 2 bis 6 Wochen, signifikant höher als in Serie A, die Verschleißerscheinungen an den Hufeisen waren jedoch auch hier deutlich. Die mittlere Beschlagsdauer der in etwa gleich schweren Warmblutpferde lag bei 4 Wochen, der Noriker bei 2–3 Wochen und der beiden Islandpferde bei 6 Wochen. Wie bereits von *Bell (1996)*, *Butler (1995)*, *Habacher (1948)* und *Ruthe (1988)* dargelegt, bestand auch hier ein nicht unerheblicher Zusammenhang zwischen Körpermasse und Verschleiß der Hufeisen.

An keinem dieser Pferde trat ein Verrutschen der Hufeisen nach hinten auf, obwohl in dieser Serie zwei Pferde mit Hufeisen ohne jegliche Kappen beschlagen wurden. Allerdings waren die Kappen an allen Hufeisen dermaßen abgeschliffen, daß eine zusätzliche Stabilisierung der Hufeisen durch die Aufzüge ohnedies nicht zu erwarten gewesen wäre. Das Brechen von Hufeisenteilen kann auch bei der Gußlegierung als Folge des übermäßigen Verschleißes gesehen werden (Abb. 2,3). Ein frühzeitiges Brechen von Hufeisen aufgrund von Fertigungsfehlern war in dieser Serie bei keinem Pferd zu beobachten. Dies unterstreicht die Effektivität der bei der Beschlagherstellung stattgefundenen makroskopischen Prüfung der Hufeisen auf Gefügeveränderungen.

Die Abnutzung der Hufeisen trat vorwiegend im Bereich des Schusses, als Folge des Abrollens über die Zehenwand auf. Dies deckt sich mit den von *Bell (1996)* gemachten Beobachtungen über den Abrieb von Hufeisen. Auch in dieser Arbeit stimmte der Bereich der vermehrten Abnutzung der Hufeisen am Schuß mit der Gliedmaßen- und Zehenstellung der Pferde überein. So waren bei den geringgradig boden- und zeheneng stehenden Norikerpferden vor allem der äußere Zehenteil infolge des Abrollens über die laterale Zehenwand vermehrt abgenutzt worden. Die angebrachten Stollen oder Stifte schützten den Bereich der Schenkelen den maßgeblich vor übermäßigem Abrieb. Dies rechtfertigt auch den Einsatz von eingelassenen Stahlgriffen am Schuß von Aluminiumhufeisen (*Butler, 1995; Hickman and Humphrey, 1988*). Gegen eine hohe Abriebfestigkeit der verwendeten Legierung sprach auch die Tatsache, daß die Nagel-

köpfe in einigen Fällen das sie umgebende Material vor Abrieb schützten. Dies führte an abgenommenen Hufeisen zu einem höckerigen Erscheinungsbild der Bodenfläche der Hufeisen, da es im Bereich zwischen den Nägeln zu vermehrtem Materialabschliff gekommen war. Zudem wurden auch hier einige Pferde an diagonalen Hufen mit Stahlhufeisen beschlagen, die kaum Verschleißerscheinungen unterlegen waren. Abschließend muß bemerkt werden, daß die Dimensionierung der Hufeisen mit 25 mm Breite und 10 mm Stärke über den Maßen der üblicherweise verwendeten Stahlhufeisen für Reitpferde lag (19 x 8 mm, 22 x 8 mm). Wären die Hufeisen der beiden Aluminiumlegierungen in entsprechender Stärke (8 mm) getestet worden, hätte sich die Beschlagsdauer noch weiter verkürzt.

Trotz erfolgreicher Entwicklung geeigneter Schmiedemethoden zur Herstellung von Hufeisen aus Matrixverbundwerkstoffen und dem erfolgreichen Aufrichten und Aufnageln derselben können diese Hufeisen nicht zum Beschlagen von Reitpferden empfohlen werden. Der Einsatz bei Pferden, die nur in der Bahn gehen und keinen Koppelgang aufweisen, stellt aber in jedem Falle eine Ausnahmesituation dar. Für Fahrpferde im städtischen Bereich, etwa Fiaker, wäre die erhöhte Rutschfestigkeit sicher positiv, ob bei Aluminiumbeschlägen eine geringere Abnutzung des Straßenbelages zu erwarten wäre, bleibt offen. Die Standzeiten der Aluminiumeisen sind für den harten Einsatz auf städtischem Pflaster sicher viel zu gering. *Hertsch (1995)* spricht bei vielen, bisher im Hufbeschlag angemeldeten Patienten von Alternativen, jedoch in keinem Fall von einem Ersatz des seit über tausend Jahren bewährten Hufeisens aus Stahl. Auch im Falle der erprobten Hufeisen aus den teilchenverstärkten Aluminiumlegierungen ist an einen Ersatz der Hufeisen aus Stahl nicht zu denken.

Offen bleibt, inwieweit die Bindungskräfte der SiC-Moleküle untereinander durch den Schmiedevorgang und das anschließende Auskühlen des Materials geschwächt wurden. Dies wäre aufgrund der Tatsache, daß die Abriebfestigkeit der Hufeisen aus partikelverstärktem Aluminium gegenüber normalen Aluminiumhufeisen (*Butler, 1995; Hickman, 1977; Hickman und Humphrey, 1988*) kaum verbessert wurde, durchaus denkbar. Ein Lösen der Verbindungen der Verstärkermoleküle in der weichen Aluminiummatrix wäre mit dem Bild von Stahlspänen in Butter zu vergleichen. Auch diese würden nur solange eine Verfestigung der Butter bewirken, als sie untereinander in fester Verbindung stehen. Im Gegensatz zu dieser Beobachtung stand allerdings die Tatsache, daß die zum Anbringen der Hartmetallstifte verwendeten Bohrer sehr rasch stumpf wurden. Offensichtlich wird die Schneidekante im Bohrloch an den Keramikpartikeln sehr rasch abgenutzt.

Dennoch sollte das Ziel weiter verfolgt werden, ein leichtes Hufeisen mit hoher Abriebfestigkeit, gemessen an Stahlhufeisen, für Reitpferde herzustellen.

Es scheint auch durchaus sinnvoll zu sein, die Herstellung von Hufeisen aus Matrixverbundwerkstoffen und deren Anwendung im Hufbeschlag in weiteren Versuchen zu erproben. Im Vordergrund hat dabei eine Verbesserung der Verschleißigenschaften zu stehen. Dies wäre unter Umstän-

den über eine Oberflächenbeschichtung oder durch Temperung des Werkstoffes zu erreichen. Diese Versuche sind bei Drucklegung dieser Arbeit abgeschlossen (*Brandstetter, 1997*).

Literatur

- Anich, J.* (1996): Der Hufbeschlag mit partikelverstärktem Aluminium. Diss. Vet. Med. Univ. Wien
- Anich, J., Ch. Stanek, Ch. Hinterhofer und R. Kretz* (1997): Aluminiummatrixverbundwerkstoffe – neue Werkstoffe im Hufbeschlag. Teil 1: Die Herstellung von handgeschmiedeten Hufeisen. *Pferdeheilkunde* 13, 629–637.
- Bell, I.* (1996): Shoe wear study yields interesting answers. *Am. Farriers J.*, 22, Nr. 1, 60–63.
- Brandstetter, J.* (1997): Der Einsatz von partikelverstärkten und getemperten Aluminiumhufbeschlägen beim Pferd. Diss. Vet. Med. Univ. Wien
- Butler, D.* (1995): The principles of horseshoeing II. 2nd ed., 5th printing, Butler Publishing, La Porte-CO, 153–213, 213–265, 287–295, 311–329, 345–365, 421–455.
- Degischer, H.P., H. Kaufmann und H. Leitner* (1992): Strangpressprofile, Schmiede- und Gußteile aus keramikeilchenverstärktem Aluminium. Sonderdruck aus VDI Berichte, 965.1, 179/88.
- Habacher, F.* (1948): Der Huf- und Klauenbeschlag. 8. Aufl., Urban und Schwarzenberg, Wien, 2–11, 43–62, 69–106.
- Hermans, W.A.* (1992): Hufpflege und Hufbeschlag. Ulmer Verlag, Stuttgart, 36–82, 118–127, 140–142, 149–152.
- Hertsch, B.* (1995): Alternativen zum Hufbeschlag. 4. Hufbeschlagstangung für Hufschmiede, Tierärzte, Trainer und Ausbilder, Karlsruhe, nicht paginiert.
- Hickman, J.* (1977): *Farriery*. J.A. Allen, London, 104–106.
- Hickman, J. und M. Humphrey* (1988): *Hickman's Farriery*. 2nd ed., J.A. Allen, London, 1–17, 56–71, 72–73, 117–124, 138–153, 162–171, 183–190.
- Hufnagel, W.* (1988): Aluminium – Taschenbuch. Bd. 1, 15. Aufl. Hrsg: Aluminium-Verlag Düsseldorf 2, 51–127; 7, 273–319.
- Ruthe, H.* (1959): *Der Huf*. Fischer, Jena, 58–59.
- Ruthe, H.* (1988): *Der Huf*. 4. Aufl., völlig neu bearbeitet von *H. Müller und F. Reinhard*, Fischer, Stuttgart, 37–67, 76, 85–88, 96, 122–133.
- Stashak, T.S.* (1989): Adams' Lahmheit bei Pferden. 4. Aufl., Schaper, Hannover, 75–100, 486, 499, 786–788, 796–834.

Die vorliegende Studie wurde vom Fonds zur Förderung der gewerblichen Forschung FFF mit dem Projekt ZI.6/828/4224 im Rahmen der Aktion COST 506/II „Industrial application of light alloys“ unterstützt.

Dr. med. vet. Johannes Anich, geprüfter Hufschmied
Prof. Dr. Christian Stanek
Ass.-arzt Dr. Christine Hinterhofer

Universitätsklinik für Orthopädie bei Huf- und Klauentieren
Veterinärmedizinische Universität Wien
Veterinärplatz 1, A 1210 Wien

Tel. 0043 1 25077 / 5500
Fax 0043 1 25077 / 5590