

# Ultraschallassistierte Wundbehandlung einer chronisch infizierten, schwer heilenden Wunde an der Unterbrust eines Pferdes

Bettina Rheiner, Anna Ehrle, Sabine König und Christoph Lischer

Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie der Freien Universität Berlin

## Zusammenfassung

An exponierten Körperstellen kann die Wundheilung durch repetitives Trauma und Infektion dermaßen gestört werden, dass keine Heilung stattfindet. In der Humanmedizin wird für schwer heilende, chronisch infizierte Wunden und diabetische Ulcera schon seit einigen Jahren erfolgreich die Ultraschall-assistierte Wundbehandlung (Ultraschall-assistiertes Wunddebridement, UAW) eingesetzt. Dieser Fallbericht beschreibt die erstmalige Anwendung von UAW in der Veterinärmedizin. Ein therapieresistente, nicht-heilende und chronisch infizierte Wunde am Sternum beim Pferd konnte durch die mehrmalige Wundbehandlung mit UAW nach anderthalb Jahre zur vollständigen Abheilung gebracht werden.

**Schlüsselwörter:** Ultraschall-assistierte Wundbehandlung, Wundheilung, niederfrequenter Ultraschall, chronische Wunden, Pferd

## Ultrasonically assisted wound-debridement of a chronic wound in a horse

Wounds exposed to repetitive trauma and infection have difficulties to heal. Ultrasonically assisted wound-debridement (UAW) is common in human medicine for many years for an effective treatment of chronic wounds and diabetic ulcer. So far there are no experiences with the UAW in the veterinary medicine. Therefore the following text reports the first experience with this technology at a chronic infected wound at the breast of a horse.

**Keywords:** ultrasonically assisted wound-treatment, wound healing, lowfrequent ultrasound, chronic wounds, horses

## Einleitung

Chronische, schwer heilende Wunden stellen beim Pferd ein häufiges Problem dar. Zumeist werden sie an der distalen Gliedmaße beobachtet und gehen mit der Bildung von massiver Hypergranulation einher. Die Ursache dafür ist noch nicht vollständig geklärt. Lokale Hypoxie und eine reduzierte Perfusion werden allerdings häufig als Gründe genannt (*Theoret* 2008). Durch Bewegung kommt es im Randbereich der Wunde zu chronischen Gewebedefekten, welche keine weitere Heilungstendenz zeigen. Aus diesem Grund wird zur Behandlung chronisch, schwer heilender Wunden auf jeden Fall das Anlegen eines immobilisierenden Verbandes empfohlen (*Wilmink und van Weeren* 2005, *Hendrickson und Virgin* 2005).

An erster Stelle der lokalen Wundbehandlung, sowohl bei chronischen als auch bei akuten Wunden steht ein gründliches Wunddebridement (*Orsini* 2004, *Wilson* 2005). Weitere physikalische Methoden zur Förderung der Wundheilung wie Low-Level-Laser (LLL) und extrakorporale Stoßwellenbehandlung zeigten im Vergleich zur unbehandelten Kontrollgruppe keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Qualität des Granulationsgewebes (*Petersen* 1999, *Morgan* 2009, *Silveira* 2010).

Bei den topischen Wundbehandlungen mittels PRP (Platelet-rich-Plasma), 25%-igem Propylene-Glykol-Hydrogel, exoge-

ner Hyaluronsäure und Wachstumsfaktoren wurden im Vergleich zu den unbehandelten Kontrollgruppen ebenfalls keine signifikant positiven Ergebnisse hinsichtlich der Heilungszeit und der Qualität des Granulationsgewebes erzielt (*Dart* 2002b, *Dart* 2005, *De Rossi* 2009, *Theoret* 2008, *Witte* 2009). Die systemischen, täglichen Injektionen von Equine-Recombinant-Growth-Hormone zeigten hinsichtlich der Heilungszeit von Wunden ebenfalls keine Unterschiede gegenüber den Ergebnissen bei der unbehandelten Gruppe (*Dart et al* 2002a).

Bei der UAW werden am Ultraschallgerät niederfrequente Schallwellen im Bereich von 0,75 bis 3 MHz erzeugt. Diese werden bei den heutigen Geräten in der durch eine Spülflüssigkeit hergestellten Kontaktzone zwischen der Spitze des Handstücks (Sonotrode) und dem Gewebe umgesetzt. Die Spitze des Handstücks wird während der Behandlung direkt auf die Wunde aufgesetzt und ständig in Bewegung gehalten. Die erzeugten Schwingungen lösen dabei sowohl thermische als auch mechanische Effekte aus.

Bei der niederfrequenten, ultraschallassistierten Wundbehandlung kann der thermische Effekt nahezu vernachlässigt werden (*Bäumler et al* 2003, *Davis und Ovington* 1993, *Young und Dyson* 1990a). Wird der Ultraschallfrequenzbereich erhöht, kommt es jedoch auch zu einer messbaren Temperaturerhöhung im geschädigten Gewebe (*Byl et al* 1993).

Der mechanische Effekt kommt durch die Schwingungen an der Sondenspitze zu Stande. Hierbei kommt es zu einem Kavitationseffekt, welcher ein zyklisch implodierendes Vakuum nach sich zieht (Davis und Ovington 1993, Dyson 1987). Dies zerstört Bakterienzellwände, Biofilme auf der Wunde und mobilisiert lose Zell- und Gewebsfragmente (Schoenbach 1994, Stanisc et al 2005). Zudem wird der Zellstoffwechsel aktiviert, wodurch sich die Permeabilität der Zellwände ändert (Davis und Ovington 1993).

Bei In vitro-Versuchen wurde zudem eine Aktivierung der Fibrinolyse in der Wunde unter der Behandlung mit niedrig-frequenter Ultraschall festgestellt (Francis et al 1992). Während der Proliferationsphase regt es bei In-vivo-Versuchen an Schweinen die Fibroblasten zur vermehrten Bildung von Kollagen an (Byl et al 1992, Dyson 1987, Young and Dyson 1990b). In weiteren tierexperimentellen Studien wurde durch die UAW auch ein positiver Effekt auf die Angiogenese beschrieben (Young und Dyson 1990a).

Durch die schmerzfreie Ablation der Wundoberfläche wird die oberflächliche bakterielle Besiedelung herabgesetzt und die Wunde aufgefrischt (Bäumler et al 2003, Schoenbach 1994). Intaktes Gewebe wird dabei von der Sonotrode nicht angegriffen, so dass der Epithelsaum bestehen bleibt (Stanisc et al 2005).

In der Humanmedizin werden UAW-Behandlungen zumeist ohne systemische Schmerzstillung durchgeführt. Bei Ulcera mit knöcherner Beteiligung wird vor der Behandlung ein Lokalanästhetikum in Gelform aufgetragen. Die Patienten klagten zumeist lediglich über leichte Schmerzen und ein unangenehmes Kribbeln (Bäumler et al 2003, Tan et al 2007).

In diesem Fallbericht wird der erfolgreiche Einsatz von UAW bei einer therapieresistenten Wunde im Bereich des Sternums bei einem Pferd dokumentiert.

## Fallbericht

### Vorbericht

In der Klinik für Pferde der FU-Berlin wurde im Dezember 2009 ein 22-jähriger Vollblutwallach vorgestellt, der seit ca. 8 Monaten eine Hautwunde an der Unterbrust direkt über dem Sternum aufwies. Vorberichtlich war die Wunde durch wiederholte Traumata aufgetreten, welche durch die Hufeisen der Vordergliedmaßen beim Liegen in Brust-Bauch-Lage hervorgerufen worden waren. Vorbehandlungen durch den betreuenden Haustierarzt bestanden aus Wundduschen mit dem weichen Wasserstrahl und einer systemischen Antibiose. Bis zum Zeitpunkt der Klinikeinweisung war der Wallach im Offenstall gehalten worden.

### Klinische Untersuchung

Zum Zeitpunkt der Einlieferung in die Klinik für Pferde der FU-Berlin war die Wunde, welche offen belassen war, ca. 20 cm lang, spindelförmig klaffend, ca. 1 cm tief und befand sich direkt über dem Sternum. Wundexsudation bestand nicht. Das die Wunde umgebende Narbenkelloid war derb und wenig elastisch. Bei der klinischen Allgemeinuntersuchung fiel

ein holosystolisches Herzgeräusch Grad 3/5 auf. Eine massive Mitralklappeninsuffizienz war bereits seit mehreren Jahren bekannt. Die übrigen Vitalparameter waren unauffällig und labordiagnostisch zeigten sich im Blutbild keine Auffälligkeiten. Der Patient ging lahmfrei in Schritt und Trab.

Die Wunde wurde am Tag der Einweisung in die Klinik für Pferde der FU Berlin stehend unter Lokalanästhesie aufgefrischt und speckig-weißes Granulationsgewebe vor allem aus den Randbereichen der Wunde abgetragen. Dabei wurden 5 Biopsien aus der Wunde und am Wundrand genommen.

Die pathohistologische Untersuchung dieser Gewebeproben ergaben keinen Hinweis auf tumoröses Wachstum. Es wurde eine hochgradig chronisch-aktive, teils eitrig-nekrotisierende, teils granulomatöse, teils granulierende und fibrosierende Dermatitis, Pannikulitis und Myositis diagnostiziert. Die mikrobiologische Untersuchung erbrachte keinen Befund.

### Initiale Wundbehandlung

In den folgenden Wochen füllte sich der Gewebedefekt mit rosa-rottem, feinkörnigem Granulationsgewebe aus der Tiefe auf und es zeigte sich makroskopisch ein durchgehender Epithelsaum, welcher zuerst ca. 3 mm breit war und sich dann auf 5 mm verbreiterte. Die Wunde zeigte eine gute Wundkontraktion. Sie wurde 2 mal täglich mit dem weichen Wasserstrahl abgeduscht und weiterhin offen belassen.

Sechs Wochen nach Klinikeinlieferung riss die Wunde über Nacht im kranialen Wundwinkel auf und war wiederum ca. 20 cm lang und klaffend. Daraufhin wurde trotz der massiven Mitralklappeninsuffizienz des Patienten die Entscheidung zur chirurgischen Wundrevision in Vollnarkose getroffen.

Intraoperativ wurden die fibrotischen Wundränder ca. 2 cm breit abgetragen und die Wunde revidiert und kürettiert. Auf ein vollständiges Abtragen der verdickten Unterhaut wurde verzichtet, weil sonst das Sternum vollständig freigelegt worden wäre. Ein primärer Wundverschluss war aufgrund des Gewebeverlustes nicht möglich. Erneut wurden Gewebeproben zur pathohistologischen Untersuchung eingesandt. Es wurde ein Tupfer zum Schutz der Wunde, vor allem während der Aufwachphase, aufgenäht.

Die pathohistologischen Untersuchungsergebnisse der intraoperativ entnommenen Gewebeproben erbrachte dasselbe Ergebnis wie bei Einlieferung in die Klinik für Pferde der FU-Berlin.

In den ersten 5 Tagen p. op. wurde der Tupfer täglich 2 mal für Duschen mit dem weichen Wasserstrahl gewechselt. Danach wurde er vollständig entfernt und die Wunde blieb wieder offen. Die Wasserduschen wurden 2 mal täglich fortgeführt und die Wunde zeigte in den folgenden 4 Wochen einen ungestörten Heilungsverlauf mit einem makroskopisch durchgehenden Epithelsaum und vitalem, feinkörnigem Granulationsgewebe.

Vier Wochen nach der Wundrevision in Vollnarkose zeigte sich eine kleine Unterbrechung des seitlichen Epithelsaums. Gleichzeitig trat eine geringgradige, weiche Schwellung im Randbezirk der Wunde auf. Die Schwellung befand sich im

Bereich der Unterbrechung des Epithelsaums. Eine erneute mikrobielle Untersuchung der Wunde ergab einen hochgradigen Befall mit  $\beta$ -hämolisierenden Staphylokokken (*Staph. aureus*), welche Sulfonamid-empfindlich waren. Der Patient erhielt daraufhin für 10 Tage Trimetoprim-Sulfonamide (30 mg/kg sid p.o).

#### Verlauf

Die Wunde zeigte in der folgenden Zeit einen ungestörten Heilungsverlauf mit einem durchgehenden, ca. 5 mm breiten Epithelsaum und vitalem, feinkörnigem rosa-rotem Granulationsgewebe. Die Wundkontraktion schritt gut voran und die Wunde wurde zusehends kleiner. Das Pferd wurde daraufhin 3 Monate nach Klinikeinweisung mit fast vollständigem Wundverschluss (Wunde ca. 5 cm lang) aus der Klinik für Pferde der FU-Berlin entlassen. Die Besitzer erhielten die Anweisung die Wunde bis zum vollständigen Verschluss weiterhin 2 mal täglich mit dem weichen Wasserstrahl abzusuchen und das Pferd erhielt Boxenruhe. Vier Monate nach Entlassung aus der Klinik für Pferde der FU-Berlin und ca. 14 Monate nach erstmaligem Auftreten der Wunde wurde der Patient wiederum vorgestellt. Die Wunde war vorberichtlich nie vollständig verheilt. Jedesmal kurz vor dem vollständigen Wundverschluss riss sie zumeist im cranialen Wundwinkel wieder ein. Bei Wiedervorstellung an der Klinik für Pferde bestand die Wunde nun seit ca. 13 Monaten und war 15 cm lang mit einer Taschenbildung im kaudalen Wundwinkel. Die Wundränder waren derb, verdickt, eingerollt und wenig verschieblich zueinander (Abb. 1a).

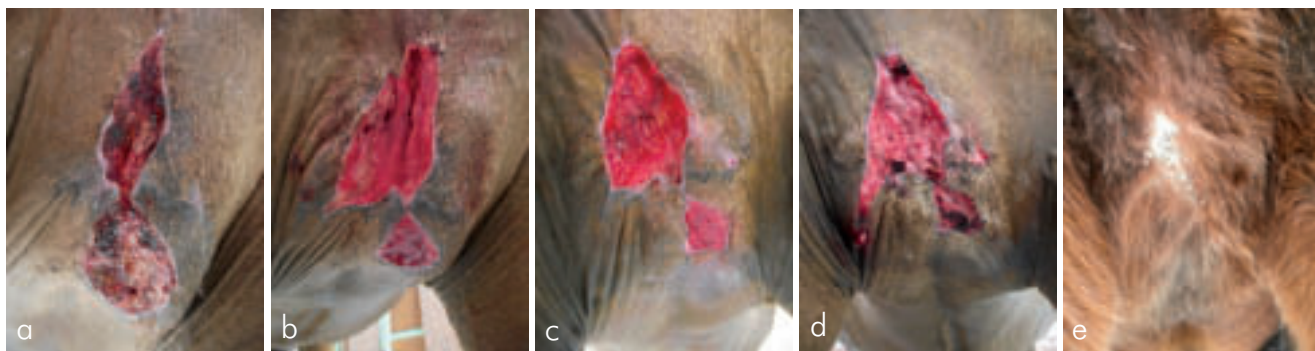
#### Ultraschall-assistierte Wundbehandlung

Aufgrund der therapieresistenten Wunde und einer massiven Keimbesiedelung mit Staphylococccen, entschieden wir uns zur erstmaligen Anwendung der UAW beim Pferd. Nach einer chirurgischen Revision stehend und unter Lokalanästhesie wurde eine ultraschall-assistierte Wundbehandlung (UAW) begonnen. Die Behandlung ließ sich ohne Probleme 3 mal wöchentlich am stehenden Tier ohne Sedation durchführen.

Der Wallach zeigte während und nach den Behandlungen keine Abwehrreaktionen oder Anzeichen für Juckreiz. Während der Behandlungen kam es zu moderaten Blutungen, die in den ersten beiden Wochen deutlich stärker waren als in der Folgezeit. Die Blutungen kamen ohne weitere Behandlung innerhalb von 15 bis 30 Minuten nach Anwendung der UAW von alleine zum Stillstand. In der Zeit zwischen den Behandlungen wurde die Wunde aufgrund ihrer Lokalisation offen belassen. Wenige Stunden nach Anwendung der UAW zeigte sich rosa-rotes, feinkörniges, vitales Granulationsgewebe. Eine deutliche Wundkontraktion und ein durchgehender Epithelsaum waren zu erkennen. Der Epithelsaum verbreiterte sich kontinuierlich auf 5 mm (Abb. 1b und c). Er zeigte makroskopisch keinen Schaden, wenn er mit der Sonotrode berührt wurde. Nach 7 Anwendungen zeigte sich eine deutliche Verschieblichkeit der Wundränder zueinander. Der Randbereich um die Wunde war palpatorisch im Vergleich zum Beginn der Therapie deutlich weicher.

Vier Wochen nach Behandlungsbeginn stagnierte der Heilungsverlauf und die Wunde zeigte deutlich weniger Reaktion auf die UAW-Behandlung. Nach den UAW-Behandlungen traten kaum noch Blutungen auf, das Granulationsgewebe begann in den Zeiten zwischen den Behandlungen auszutrocknen, verfärbte sich ins dunkelrote und wurde grobkörniger. Der Epithelsaum zeigte keine weitere Verbreiterung und die Wundkontraktion stagnierte vollkommen. Die kranialen und kaudalen Wundwinkel rissen mehrmals ein, so dass die Wunde im Vergleich zum Beginn der UAW-Behandlung weniger tief war, dafür hatte sie insgesamt in ihrer Länge jedoch wieder zugenommen (Abb. 1d).

Die UAW wurde nach insgesamt 6 Wochen abgebrochen und das Pferd wurde aus der Klinik für Pferde der FU Berlin mit der Anweisung Boxenruhe für das Pferd und Beobachtung der Wunde durch die Besitzer entlassen. 6 Wochen nach Entlassung aus der Klinik für Pferde der FU Berlin berichtete der betreuende Haustierarzt, dass die Wunde vollständig verschlossen war (Abb. 1e). Der Bereich um die Narbe war weich und verschieblich. Bereits wenige Tage nach dem vollständi-



**Abb. 1** **a** Wunde am Sternum eines 22-jährigen Vollblut Wallachs, 13 Monate nach erfolgloser chirurgischer Therapie. **b** 2 Wochen nach Beginn der Ultraschall assistierten Wundbehandlung. Bindegewebige Narbenstränge durchziehen das zum Teil austrocknende Granulationsgewebe. Der Epithelsaum ist nicht mehr durchgehend darstellbar. **c** 33 Tage nach Beginn der UAW-Behandlung **d** 40 Tage nach Beginn der UAW-Behandlung: Durch Wundkontraktion sind die Wundränder leicht verdickt und eingerollt, das Granulationsgewebe hat seine feinkörnige Struktur verloren und die Wunde ist an 2 Stellen leicht eingerissen. **e** Wunde ein halbes Jahr nach Entlassung aus der Klinik für Pferde im Januar 2011  
**a** Chronic wound in the area of the sternum of a 22-years-old Thoroughbred Gelding 13 months after unsuccessful surgical treatment. **b** 2 weeks after induction of Ultrasound assisted wounddebridement. Granulation tissue is partially drying out and strands of fibrotic tissue crosses the wound in longitudinal direction. Epithelial border isn't clearly visible in all parts of the wound edges. **c** 33 days after initiation of Ultrasound assisted Wounddebridement. **d** 40 days after starting Ultrasound assisted wounddebridement-treatment: The edges of the wound are thickened and rolled in due to ongoing wound contraction, granulation tissue is partially drying out and two small cracks are visible. **e** Wound a half year after discharge, january 2011

gen Wundverschluss wurde das Pferd auf die Koppel entlassen. Die Wunde ist bis zum jetzigen Zeitpunkt (über 1 Jahr nach Abschluss der UAW) vollständig verschlossen und das Pferd zeigt keine Einschränkung hinsichtlich seiner Nutzung.

## Diskussion

Bei dieser chronisch infizierten Wunde an einer exponierten Stelle am Brustbein zeigte die konsequente Anwendung der UAW einen guten Effekt, so dass die Wunde komplett mit Epithel bedeckt wurde und seit einem Jahr kein Rezidiv mehr aufgetreten ist. Die rezidivierenden Traumatisierung der Haut im Bereich des Sternums führte zu einer verstärkten Fibrosierung des Gewebes im Randbereich der Wunde. Im Bereich der Unterbrust ist über dem Sternum wenig Unterhautgewebe vorhanden. Unter der fortschreitenden Wundkontraktion kam es zum wiederholten Aufreißen der Wunde, da das Narbengewebe wenig elastisch und kaum verschieblich war. Die eingerissenen Wundränder fanden sich zumeist an derselben Lokalisation. Bei jedem Schritt, den der Wallach innerhalb der Box tätigte, war sichtbar Bewegung auf der Wunde, welche nicht eingeschränkt werden konnte. Des Weiteren legte sich der Wallach nachts hin, was beim Aufstehen jedes Mal große Spannung auf die Wunde brachte. Es ist davon auszugehen, dass sich das Granulationsgewebe durch die konsequente Anwendung der UAW in der Qualität verbesserte, so dass es eine solide Grundlage für die dauerhafte Epithelisierung darstellte.

Die chronische Staphylokokkeninfektion stellte eine weitere Herausforderung bei der Behandlung dieser Wunde dar. Gerade Staphylokokken auf chronischen Wunden beim Pferd neigen häufig zur Bildung von Biofilmen (Westgate et al 2011), wobei die UAW in der Humanmedizin bereits gute Erfolge erzielt hat. Durch die Vernebelung der Spülflüssigkeit werden auch Keime, welche die Wunde besiedeln, vernebelt, so dass das Tragen von geeigneter Schutzkleidung und einem Mundschutz während der Therapie unbedingt empfohlen wird. Eine nachfolgende Desinfektion des Behandlungsraumes ist vor allem dann angezeigt, wenn auf der Wunde multiresistente Keime festgestellt werden.

Aufgrund der einfachen Anwendbarkeit wurde die UAW bei diesem Patienten gezielt eingesetzt. Die gute Akzeptanz und der erste Erfolg der UAW für die Behandlung einer chronischen Wunde beim Pferd zeigen, dass diese Behandlungsmethode auch in der Veterinärmedizin ein interessantes und vielversprechendes Verfahren bei der Behandlung chronischer Wunden darstellt.

## Literatur

Bäumler U., Niederberger E., Bauerfeind J., Hamann R., Gaitzsch S. und von Sommoggy S. (2003) Modernes Wundmanagement mit ultraschallassistierter Wundreinigung. *Gefäßchir.* 4, 282-287  
 Breuing K. H., Bayer L., Neuwaldler J. und Orgill P. D. (2005) Early Experience using Low-Frequency Ultrasound in Chronic Wounds. *Ann. Plastic Surg.* 55, 183-187  
 Byl N. N., McKenzie A. L., West J. M., Whitney J. A. D., Hunt T. K. und Scheuenstuhl H. A. (1992) Low-Dose Ultrasound Effects on Wound Healing: A Controlled Study with Yucatan Pigs. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 73, 656-664  
 Byl N. N., McKenzie A. L., Wong T., West J. und Hunt T. K. (1993), Incisional Wound Healing: A Controlled Study of Low and High Dose Ultrasound. *Orthop. Sports Physic. Ther.* 18, 619-628

Dart A. J., Cries L., Jeffcott L. B., Hodgson D. R. und Rose R. J. (2002a) Effects of 25% Propylene Glycol Hydrogel (Solugel) on Second Intention Wound Healing in Horses. *Vet. Surg.* 31, 309-313  
 Dart A. J., Cries L., Jeffcott L. B., Hodgson D. R. und Rose R. J. (2002b) The effect of Equine Recombinant Growth Hormone on Second Intention Wound Healing in Horses. *Vet. Surg.* 31, 314-319  
 Dart A. J., Dowling B. A. und Smith C. L. (2005) Topical Treatments in Equine Wound Management. *Vet. clin. North Am. Equine Pract.* 21, 77-89  
 Davis S. und C., Ovington L. (1993) Electrical Stimulation and Ultrasound in Wound Healing. *Dermatol. Clin.* 11, 775-781  
 Dyson M. (1987) Mechanisms Involved in Therapeutic Ultrasound. *Physiotherapy* 73, 116-120  
 Francis C. W., Ölundarson P. T., Carstensen E. L., Blinc A., Meltzer R. S., Schwarz K. und Marder V. J. (1992) Enhancement of Fibrinolysis In Vitro by Ultrasound. *J. Clin. Invest.* 90, 2063-2068  
 Funk K. L. M. (2007) Die klinische Wertigkeit des Ultraschall-Wunddebridements mit dem Sonoca 180 in der ambulanten Behandlung chronischer Wunden. *Diss. Med. Homburg/Saar*  
 Hendrickson D. und Virgin J. (2005) Factors that affect Equine Wound Repair. *Vet. clin. North Am. Equine Pract.* 21, 33-44  
 Morgan D. D., McClure S., Yaeger M. J., Schumacher J. und Evans R. B. (2009) Effects of extracorporeal shock wave therapy on wounds of the distal portion of the limbs in horses. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 234, 1154-1161  
 Orsini J. A., Elce Y. und Kraus B. (2004) Management of severely infected wounds in the equine patient. *Clin. Tech. Equine Pract.* 3, 225-236  
 Petersen S. L., Botes C., Olivier A. und Guthrie A. J. (1999) The effect of low level laser therapy (LLLT) on wound healing in horses. *Equine vet. J.* 31, 228-231  
 DeRossi R., Anciliero de Oliveira Coelho A. C., Siveira de Mello G., Frazilio F. O., Leal C. R. B., Facco G. G. und Brum K. B. (2009) Effects of Platelet-rich-plasma gel on skin healing in surgical wound in horses. *Acta Chir. Brasil.* 24, 276-281  
 Schoenbach S. F. und Song I. C. (1994) Ultrasonic Debridement: a new approach in the treatment of burn wounds. *Plast. Reconstr. Surg.* 93, 34-37  
 Silveira A., Koenig J. B., Arroyo L. G., Trout D., Moens N. M. M., LaMarre J. und Brooks A. (2010) Effects of unfocused extracorporeal shock wave therapy on healing of wounds of the distal portion of the forelimb in horses. *Am. J. Vet. Res.* 71, 229-234  
 Stanicic McCarty M., Provo B. J., Larson D. L. und Kloth L. C. (2004) Wound Debridement with 25 kHz Ultrasound. *Advanc. Skin Wound Care* 18, 484-490  
 Tan J., Abisi S., Smith A. und Burnand K. G. (2007) a Painless Method of Ultrasonically Assisted Debridement of Chronic Leg Ulcers: A Pilot Study. *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 33, 234-238  
 Theoret C. (2008) the use of Platelet-Rich-Plasma (PRP) in wound management. NAVC Conference, Orlando  
 Westgate S. J., Percival S. L., Knottenbelt D. C., Clegg P. D. und Cochrane C. A. (2011) Microbiology of equine wounds and evidence of bacterial biofilms. *Vet. Microbiol.* 150, 152-157  
 Wilmink J. M. und van Weeren P. P. (2005) Second-Intention Repair in the Horse and Pony and Management of Exuberant Granulation Tissue. *Vet. clin. North Am. Equine Pract.* 21, 15-32  
 Wilson D. A. (2005) Principles of Early Wound Management. *Vet. clin. North Am. Equine Pract.* 21, 45-62  
 Witte S. H., Olaifa A. K., Lewis A. J., Eggleston R. B., Halper J., Kietzmann M., Baeumer W. und Mueller E. (2009) Application of Exogenous Esterified Hyaluronan to Equine Distal Limb Wounds. *Vet. Sci.* 29, 197-205  
 Young S. R. und Dyson M. (1990a) The Effect of Therapeutic Ultrasound on Angiogenesis. *Ultras. Med. Biol.* 16, 261-269  
 Young S. R. und Dyson M. (1990b) Macrophage Responsiveness to Therapeutic Ultrasound. *Ultras. Med. Biol.* 16, 809-816

Dr. Bettina Rheiner  
 Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie  
 Freie Universität Berlin  
 Oertzenweg 19b  
 14163 Berlin  
 rheiner.bettina@vetmed.fu-berlin.de