

**Zeitschrift:** Schweizer Archiv für Tierheilkunde SAT : die Fachzeitschrift für Tierärztinnen und Tierärzte = Archives Suisses de Médecine Vétérinaire  
ASMV : la revue professionnelle des vétérinaires

**Herausgeber:** Gesellschaft Schweizer Tierärztinnen und Tierärzte

**Band:** 143 (2001)

**Heft:** 5

**Artikel:** Extrakorporale Stosswellentherapie in der Veterinärmedizin

**Autor:** Schnewlin, M. / Lischer, C.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-591652>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 09.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Extrakorporale Stosswellentherapie in der Veterinärmedizin

M. Schnewlin, C. Lischer

Veterinär-Chirurgische Klinik der Universität Zürich

## Zusammenfassung

Diese Übersichtsarbeit soll einen Einblick in eine neue Therapieform im Bereich der Pferde-Orthopädie verschaffen. In der Humanmedizin wird die extrakorporale Stosswellentherapie zur Lithotripsie von Nierensteinen und in der Orthopädie eingesetzt. In der Pferdemedizin kommt sie fast ausschliesslich bei Problemen am Bewegungsapparat zur Anwendung. Zu den Hauptindikationen zählen Insertionsdesmopathien des M. interosseus medius, Sehnen- und Bandläsionen, osteoporotische Veränderungen sowie Spat. Die Wirkungsweise der Stosswellen, und die verschiedenen Stosswellengeräte für die Anwendung in der Pferdeorthopädie werden besprochen. Zudem wird auf eine Studie, die zur Zeit am Tierspital Zürich durchgeführt wird, eingegangen.

**Schlüsselwörter:** Stosswellentherapie – Stosswellengeräte – Wirkungsweise – Indikationen – Pferd

## Extracorporal shock wave therapy in veterinary medicine

This article gives a general overview on a new therapy in equine orthopedics. In human medicine extracorporeal shock wave therapy (ESWT) is used for lithotripsy of stones of the urologic system and also in orthopedics. In equine medicine the therapy is almost exclusively applied for the treatment of orthopedic problems. The main indications are proximal suspensory desmitis (PSD), lesions of tendons and ligaments, osteoporotic changes and spavin. In this paper the mode of action of shock waves and the different shock wave devices are discussed. Also, some information about an ongoing clinical trial at the Animal Hospital University of Zürich is given.

**Key words:** shock wave therapy – shock wave machines – mode of action – indications – horse

## Einleitung

Die extrakorporale Stosswellentherapie (ESWT) ist in der Humanmedizin ursprünglich für die Zerstörung von Nierensteinen entwickelt worden. Vor rund zehn Jahren wurde dann begonnen, diese Technik auch bei orthopädischen Problemen (Tennis-Ellbogen, Fersensporn, Pseudarthrosen) einzusetzen.

Seit einiger Zeit wird diese Therapieform zunehmend auch in der Pferdemedizin für die Behandlung von chronischen Lahmheiten angewendet. Vorliegende Arbeit soll einen Einblick in die physikalischen Grundlagen und die Wirkungsweise der Stosswellentherapie verschaffen. Zudem soll ein Überblick über die verschiedenen aktuellen Stosswellengeräte und die Indikationen bei Mensch und Pferd gegeben werden.

## Physikalische Grundlagen

### Was sind Stosswellen?

In der Physik wird eine Stosswelle definiert als starke Druckwelle, die in elastischen Medien wie Gasen, Flüssigkeiten oder festen Körpern durch Explosionen, Blitze, Überschallflugzeuge oder andere Phänomene, die extreme Druckänderungen hervorrufen, erzeugt wird. Stosswellen unterscheiden sich von Schallwellen – z. B. Ultraschallwellen – dadurch, dass in der Wellenfront mechanische Spannungen und Drucke sehr hohe Werte annehmen. Ein kennzeichnendes Merkmal einer Stosswelle besteht darin, dass sie sich mit Überschallgeschwindigkeit ausbreitet und ihre Geschwindigkeit mit wachsender Amplitude sogar zunimmt, wohin-

gegen sich die Intensität einer Stoßwelle beim Durchlaufen eines Mediums stärker abschwächt als die einer Schallwelle.

## Apparaturen und Technische Grundlagen

Um Stoßwellen zu erzeugen und zu fokussieren, stehen drei verschiedene Systeme, das elektro-hydraulische, das elektro-magnetische und das piezo-elektrische System zur Verfügung.

### Elektro-hydraulische Systeme<sup>1</sup>

In einem Wasserbad führt die Entladung einer Hochspannung zwischen zwei Elektrodenspitzen zu einem Funkenüberschlag. Durch die momentane Verdampfung des umgebenden Wassers entsteht eine Stoßwelle. Wenn diese in einem geeignet geformten Therapiekopf (z.B. halbellipsoid) erzeugt wird, können die Wellen in einer Fokuszone gebündelt werden (Abb.1). Solche Systeme waren bisher grossen Druckschwankungen unterworfen

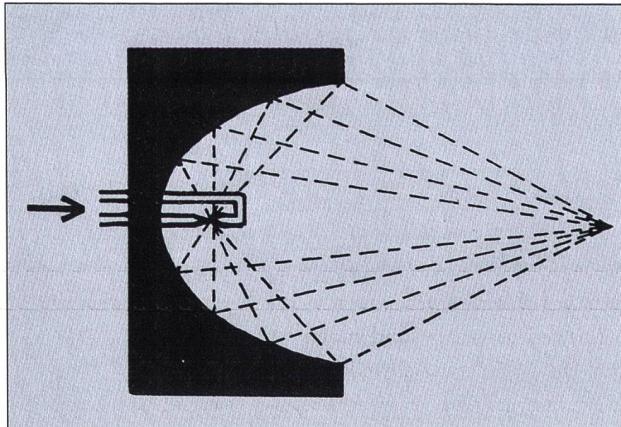


Abbildung 1: Erzeugung von Stoßwellen und deren Fokussierung beim elektro-hydraulischen System.

und hatten deshalb eine relativ kurze Lebensdauer. Heute gibt es jedoch modernere Geräte, welche die Druckabgabe gleichmässiger gestalten und auch die Lebensdauer der Elektroden erhöhen.

### Elektro-magnetische Systeme<sup>2</sup>

Die elektro-magnetischen Systeme wurden aufgrund der früher geringen Lebensdauer der elektro-hydraulischen Systeme entwickelt. Bei diesen Systemen fliesst ein starker Stromimpuls durch eine Spule und erzeugt ein magnetisches Feld. Je nach Anordnung der elektromagnetischen Spule (Flachspule oder Zylinderspule) kann eine Mem-

bran im Wasser zum Schwingen gebracht werden, wobei die entstehenden Wasserwellen weitergetragen und ebenfalls durch eine geometrisch geeignete Reflektorform gebündelt werden können (Abb. 2).

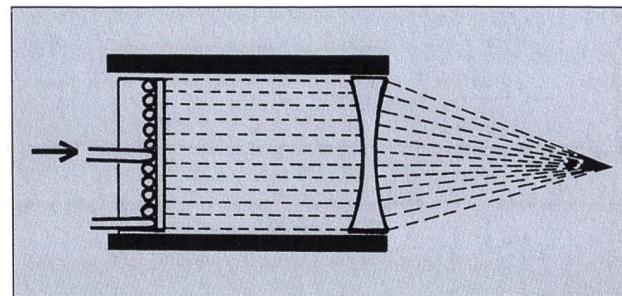


Abbildung 2: Elektro-magnetisches System zur Erzeugung von fokussierten Stoßwellen.

### Piezo-elektrische Systeme<sup>3</sup>

Bei diesen Systemen wird ein Hochspannungsimpuls an Piezokristall-Elemente gelegt, worauf sich diese für eine sehr kurze Zeit ausdehnen oder zusammenziehen. Auch dieses System befindet sich in einem Wasserbad und die Druckwelle kann durch geeignete Anordnung der Piezoelemente fokussiert werden (Abb. 3). Die Wellen solcher Systeme sind relativ konstant. In der Regel sind auf diese Weise aber keine hohen Leistungen erzielbar und der Fokus ist im Vergleich mit den anderen Systemen sehr klein.

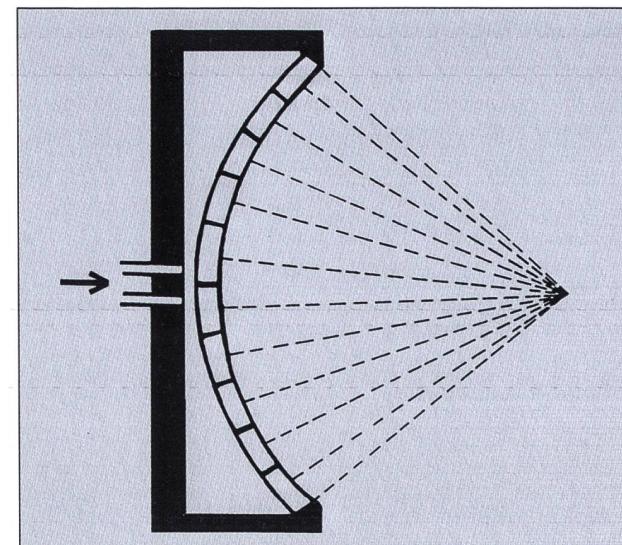


Abbildung 3: Piezo-elektrisches System: Durch geeignete Anordnung der Piezokristallelemente können die Stoßwellen fokussiert werden.

### Nicht fokussierte radiale «Stoßwelle»

Von diesen drei erwähnten Systemen ist das ballistische System (z.B. Swiss DolorClast®Vet, EMS, Konstanz) zu unterscheiden. Bei diesem entstehen keine eigentlichen Stoßwellen, sondern lediglich

<sup>1</sup> Equitron™, High Medical Technologies, Lengwil

<sup>2</sup> Minilith SL1, Storz Medical, Kreuzlingen

<sup>3</sup> Piezoson 300, Treier, Beromünster

Druckwellen, die sich radial ausbreiten (Abb. 4). Da sie nicht fokussiert werden, wird die grösste Energie dichte an der Hautoberfläche erreicht.

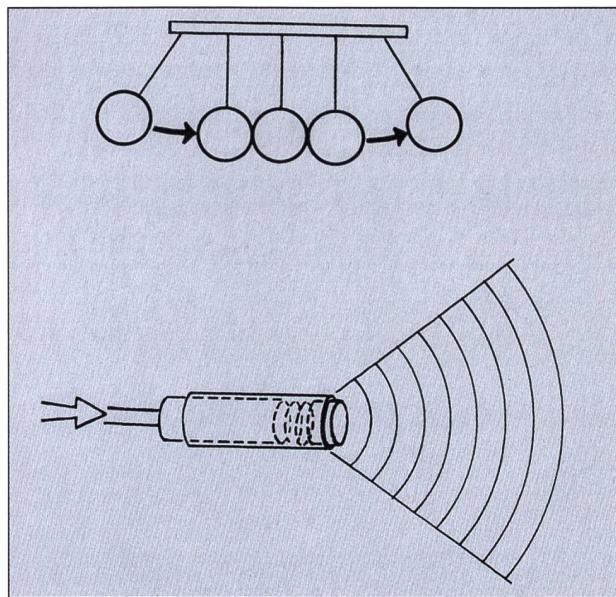


Abbildung 4: Ballistisches System zur Erzeugung von nicht fokussierten Druckwellen.

starke Druckanstieg (einige 100 bar) innerhalb sehr kurzer Zeit (wenige ns) und der folgende Abfall auf einen negativen Druckwert (= Zugwelle). Der räumliche Druckverlauf der Stosswelle wird durch die Geometrie der Stosswellenquelle und des Reflektors beeinflusst. Der grösste Druck ist defini tionsgemäss im Fokus vorhanden. Heutige Stosswellengeräte haben eine definierte Fokuszone, die eine zigarrenähnliche Form mit einer Breite von 2.2–7.2 mm und einer Länge (axial) von 15–60 mm aufweist (Abb. 6).

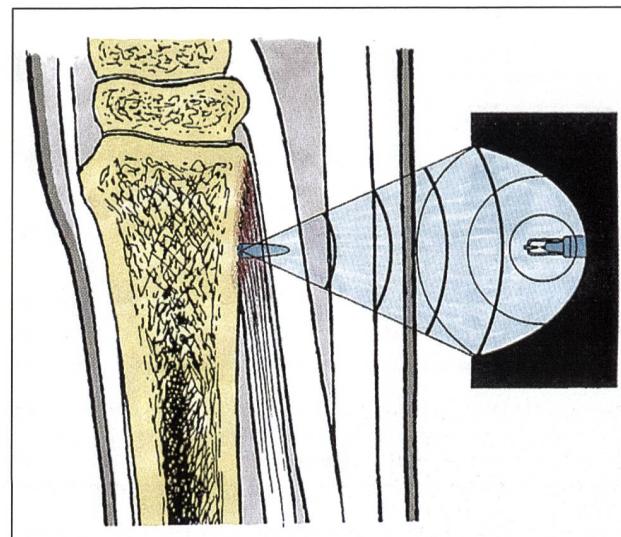


Abbildung 6: Stosswellenkopf mit zigarrenähnlicher Fokuszone am Ansatz des M. interosseus medius

## Physikalische Parameter und Kriterien

Zur Beurteilung eines Stosswellen-Generators müssen verschiedene Kriterien wie Leistung, Dynamikbereich und Ortungssystem beachtet werden.

### Leistung

Entscheidend für die Leistung einer Stosswelle ist die erzielte Energie pro Flächeneinheit im Fokusgebiet. Diese Energiefluss-Dichte, bzw. deren Verlauf kann in einem zeitlichen und räumlichen Zusammenhang betrachtet werden. Der zeitliche Druckverlauf einer Stosswelle weist eine charakteristische Verlaufsform auf (Abb. 5). Typisch ist der

### Dynamikbereich

Jede Behandlung muss sich nicht nur an die Gegebenheiten des zu behandelnden Organs, sondern auch an die Toleranzschwelle des Patienten anpassen lassen, d. h. die Energieflussdichte muss regulierbar sein. In der Humanmedizin wird von nieder-, mittel- und hochenergetischen Stosswellen gesprochen, wobei sich diese Begriffe nach Skalen richten, die nicht von allen Arbeitsgruppen gleich definiert werden. In der Regel werden folgende Bereiche angegeben:

- niederenergetisch: bis ca. 0.12 mJ/mm<sup>2</sup>
- mittelenergetisch bis ca. 0.28 mJ/mm<sup>2</sup>
- hochenergetisch: bis ca. 0.4 mJ/mm<sup>2</sup>

### Ortungssystem

Einige Systeme bieten ein integriertes Ortungssystem an (Röntgen oder Ultraschall), mit dessen Hilfe der Fokusbereich zuverlässig in die zu behandelnde Körperregion gebracht werden kann. Dies ist vor allem in der Urologie von grosser Bedeutung. Ein Nierenstein, zum Beispiel, muss exakt lokalisiert werden können, damit bei der Stosswellentherapie möglichst kein Nierengewebe traumatisiert wird. Je nach Steinart und Lokalisation kann

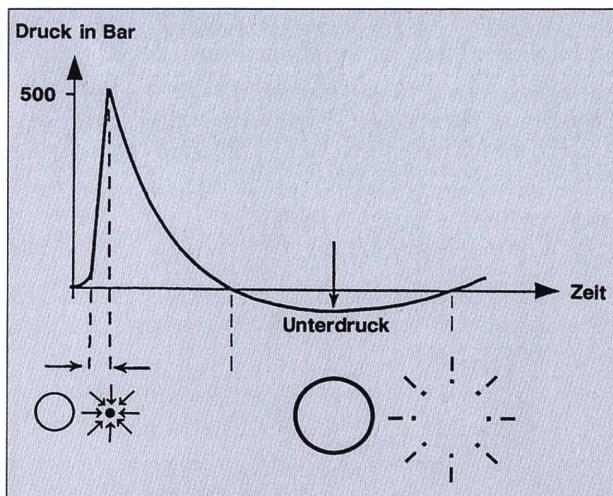


Abbildung 5: Zeitlicher Druckverlauf einer Stosswelle

das eine oder andere bildgebende Verfahren aussagekräftiger sein.

Bei der orthopädischen Stosswellentherapie des Pferdes wird die Lokalisation ebenfalls radiologisch und/oder sonographisch dargestellt. Da am Bewegungsapparat die absolut genaue Lokalisation weniger wichtig ist als bei internistischen Problemen, wird beim Pferd aufgrund der Nachteile der integrierten Systeme (grosser, empfindlicher Therapiekopf, Therapie von Hand nicht möglich) weitgehend auf integrierte Ortungssysteme verzichtet.

## Wirkungsweise der Stosswellen

Die Wirkungsweise von Stosswellen ist noch nicht restlos geklärt. Es gibt jedoch drei Hypothesen, welche die Wirkmechanismen zu erklären versuchen:

- a) Die Stosswelle induziert durch Hyperstimulation von Axonen einen analgetischen Effekt und erhöht dadurch die Schmerzschwelle (Gate-Control Theory). Es wird angenommen, dass durch die Zerstörung von Zellen kein Generatorpotential mehr aufgebaut und somit keine Schmerzsignale mehr gesendet werden können. Die massive Stimulation der Nozizeptoren erzeugt eine Überzahl von Nervenimpulsen, die zu einer Überflutung und Blockierung der Nervenleitungen zum Zentralnervensystem führen.
- b) Die Stosswelle stimuliert die Vaskularisierung des Gewebes, verändert die Permeabilität von Membranen und regt insgesamt metabolische Prozesse an. Durch die Bildung von freien Radikalen kann eine Veränderung des chemischen Milieus in der Umgebung hervorgerufen werden, die zu einer vermehrten Bildung von schmerzhemmenden Substanzen führen kann.
- c) Druckwellen im Fokusvolumen verändern und zerstören Hartgewebestrukturen, wie Verkalkungen und Steine. Durch die massiven Druckänderungen innerhalb Mikrosekunden werden zudem Scherkräfte erzeugt, die zu einer Zerreissung von hartem Material, wie Steinen, Kalkablagerungen oder Knochenoberflächen führen. Unter Einfluss von hohen Zugspannungen können in Flüssigkeiten mikroskopisch kleine Hohlräume, sogenannte Kavitationsblasen, entstehen. In der darauffolgenden Druckphase fallen diese in sich zusammen, wobei sehr hohe Druckspitzen und intensive Flüssigkeitsjets entstehen, die auf die Steinoberfläche gerichtet sind und zu einer zusätzlichen Zerstörung führen. An Knochenoberflächen führen diese Mikrotraumen zu einer vermehrten Durchblutung und somit zu einer Verbesserung des Stoffwechsels (Hepp et al., 1991). Neuere Studien weisen auf die Revaskularisierung des

Gewebes nach der Stosswellentherapie als grundlegenden Wirkungsmechanismus hin.

## Nebenwirkungen

Die mehrjährigen Erfahrungen mit der Lithotripsie in Niere und ableitenden Harnwegen haben gezeigt, dass die Stosswellentherapie zwar ein nebenwirkungsarmes Verfahren ist, aber dennoch ein Schädigungspotential aufweisen kann. Wie bereits erwähnt, ist die Wirkung von Stosswellen besonders stark an Grenzflächen zwischen zwei Geweben mit grossem Dichteunterschied. Dies ist zwar beim Nierenstein und bei harten Verkalkungen erwünscht, nicht aber im Lungengewebe, wo ebenfalls grosse Dichteunterschiede zwischen Gewebe und Luft bestehen.

Grundsätzlich werden als Nebenwirkungen Rötungen der Haut (an der Stelle wo die Stosswellen in den Körper eingekoppelt werden) und gelegentlich Hämatome beobachtet. Die Nebenwirkung auf Nervengewebe scheint unbedeutsam zu sein. In klinischen und tierexperimentellen Untersuchungen wurden selbst im Gesichtsbereich keine Nervenschäden mit Funktionsausfällen beschrieben, obwohl mikroskopisch Dilatationen und Zerreissungen von Nervenfasern gesehen wurden (Hasegawa et al., 1993; Hessling et al., 1993; Smits et al., 1993). Der Schweregrad der Schädigungen korreliert besser mit dem maximalen Druck im Fokusgebiet als mit der Impulszahl. Bei konstantem Druck lässt sich eine Zunahme der Schäden mit steigender Stosswellenzahl nachweisen. Der bei hohen Stosswellenenergien auftretende schädigende Effekt regt die Osteogenese an, was bei der verzögerten Knochenbruchheilung (Pseudarthrose) gezielt eingesetzt wird.

Zusammenfassend gilt, dass gewisse Körperzonen bei der Anwendung der Stosswellentherapie nicht oder mit Vorsicht behandelt werden müssen. So dürfen kein Lungengewebe und keine gasgefüllten Darmschlingen in der unmittelbaren Fokusregion liegen. Ebenfalls sollten nach Möglichkeit grössere Blutgefäße und Nervenstränge geschont werden.

## Therapieformen in der ESWT

Bei der Stosswellentherapie werden je nach Energieflussdichte verschiedene Therapieformen unterschieden.

### Niederenergetische Therapie

Die niederenergetische Therapieform wird in der Regel bei der reinen Schmerztherapie eingesetzt.

In vielen Fällen ist keine Lokalanästhesie erforderlich und die Nebenwirkungen sind gering. Für eine erfolgreiche Therapie müssen jedoch oft mehrere Behandlungen, in Abständen von 1–2 Tagen durchgeführt werden. Mit niederenergetischen Wellen können auch Steine in den Halsspeicheldrüsen zertrümmert werden.

## Mittelenergetische Therapie

Damit werden vor allem Verkalkungen in oberflächlich gelegenen Sehnen oder Schleimbeuteln behandelt. Auch bei Pseudarthrose wird mit solchen Energieflossdichten gearbeitet. In der Regel ist eine Lokalanästhesie oder Sedation notwendig, da diese Behandlungsform schmerhaft ist. Als Nebenwirkungen können lokale Hautrötungen oder auch kleine Hämatome entstehen, die jedoch nach einigen Tagen wieder abheilen. Um das Therapieziel mit dieser Form zu erreichen, genügen eine bis zwei Behandlungen, die im Abstand von drei bis vier Wochen erfolgen können.

## Hochenergetische Therapie

Hohe Energieflossdichten dienen vor allem der Zertrümmerung von Nierensteinen und der Auflösung von Kalkdepots. Da diese Therapieform sehr schmerhaft sein kann, ist eine angemessene Sedation und Analgesie immer indiziert. In gewissen Fällen, insbesondere bei der Therapie von verzögriger Knochenbruchheilung, wird eine Allgemeinanästhesie benötigt. Als Nebenwirkungen können Hämatome in der Tiefe im Fokusbereich entstehen. In der Regel genügt eine Behandlung. Verkalkungen und festere Nierensteine benötigen jedoch wiederholte Behandlungen.

Im Gegensatz zur Behandlung von Verkalkungen am Bewegungsapparat, wo der Kalk auch unmittelbar nach der Behandlung noch sichtbar bleibt, ist bei der erfolgreichen Zertrümmerung von Nierensteinen (Lithotripsie) der Steinabgang durch den Harnleiter mit geeigneten bildgebenden Verfahren zu sehen.

## Anwendungen der ESWT in der Humanmedizin

### Indikationen

Die Stoßwellentherapie wird in der Humanmedizin seit 1981 mit grossem Erfolg in der Urologie zur Zerstörung von Nieren- und Blasensteinen eingesetzt. Seit rund zehn Jahren kommt diese Methode zunehmend auch in der Orthopädie, vor allem zur Behandlung von Sehnenverkalkungen,

Tennis-Ellbogen und Fersensporn zur Anwendung (Chaussy et al., 1997; Loew und Rompe, 1998). Obwohl in zahlreichen Arbeiten positive Effekte beschrieben werden, fehlen noch qualitativ hochwertige Studien, um ein abschliessendes Urteil fällen zu können (Heller und Niethard, 1998).

## Anwendung der ESWT beim Pferd

In der Veterinärmedizin wurden bislang keine kontrollierten klinischen Studien über die Anwendung der ESWT durchgeführt. Es wurden lediglich einige experimentelle Arbeiten publiziert, die über ermutigende Erfahrungen im orthopädischen Bereich bei Pferden berichten. Pferde werden mit mittlerer bis hoher Energiestufe therapiert, wobei normalerweise zwei bis drei mal im Abstand von jeweils drei Wochen behandelt wird. Bei Verkalkungen wird ein verlängertes Therapieintervall von drei bis sechs Wochen gewählt. Das zu behandelnde Gebiet wird ausgeschert oder rasiert und für die Therapie selbst müssen die Tiere sediert werden. Eine Therapiesitzung dauert je nach Gerät und Indikation zwischen 10 und 25 Minuten.

Folgende Veränderungen wurden bereits mit guten klinischen Resultaten behandelt:

- Insertionsdesmopathien des M. interosseus medius
- Sehnen- und Bandläsionen mit und ohne Verkalkungen an
  - M. interosseus medius
  - oberflächlicher und tiefer Beugesehne (OBS/ TBS)



Abbildung 7: Stoßwellengerät Equitron™.

- Unterstützungsband der TBS
- M. biceps brachii
- osteoporotische Veränderungen an Gleichbeinen/Sesamoiditis

Als weitere mögliche Indikationen für die Behandlung mit Stosswellen gelten:

Spat, extraartikuläre Schalen, Exostosen, kissing spines, Podotrochlose, Griffelbeinfrakturen und Pseudarthrosen

Die ESWT hat in den letzten Jahren in der Pferdechirurgie zunehmend an Bedeutung gewonnen. Vor allem in Deutschland, aber auch den USA werden mehr und mehr Pferde mit dieser modernen Therapieform behandelt. An der Veterinär-Chirurgischen Klinik der Universität Zürich ist seit Anfang 2000 ein Stosswellengerät (EQUITRON™, High Medical Technologies, Lengwil) im Einsatz (Abb. 7). In einer 2-jährigen Studie soll der Therapieeffekt auf oben genannte Indikationen genauer abgeklärt werden.

## Thérapie au moyen d'ondes de choc par voie externe en médecine vétérinaire

Cette synthèse de la littérature devrait permettre de se faire une idée sur une nouvelle méthode thérapeutique dans le domaine de l'orthopédie équine. En médecine humaine, la thérapie au moyen d'ondes de choc par voie externe est utilisée pour la lithotripsie de calculs rénaux et en orthopédie. En médecine équine, elle est appliquée uniquement à des problèmes de l'appareil locomoteur. Les indications principales sont les desmopathies d'insertion du *musculus interosseus medius*, les lésions des tendons et des ligaments, les atteintes ostéoporotiques et l'éparvin. Le mode d'action des ondes de chocs ainsi que les appareils qui peuvent être utilisés en orthopédie équine sont exposés. De plus, une étude conduite à l'hôpital vétérinaire de Zurich est présentée.

## Terapia d'onda d'urto extracorporea nella medicina veterinaria

Questo studio fornisce una visione d'insieme di una nuova forma di terapia nell'ortopedia dei cavalli. Nella medicina umana la terapia d'onda d'urto extracorporea viene usata per la litotripsia di calcoli renali e nell'ortopedia. Nella medicina dei cavalli viene usata unicamente in problemi dell'apparato motorio. Tra le indicazioni principali vi sono le desmopatie inserzionali del *M. interosseus medius*, lesioni a tendini e ligamenti, danni osteoporotici e lo spato. Vengono discussi il modo d'azione delle onde d'urto e l'utilizzazione pratica dei diversi apparecchi per le onde d'urto nell'ortopedia dei cavalli. Inoltre viene approfondito uno studio attualmente in corso al Tierspital di Zurigo.

## Literatur

Chaussy C., Eisenberger F., Jocham D., Wilbert D.: High Energy Shock Waves in Medicine. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1997.

Hasegawa S., Kato K., Takashi M., Zhu Y., Obata K., Miyake K.: S100a0 protein as a marker for tissue damage related to extracorporeal shock wave lithotripsy. Eur. Urol. 1993, 24: 393–396.

Heller K. D., Niethard F. U.: Der Einsatz der extrakorporalen Stosswellentherapie in der Orthopädie-eine Metaanalyse. Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete 1998, 136: 390–401.

Hepp W., Grünewald M., Brendel W.: Die extrakorporale Stosswellenlithotripsie. Spektrum der Wissenschaft 1991, Juli: 44–53.

Hessling K., Schlick R., Luckey R., Gratz K., Qaiyumi S., Allhoff E.: The therapeutic value of ambulatory extracorporeal shockwave lithotripsy of salivary calculi. Results of a prospective study. Laryngorhinootologie 1993, 72: 109–115.

Loew M., Rompe J.-D.: Stosswellenbehandlung bei orthopädischen Erkrankungen. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1998.

Smits G., Heerschap A., Oosterhof G., Debruyne F., Schalken J.: Biological effects of high energy shock waves in mouse skeletal muscle: correlation between 31P magnetic resonance spectroscopic and microscopic alterations. Ultrasound Med. Biol. 1993, 19: 399–409.

## Korrespondenzadresse:

Dr. med. vet. M. Schnewlin, Veterinär-Chirurgische Klinik der Universität Zürich,  
Winterthurerstr. 260, CH-8057 Zürich

Manuskripteingang: 20. Juni 2000

In vorliegender Form angenommen: 22. November 2000