

# Die segmentspezifische Nervenversorgung am Pferdehuf

Silke Buda und Klaus-Dieter Budras

Institut für Veterinär-Anatomie, Freie Universität Berlin

## Zusammenfassung

Die Nervenversorgung des Hufes spielt sowohl am gesunden Organ als auch bei der Pathogenese verschiedener Huferkrankungen eine wesentliche Rolle. In der vorliegenden Untersuchung wurde zunächst die verfügbare Literatur über den makroskopisch nachvollziehbaren Nervenverlauf zusammengefasst und bewertet. Außerdem wurden Gliedmaßen präpariert und fotografiert und auf den Bildern die wichtigen Strukturen durch digitale Nachbearbeitung verdeutlicht. Die einzelnen Hufsegmente wurden dann an den Vordergliedmaßen zweier Pferde immunhistochemisch auf Nervenfasern untersucht. Dabei kamen Antikörper gegen CGRP, zum Nachweis sensibler Nervenfasern und gegen TH, einem Antikörper zum Nachweis sympathischer vasokonstriktiver Nervenfasern zur Anwendung. Die größte Dichte an Nervenfasern kann um kleine Arterien an der Basis des Lederhautpapillarkörpers (Zöttchen im Sohlen- und Ballensegment und Blättchen im Wandsegment) dargestellt werden. Der Regulation der Mikrozirkulation kommt in diesen Bereichen eine große Bedeutung zu. Bei Erregung durch Entzündungsmediatoren schütten die nachgewiesenen sensiblen Nervenfasern selbst oder benachbarte Nervenäste Neuropeptide wie CGRP aus. Da diese Neuropeptide eine entzündungsverstärkende Wirkung haben, sollte bei Erkrankungen am Huf die Schmerztherapie (neben den tierschutzrelevanten Aspekten) auch als entzündungsmindernde Medikation Beachtung finden. Die Lamellenkörperchen im Ballensegment dienen als sensible Druck- und Bewegungsrezeptoren und damit wahrscheinlich der „Bodenfähigkeit“ beim Fuß des Pferdes.

**Schlüsselwörter:** Nervenfasern, Huf, Gefäßinnervation, CGRP, TH

---

## Segment specific nerve supply of the equine hoof

The nerve supply of the equine hoof plays an important role in sound digits as well as in the pathogenesis of hoof diseases. With regard to the literature, the macroscopic arborisation and distribution of the nerve fibre bundles was evaluated. Dissection studies were made on fixated equine limbs obtained from the anatomical dissection courses of the department. Photos were taken from the preparations and digitally treated to clarify relevant structures. For immunohistochemistry, samples were taken from two horses immediately after euthanasia. Antibodies against CGRP, a marker for sensory nerve fibres and TH, a marker for noradrenergic nerve fibres were used. The highest density of nerve fibres was found around small arteries at the base of the dermal papillary layer (dermal papillae in the solear and bulbar segment, dermal lamellae in the parietal segment). In this area, the regulation of the circulation and therefore the nutritional supply of the dermoepidermal modifications seems to be of crucial relevance. The demonstrated sensory nerve fibres release neuropeptides like CGRP after activation. Due to the fact that these neuropeptides provoke a neurogenic inflammation or at least aggravate a consisting inflammation, the management of pain should be taken into consideration not only because of animal welfare reasons but also to alleviate the inflammation itself. Lamellar corpuscles in the bulbar segment function as proprioceptors and provide a secure gait.

**Keywords:** nerve fibres, hoof, innervation of blood vessels, CGRP, TH

## Einleitung und Literatur

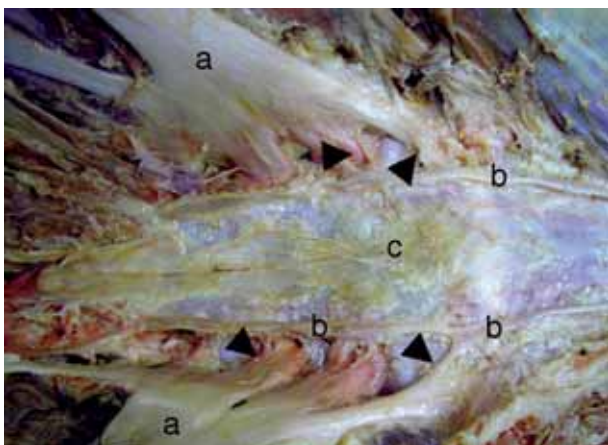
Beim Menschen ist die Nervendichte in den Fingern und Zehen sehr hoch. Entsprechend empfindlich und „feinfühlig“ ist man auch in diesen Gebieten. Beim Pferd, dessen dritter „Finger“ als Träger der gesamten Körperlast fungiert, ist die Nervenversorgung ebenfalls sehr dicht. Die Nn. palmares / plantares med. et lat. sind an der Vordergliedmaße Äste des N. medianus und ulnaris und an der Beckengliedmaße Äste des N. tibialis (Budras und Röck 2004). An der Pferdezehe und am Huf gibt es keine Muskeln, d.h., die Nerven, die bis dort hin ziehen, sind entweder Fasern des autonomen Nervensystems, die an die Blutgefäße ziehen und deren Lumenweite regulieren, oder sensible Fasern, die Schmerzreize oder Tastempfindungen (Oberflächen- und Tiefensensibilität) an das Gehirn melden. In den Zehennerven kommen dement-

sprechend markreiche, schnell leitende sensible Nervenfasern, markhaltige und marklose Schmerzfasern, und marklose, langsam leitende Nervenfasern des autonomen Nervensystems vor (Böhme 1992).

Die Nervenfasern des autonomen Nervensystems entstammen an den Gliedmaßen nur dem Sympathikus, parasymphatische Fasern ziehen nicht zur Zehe, sondern ausschließlich zu Organen der Körperhöhlen und zu Strukturen am Kopf (Speicheldrüsen, Auge). Die sympathischen Nervenfasern an der Schultergliedmaße entstammen dem Ganglion stellatum, welches wiederum markhaltige Zuflüsse (Rr. communicantes albi) aus dem Cornu laterale des thorakalen Rückenmarks erhält. Vom Ganglion stellatum ziehen die umgeschalteten marklosen Rr. communicantes grisei zu den Ventromedial-

ästen des achten Hals- und der ersten Thorakalspinalnerven und speisen so die aus dem Armgeflecht hervorgehenden Nn. medianus und ulnaris. Die sympathischen Fasern für die Beckengliedmaßen verlaufen als Rr. communicantes albi vom Lumbalteil des Rückenmarks zu den lumbalen und sakralen Paravertebralganglien (Grenzstrangganglien), wo sie auf postganglionäre marklose Neurone umgeschaltet werden, deren Axone als Rr. communicantes grisei dem N. ischiadicus und damit seinem Hauptteilungsast, dem N. tibialis, zugeleitet werden (Böhme 1992, King 1999).

Die Verzweigung der Zehennerven hat Nörner bereits 1886 beschrieben: Am Fesselgelenk entlassen die Nn. palmares/plantares med. et lat. (med. bzw. lat. Zehennerv) jeweils einen Ramus dorsalis. Dieser Ast des Zehennerven geht unter der Haut schräg nach vorn abwärts und löst sich in mehrere Zweige auf, die sich über die Fessel hinaus im Huf verteilen, und zwar im Saum-, im Kron- und schließlich im Wandsegment. Etwa am Krongelenk entlassen der mediale und der laterale Zehennerv jeweils einen Ramus tori zum Ballen, bevor sie sich an der Innenfläche des Hufknorpels in zwei Endäste aufteilen. Der äußere Endast tritt zwischen den Hufbeinästen und den Hufknorpeln durch das Foramen parietale nach außen und spaltet sich in mehrere Zweige, von denen der größte in der Wandrinne des Hufbeins in Begleitung der Arterie nach vorn zieht. Er teilt sich in viele kleine Zweige, die distal zum Sohlenrand ziehen. Der innere Endast tritt, nachdem er auch Zweige für das Strahlbein, die Hufgelenkscapsel und die Wand der Bursa podotrochlearis abge-



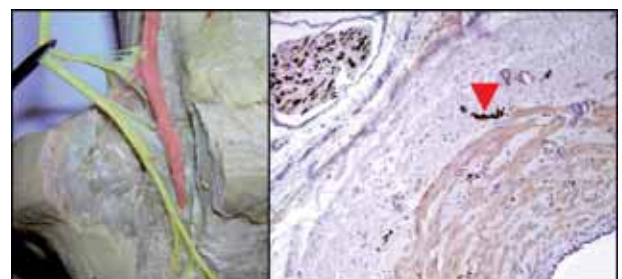
**Abb 1** Truncus lumbosacralis mit Abgang des N. ischiadicus (a), sakraler Teil des sympathischen Grenzstranges (b), Rami communicantes grisei zum Nervus ischiadicus (Pfeile), Os sacrum (ventral, c).  
Lumbosacral trunk giving off the sciatic nerve (a), sacral part of the sympathetic trunk (b), unmyelinated communicating branches to the sciatic nerve (arrows), os sacrum, ventral aspect (c).

geben hat, zusammen mit der inneren Hufbeinarterie durch das Foramen soleare und den anschließenden Canalis solearis in das Innere des Hufbeins. Er teilt sich in zahlreiche Zweige, die durch kleine radiäre Knochenkanäle (zusammen mit Blutgefäßen aus dem Arcus terminalis) zur äußeren Wandfläche des Hufbeins ziehen, hier wieder zum Vorschein kommen und die Lederhaut im distalen Teil des Hufes und besonders der Sohle versorgen.

Neuere Studien zur Innervation von Hufanteilen wurden mit histologischen und immunhistochemischen Methoden durchgeführt:

Sensible Endkörperchen (Lamellenkörperchen) konnten Bowker et al. (1993a) histologisch im Ballensegment des Hufes nachweisen. Sensible Nervenfasern, immunhistochemisch durch Nachweis der Neuropeptide CGRP (Calcitonin gene-related peptide) und SP (Substance P) darstellbar, fanden Bowker et al. (1994) in den Kollateralbändern des Strahlbeins und im Ligamentum sesamoideum distale impar. Die Nervenfaserbündel verlaufen in geringem Abstand zusammen mit Blutgefäßen, aber nicht in deren Adventitia. Auch das Strahlbein selbst wird durch sensible Nervenfasern innerviert, die Neuropeptide (CGRP, SP, Neurokinin A) enthalten und bei Erregung ausgeschüttet werden. Ebenso ist das Stratum synoviale der Hufgelenkscapsel sensibel innerviert. In einer weiteren Studie am Fohlenhuf (Bowker et al. 1995) konnte die Arbeitsgruppe wiederum immunhistochemisch eine große Nervenfaserdichte im dorsalen Bereich der Kollateralbänder des Strahlbeins nachweisen. Die Innervation der Hufgelenkscapsel wird im Zusammenhang mit diagnostischen Lokalanästhesien und deren Aussagekraft diskutiert (Bowker et al. 1993b 1994, Rijkenhuizen 2001). Auch den Hufknorpel durchziehen sensible Nervenfaserbündel, die die ausgedehnten Venennetze begleiten (Bowker et al. 1998).

Molyneux et al. (1994) fanden eine dichte Nervenversorgung von arteriovenösen Anastomosen im Kronsegment und an der Lederhautblättchenbasis im Wandsegment mit Fasern unterschiedlicher Qualität (sensible, vasodilatativ wirksame und vasokonstriktorische). Van Wulfen und Bowker (2002) weisen nicht nur sensible Nervenfasern im Wandsegment, dem distalen Strahlbeinband und der tiefen Beugesehne



**Abb 2** Immer wieder treten Nervenfasern aus dem lateralen Zehennerven an die Blutgefäße heran und in deren Adventia ein. Links ein makroskopisches, digital nachbearbeitetes Präparat, rechts ein histologisches Präparat, immunhistologische Darstellung der sympathischen noradrenergen Fasern. Übertritt einzelner Faserbündel (Pfeil) an die Blutgefäßwand (BG). Vergr. 100x  
Nerve fibre bundles are leaving the main neural trunk and join the adventitial layer of the blood vessels at periodical intervals. Left side, photograph: digitally marked nerves and blood vessel. Right side, histologic sample: immuno-positive reaction of noradrenergic sympathetic nerve fibres. Smaller nerve fibre bundle (arrow) approaching the vessel wall (BG).

nach, sondern auch Rezeptoren für Neuropeptide in den benachbarten Blutgefäßen. Die von sensiblen Nervenendigungen ausgeschütteten Neuropeptide wirken offensichtlich auf Blutgefäße in der Weise, dass neurogene Entzündungsercheinungen initiiert werden, d.h. Vasodilatation, Plasmaextravasation, Anlockung von Lymphozyten usw..

## Material und Methode

Die Präparation und Entnahme von Gewebeproben erfolgte an Pferdegliedmaßen, die im Rahmen des anatomischen Unter-

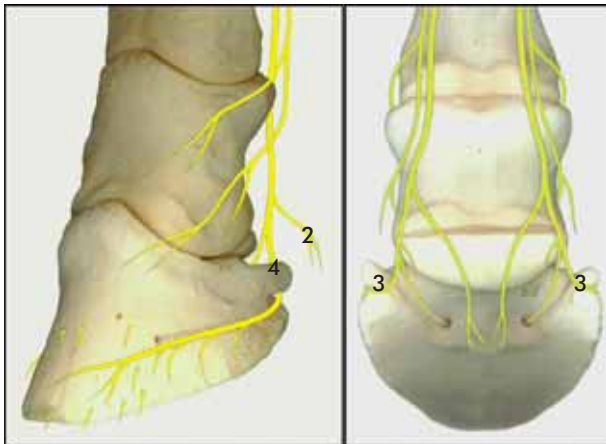
richts im Institut für Veterinär-Anatomie verwendet werden. Die Darstellung der Rami communicantes grisei für den N. ischiadicus wurde an formalinfixierten Beckengliedmaßen von 3 Pferden vorgenommen. Für die Präparation der Zehennerven wurden fixierte distale Gliedmaßenenden verwendet. Die Proben für histologische und immunhistochemische Untersuchungen wurden 2 Pferden direkt nach der Euthanasie entnommen.

Nach Präparation der distalen Gliedmaßen wurde zur Verdeutlichung der Nervenäste und ihrer Beziehung zu Blutgefäßen die entsprechenden Strukturen auf digitalen Fotos farblich hervorgehoben.

Die histologischen Proben wurden in einer Paraformaldehyd-Pikrinsäure-Lösung n. Zamboni (Romeis 1989) fixiert und in Paraffinwachs eingebettet. Die immunhistologischen Untersuchungen erfolgten an Paraffinschnitten mit Primärantikörpern gegen CGRP (Calcitonin gene-related peptide, Marker für sensible Nervenfasern) und TH (Tyrosin-Hydroxylase, zur Darstellung noradrenerger vasokonstriktiver Nervenfasern) mit der Avidin-Biotin-Complex-Methode. Das Chromogensubstrat ist Diaminobenzidin (DAB), eine positive Reaktion wird als brauner Farbniederschlag sichtbar. Die Gegenfärbung erfolgte mit Hämatoxylin.

## Ergebnisse

Die Präparation des ventralen Sakralbereichs der Beckengliedmaßen zeigt eindeutige Zuflüsse (Rami communicantes



**Abb 3** Verlauf der Äste des lateralen und medialen Zehennerven, links laterale Ansicht, rechts Ansicht von palmar/plantar. Rami dorsales (1), Rami tori (2), Ramus externus (parietalis, 3), Ramus internus (solearis, 4)

*Branches of the lateral and medial digital nerve, lateral aspect and palmar/plantar aspect. Dorsal branches (1), bulbar branches (2), external branch in the parietal groove (3), internal branch to the solear foramen (4)*

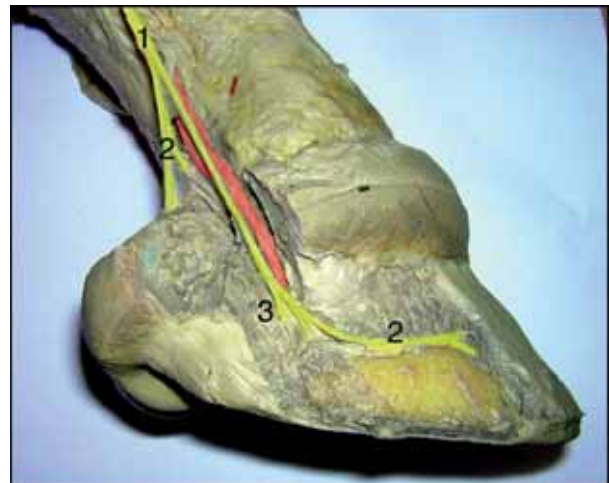
grisei) vom sakralen Teil des sympathischen Grenzstranges zum N. ischiadicus (Abb. 1). Obwohl der Verlauf der autonomen Fasern in den Ventromedialästen der Spinalnerven beschrieben wird (King 1999, Böhme 1992) ist in vielen Lehrbüchern auch von autonomen perivaskulären Geflechten die Rede, in denen der Sympathikus sein Zielgebiet (den z.B. Huf) erreicht. Tatsächlich sind in der Adventitia der größeren Gefäße der Gliedmaßen Nervenfasern vorhanden, doch ziehen die meisten sympathischen Fasern längere Strecken zunächst in den makroskopisch sichtbaren somatischen Ner-

ven und werden jeweils in der Nähe ihres Zielgebietes aus dem Nervenfaserbündel entlassen (Abb. 2).

Die Abb. 3 und 4 zeigen den Verlauf und die Verzweigung der Zehennerven, soweit die Äste präparatorisch mit bloßem Auge verfolgt werden konnten. Das Gliedmaßenende (Abb. 4) wurde ausgeschuht, d.h., die Hornkapsel ist entfernt. Zur Präparation der Nervenäste sind Teile der Kron- und Wandelrhaut sowie Teile des Hufknorpels abgetragen worden, das Hufbein ist teilweise sichtbar.

Der makroskopisch sichtbare Verlauf der Zehennervenäste entspricht den Angaben von Nörner, wobei individuelle Variationen unberücksichtigt bleiben. Die funktionelle Reichweite der präparierten Nervenäste erstreckt sich aber über einen viel weitergehenden Bereich, der nur durch histologische Serienschritte und aufwendige Untersuchungen näher bestimmt werden könnte, wobei die schon genannten individuellen Unterschiede eine große Anzahl an zu untersuchenden Tieren erfordern würden.

In der vorliegenden Untersuchung wurden Gewebeproben aus dem proximalen und distalen Wandsegment, aus der Sohle und aus dem Ballen histologisch ausgewertet. In allen Bereichen ist zunächst ein vergleichbares Muster zu finden: Größere Nervenfaserbündel ziehen tief in der Lederhaut, bzw. in Bereichen mit Unterhautpolster (Ballen). Die Nerven sind gemischt, d.h., markhaltige und marklose, TH-immunopositive (sympathische) sowie CGRP-immunopositive (sensible)

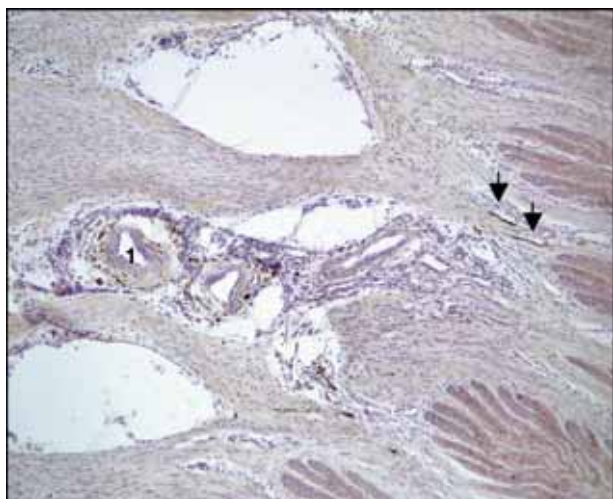


**Abb 4** Der laterale Zehennerv (1) liegt hinter der entsprechenden Arterie und gibt Rami tori (2) für den Ballen ab. Der innere Endast (3) ist deutlich schwächer als der äußere Endast (4), der durch das Foramen parietale in die Wandrinne zieht und Äste besonders nach distal zum Sohlenrand abgibt.

*The digital nerve (1) is situated behind the corresponding artery, giving off branches (2) to the bulbar segment. The internal branch (3) is weaker than the external branch (4), which runs in the parietal groove and gives off smaller branches towards the solear margin of the coffin bone.*

Nervenfasern kommen vor. Zur Oberfläche, Richtung Epidermis, sind dann kleinere Nerven zu finden, die sich zunehmend den Blutgefäßen annähern, allerdings diese nur spärlich innervieren. Schließlich sind um Arterienabschnitte, die direkt an der Basis der Lederhautblättchen (Wandsegment) bzw. Zöttchen (Sohle und Ballen) liegen, sehr viele einzelne Nervenfasern zu sehen. Die Nervenfaserdichte um diese kleinen Arterien ist nicht gleichmäßig, sondern sehr unterschiedlich.

Gefäßverzweigungen und Aufgabelungen scheinen besonders stark innerviert zu sein. Sowohl TH-positive als auch CGRP-positive Nervenfasern kommen in zum Teil erstaunlicher Dichte vor (Abb. 5 und 6). In die dermoepidermalen Modifikationen – die Blättchen und Zöttchen – ziehen ebenfalls einzelne Nervenfasern, auch sind im Wandsegment noch Arteriolen innerhalb der primären Lederhautblättchen innerviert. Der ganz überwiegende Teil der Nervenfasern scheint sich allerdings an der Basis der Blättchen und Zöttchen um die kleinen Arterien zu gruppieren. An einigen Arteriolen fällt ein spezieller Wandaufbau mit epitheloiden Zellen in der Media auf (Abb. 6, Einleger). Diese gehören wahrscheinlich zu arteriovenösen Anastomosen, die in der äußeren Haut einen entsprechenden Wandaufbau aufweisen und auch von einem dichten Nervenfasernetz umgeben sind. Im Ballen sind zahlreiche Lamellenkörperchen in Gruppen zusammengelagert zu finden (Abb. 7). Sie liegen relativ ober-



**Abb 5** CGRP-immunopositive Nervenfasern um Arterien (1) an der Basis der primären Lederhautblättchen im Wandsegment. Einzelne Nervenfasern ziehen in die Lederhautblättchen (Pfeil). Vergr. 100x

Fig. 5: CGRP-immuno-positive nerve fibres surrounding arteries (1) at the base of the primary dermal lamellae in the parietal segment. Single nerve fibres running into the lamellae (arrow).

flächennah unter der Epidermis. Im Ballenpolster, bestehend aus bindegewebig unterkammerten Fettkissen, sind Nerven ganz selten zu sehen.

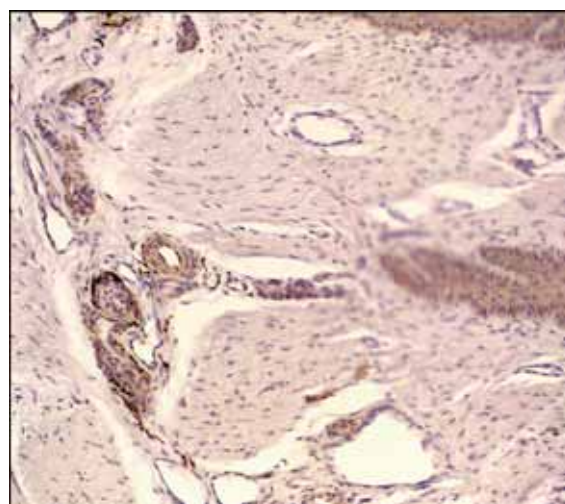
## Diskussion

Über die Innervation der verschiedenen Hufsegmente ist relativ wenig bekannt, obwohl die Kenntnis über verschiedene Nervenfasertypen und Nervenfaserdichten für Behandlungsstrategien bei Hufkrankungen sicher relevant sind. Die schlechte Faktenlage ist sicher durch die schwierigen Präparations- und Untersuchungsmöglichkeiten in dem von der harten Hufkapsel umschlossenen Gebiet bedingt. Die Histologie eröffnet weitere Möglichkeiten, doch kann aufgrund der Technik immer nur ein sehr kleiner Ausschnitt aus der Gesamtstruktur betrachtet werden.

Die umfangreichsten Untersuchungen lieferte in den letzten Jahren die Arbeitsgruppe um Bowker, die sich hauptsächlich mit den sensiblen Nervenfasern in Bändern, dem Strahlbein, der Bursa podotrochlearis und der Wand der Hufgelenk-

kapsel einschließlich der Tiefensensibilität durch Propriozeption beschäftigte. Da in diesen Strukturen viele sensible Nervenendigungen liegen, kann mit der lokalen Gelenkanästhesie ein größerer Bereich als bisher angenommen erreicht werden. Die gleiche Arbeitsgruppe machte auch schon darauf aufmerksam, dass die sensiblen Nervenendigungen im Falle einer Erregung Neuropeptide (CGRP, SP) ausschütten, die eine vasodilatative Wirkung haben und ganz allgemein eine bestehende Entzündung des Gewebes noch verstärken können (neurogene Entzündung). Auch die Beeinflussung des Immunsystems und Mineralstoffwechsels, denn CGRP hemmt die Osteoklastenaktivität, wurde beschrieben.

Zur Wirkungsweise von Neuropeptiden im Pferdehuf gibt es keine spezifischen Untersuchungen, doch ist es folgerichtig, aus allgemein bekannten CGRP-Wirkungen auf



**Abb 6** TH-immunopositive Nervenfasern um Arterien im distalen Wandsegment. Einleger: Arterie mit epitheloiden Zellen (Pfeil) und normale Arterie. Vergr. 200x

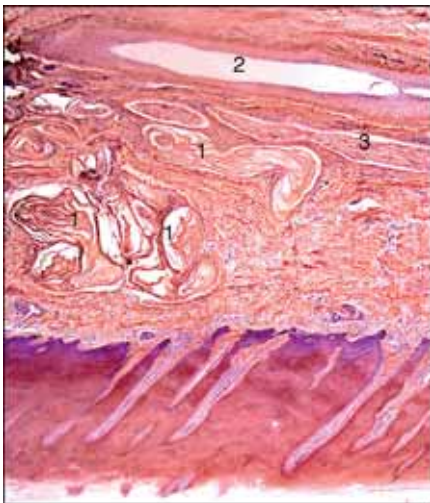
TH-immuno-positive nerve fibres around arteries in the distal parietal segment. Insert: Arterie with epitheloid cells within its wall (arrow).

Vorgänge im Huf zu schließen (Wulfen und Bowker 2002), wenn Nervenfasern in so großer Anzahl immunopositiv auf dieses Neuropeptid reagieren. Viele Erkrankungen des Hufes gehen mit einer Dysregulation der Blutversorgung einher, und die Blutzufuhr zu den einzelnen Segmenten scheint über die dicht innervierten Arterien und Arteriolen an der Basis der Lederhautzöttchen und -blättchen reguliert zu werden. Diese Wandabschnitte der Blutgefäße gehören zu Sphinkterarterien und zu arteriovenösen Anastomosen, wie sie auch Molyneux et al. (1994) beschrieben haben.

Die sensiblen Nervenfasern können auf zwei Wegen zum Huf gelangen: Einerseits in den Zehennerven des somatischen Nervensystems und andererseits mit Fasern des autonomen Nervensystems in perivaskulären Geflechten. Wie in den Körperhöhlen verlaufen in den Nervenfaserbündeln des sympathischen Nervensystems für die Gliedmaßen nicht nur efferente Bahnen, die Blutgefäße, Schweißdrüsen der Haut und Piloarrektoren innervieren, sondern auch afferente viscerosensible Bahnen, die Informationen über Gefäßweite und Wandspannung sowie Gefäßschmerz an das ZNS vermitteln.

Ein typisches Beispiel für Gefäßschmerzen des Menschen ist die Migräne, bei der Neuropeptide wie CGRP eine Schlüsselrolle spielen. Die Ausschüttung von CGRP aus Nervenendigungen führt zur Dilatation der meningealen Blutgefäße, ein Zustand, der in der Schädelkalotte zu starken Schmerzen führt. Das gleiche Prinzip einer Druckerhöhung ohne Möglichkeit zur Ausdehnung liegt in der Hufkapsel vor und dürfte für starke Hufschmerzen mitverantwortlich sein.

In der Literatur liegen keine Angaben vor, in welchen Abständen und wo genau Nervenfasern jeweils aus den größeren Nervenstämmen an die Gefäße übertreten. Wenn es auch nach Neurektomie (oder Leitungsanästhesie) des Zehennerven noch zu Schmerzempfindungen im Huf kommt, können z.B. weiter proximal übergetretene Nervenfasern in der Arterienwand, an der Neurektomiestelle vorbei, nach distal ziehen und damit die sensible Innervation zumindest der Blutge-



**Abb 7** Mehrere Vater-Pacini-Lamellenkörperchen (1) im Ballensegment. Arterie (2) und größerer Nerv (3). Vergr. 50x  
*Lamellar corpuscles (1) in the bulbous segment, artery (2) and nerve (3)*

fäße auch distal des Nervenstumpfes (der Injektionsstelle) aufrecht erhalten (s. Abb. 2).

Die große Dichte an noradrenergen, vasokonstriktiven Fasern weist schließlich auf die zentrale Regulation der Durchblutung des Hufes durch das sympathische Nervensystem hin. Hier gilt es zu bedenken, dass durch Zustände, die sich durch einen hohen Sympathikotonus (körperliche Belastung, Angst, Schmerzen) geprägt sind, auch die Durchblutung im Huf beeinflusst wird.

## Literatur

- Böhme G. (1992): Vegetatives Nervensystem. In: *Nickel, Schummer, Seiferle: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere*, Band IV, 3. Aufl. 350-384
- Bowker R. M., A. M. Brewer, K. B. Vex, L. A. Guida, K. E. Linder, I. M. Sonea und A. W. Stinson (1993a): Sensory receptors in the equine foot. *Am. J. Vet. Res.* 54, 1840-1844
- Bowker R. M., Rockershouser S. J., Vex K. B., Sonea I. M., Caron J. P. und Kotyk R. (1993b): Immunocytochemical and dye distribution studies of nerves potentially desensitized by injections into the distal interphalangeal joint or the navicular bursa of horses. *J. Amer. Vet. Med. Assoc.* 203, 1708-1714
- Bowker R. M., S. J. Rockershouser, K. Linder, K. B. Vex, I. M. Sonea und J. P. Caron (1994): A silver-impregnation and immunocytochemical study of the innervation of the distal sesamoid bone and its suspensory ligaments in the horse. *Equine vet. J.* 26, 212-219
- Bowker R. M., K. Linder, I. M. Sonea und R. E. Holland (1995): Sensory innervation of the navicular bone and bursa in the foal. *Equine vet. J.* 27, 60-65
- Bowker R. M., K. K. van Wulfen, S. E. Springer und K. E. Linder (1998): Functional anatomy of the cartilage of the distal phalanx and digital cushion in the equine foot and a hemodynamic flow hypothesis of energy dissipation. *Am. J. Vet. Res.* 59, 961-968
- Budras K.-D. und S. Röck (2004): *Atlas der Anatomie des Pferdes*. Schlütersche, Hannover, 5. Aufl.
- King A. S. (1999): Sympathetic motor pathways in the peripheral nervous system. *The cardiorespiratory system*, Blackwell science, 9-42
- Molyneux G. S., C. J. Haller, K. Mogg und C. C. Pollitt (1994): The structure, innervation and location of arteriovenous anastomoses in the equine foot. *Equine vet. J.* 26, 305-312
- Nörner C. (1886): Über den feineren Bau des Pferdehufes. *Arch. Mikrosk. Anat.* 28, 171-224
- Rijkenhuizen A. B. M. (2001): Die diagnostischen Anästhesien an der Vordergliedmaße des Pferdes. *Pferdeheilkunde* 17, 330-338
- Romeis (1989): *Mikroskopische Technik*. Urban & Schwarzenberg, 17. Aufl., 464
- Wulfen K. K. und R. M. Bowker (2002): Evaluation of tachykinins and their receptors to determine sensory innervation in the dorsal hoof wall and insertion of the distal sesamoid impar ligament and deep digital flexor tendon on the distal phalanx in healthy feet of horses. *Am. J. Vet. Res.* 63, 222-228

Dr. Silke Buda  
Freie Universität Berlin  
Institut für Veterinär-Anatomie  
Koserstraße 20  
14193 Berlin  
[buda.silke@vetmed.fu-berlin.de](mailto:buda.silke@vetmed.fu-berlin.de)

Pferdeheilkunde Curriculum Berlin  
**Atemwegserkrankungen**  
Bernhard Ohnesorge und Monica Venner  
10.-11. Dezember 2005  
[www.pferdeheilkunde.de](http://www.pferdeheilkunde.de)