



DOI 10.2377/0023-2076-62-4  
AniCura Tierärztliche Klinik Bielefeld

# Intrakorporale Fragmentierung von Urolithen mit einem pneumatischen Lithotripter (StoneBreaker™)

**Peter Pantke, Klaus Flaig**

Korrespondenzadresse: peter.pantke@anicura.de

**Zusammenfassung** Urolithiasis führt beim Hund häufig zu einem chirurgischen Eingriff. Eine minimalinvasive lasergestützte Steinertrümmerung wird dagegen selten angeboten, weil hierzu eine kostspielige Ausrüstung bereitgehalten und eine beachtliche Lernkurve im Umgang mit Laserstrahlen überwunden werden muss. Deshalb sollte in der vorliegenden klinischen Pilotstudie ein Pneumolithotripter (StoneBreaker™) als mögliche Alternative zum Laser-Lithotripter getestet werden. Die Fragmentierung der Urolithen erfolgt bei diesem Gerät durch Übertragung eines pneumatisch ausgelösten Schlagimpulses über eine semirigide Zertrümmerungssonde im Kontaktverfahren auf den Stein. Die Schlagenergie geht von einer auswechselbaren Hochdruck-Kohlendioxid-Patrone aus. Wesentliche Anwendungsvoraussetzung für den StoneBreaker™ ist die Verwendung eines starren Endoskops mit geradem Arbeitskanal. Mittels StoneBreaker™ konnten bei vier von vier Hündinnen mit 16–55 Harnblasensteinen bis zu einem maximalen Durchmesser von 9 mm alle Steine fragmentiert und durch Urohydropulsion entfernt werden. Mittels StoneBreaker™ konnte bei vier von sechs Rüden ab einem Körpergewicht von 7 kg und mit einem bis elf Harnröhrensteinen bis zu einem maximalen Durchmesser von 4 mm eine Harnröhrenobstruktion beseitigt werden. Bei zwei von sechs Rüden, die mit tief impaktierten Harnröhrensteinen vorgestellt wurden, konnte eine weitere Schädigung der Urethra durch pneumatische Schlagimpulse nicht sicher ausgeschlossen werden. Bei diesen beiden Rüden wurde die Harnröhrenobstruktion deshalb durch Laser-Lithotripsie beseitigt. Die pneumatische Lithotripsie mittels StoneBreaker™ erwies sich als kostengünstig, effektiv und leicht erlernbar. Weitere Anwendungen im klinischen Einsatz werden zeigen, inwieweit hierdurch die Laser-Lithotripsie im Harntrakt beim Hund ersetzbar ist.

**Schlüsselwörter** Urethrozystoskopie, Harnsteine, Harnsteinertrümmerung, pneumatische Lithotripsie, Laser-Lithotripsie

## Intracorporal fragmentation of urinary stones with pneumatic lithotripter (StoneBreaker™)

**Summary** Urolithiasis often requires surgical treatment. Alternative methods of minimally invasive laser-assisted stone fragmentation are rarely offered because of equipment expenses and a flat learning curve. The aim of this clinical pilot study was evaluation of a pneumatic lithotripter (StoneBreaker™) for the treatment of urinary stones as an alternative to laser lithotripsy. Fragmentation of uroliths by pneumatic lithotripsy is achieved by transmission of a pneumatic shock pulse by a semirigid fragmentation probe in contact mode on the stone. Fragmentation energy is provided by a replaceable high pressure carbon dioxide cartridge. For application of the lithotripter probe a rigid endoscope with a straight working channel is required. The StoneBreaker™ was applied successfully in four of four bitches carrying 16–55 bladder stones up to a maximum diameter of 9 mm. In four of six male dogs weighing at least 7 kg and carrying 1–11 urethral stones up to a maximum diameter of 4 mm, urethral obstruction could be resolved. Two of six male dogs were presented with deeply impacted urethral stones. Further damage to the urethra using pneumatic shock pulse energy could not be excluded. In these two patients, urethral obstruction was dissolved by laser lithotripsy. Pneumatic lithotripsy using StoneBreaker™ showed promise as a low cost, effective, safe and easy to learn procedure. Further application in clinical cases will show to what extent this method may replace laser lithotripsy in the canine urinary tract.

**Keywords** urethroscopy, urinary stones, urinary stone fragmentation, pneumatic lithotripsy, laser lithotripsy

## Einleitung

Harnabsatzstörungen beim Hund sind häufig durch Urolithiasis bedingt (Hesse und Neiger, 2007). Urolithen, die weder per vias naturales entfernt werden können noch chemisch-metabolisch auflösbar sind, bedürfen üblicherweise einer chirurgischen Therapie (Defarges et al., 2013). Als veterinärmedizinische Standardeingriffe gelten eine Zystotomie oder eine Urethrotomie (Tobias, 2011). In der Humanmedizin wurden diese Operationsmethoden innerhalb der letzten 20 Jahre durch Weiterentwicklung minimalinvasiver Behandlungsverfahren ersetzt (Papatsoris et al., 2012). Erste minimalinvasive, endourologische Therapieverfahren erfolgten in der Veterinärmedizin unter Verwendung eines Laser-Lithotripters (Grant et al., 2008). Limitierende Faktoren für die Verbreitung dieser Technik sind das kostspielige Equipment, bestehend aus Lasergerät und endoskopischer Einheit, eine relativ flache Lernkurve im Umgang mit Lasern und endochirurgischen Techniken (Lulich et al., 2009) sowie fehlende räumliche und personelle Voraussetzungen, um die rechtlichen Anforderungen an die Laserverordnung (Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“, 2010) zu erfüllen. Eine mögliche Alternative zur Laser-Lithotripsie bietet die Nutzung eines pneumatischen Lithotripters (StoneBreaker™, Cook Deutschland GmbH, D). Dabei handelt es sich um ein kabelloses Handgerät, das mit einer intern liegenden Kohlendioxid-Patrone betrieben wird. Der pneumatische Lithotripter wurde Anfang der 1990er-Jahre in urologischen Fachabteilungen ziviler Krankenhäuser eingeführt (Denstedt et al., 1992) und stellte in manchen Ländern lange Zeit die einzig verfügbare Behandlungsmodalität zur intrakorporalen Lithotripsie von Harnsteinen beim Menschen dar (Hong, 2009). Aufgrund seiner kompakten Bauweise, Mobilität und einfachen mechanischen Konstruktion wird der StoneBreaker™ auch bei Auslandseinsätzen der Bundeswehr im Sanitätsdienst verwendet (Reitzel, 2014). Der pneumatische Lithotripter ist ebenso in vitro validiert (Wang et al., 2012) und sollte nun nach Kenntnis der Autoren erstmals in einer klinischen Pilotstudie beim Hund getestet werden.

## Material und Methoden Patientenauswahl

Im Rahmen dieser Studie sollte untersucht werden, inwiefern eine transurethrale endoskopische Harnsteinzertrümmerung beim Hund mithilfe eines pneumatischen Lithotripters unter üblichen klinischen Bedingungen möglich ist. Des Weiteren sollte geprüft werden, inwieweit hierdurch eine Laser-Lithotripsie ersetzbar ist.

Zu diesen Zwecken wurden in der Tierärztlichen Klinik Bielefeld zwischen Oktober 2014 und November 2015 vier Hündinnen und sechs Rüden mit Harnröhren-, Harnblasen- oder Harnröhren- und Harnblasensteinen in diese Studie aufgenommen. Die Patientenauswahl beschränkte sich auf Patienten ohne sonstige weitere Vorerkrankungen und unter diesen auf Hündinnen mit einem Körpergewicht bis 20 kg und auf Rüden mit einem Körpergewicht ab 7 kg, bei denen okkludierende Harnröhrensteine nicht in die Harnblase rückspülbar waren. Eingangs erfolgten eine klinische Allgemeinuntersuchung, die Erstellung eines hämatologischen und biochemischen Serumprofils, die Erhebung eines vollständigen Urinstatus sowie eine sonografische und röntgenologische Bildgebung. Dabei wurden die größten Durchmesser der Urolithen sowie deren Anzahl

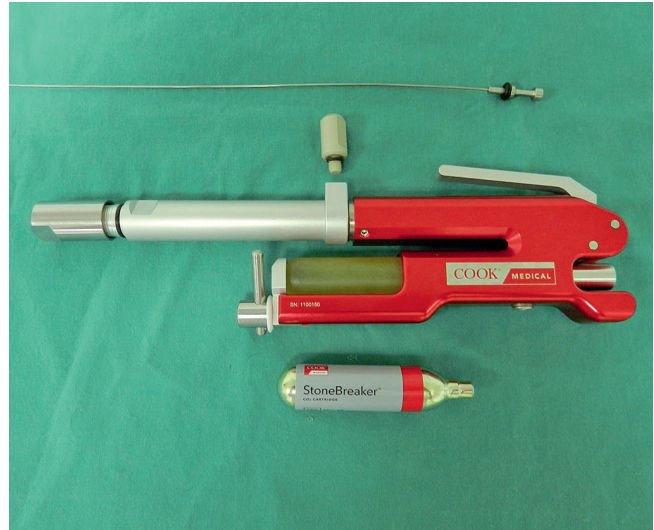


Foto: Pantke

**Abb. 1:** Pneumatischer Lithotripter (StoneBreaker™, Cook Deutschland GmbH, D) mit abgeschraubt abgebildeter Sterilisierkappe. Zur weiteren Vorbereitung auf den Einsatz des Gerätes wird die unten abgebildete Kohlendioxid-Patrone anstelle der Platzhalterpatrone eingelegt und die oben abgebildete Zertrümmerungssonde mit dem knopfförmigen Ende mittels abnehmbarer Kopfkappe auf dem Pistolenlauf installiert. Durch Niederdrücken des Handhebels wird ein pneumatischer Impuls über die installierte Sonde abgegeben.

und Lage ermittelt. Alle Eingriffe fanden nach individuell dosierter intravenöser Einleitung mit Levomethadon (L-Polamivet®, MSD Animal Health GmbH, D), Diazepam (Ziapam®, Laboratoire TVM, F) und Propofol (Narcofol®, CP Pharma, D) unter Inhalationsanästhesie mit Isofluran (1,5–3,0 Vol.-%, Isoflo®, Albrecht GmbH, D) in 100 % Sauerstoff statt und wurden jeweils von demselben Endoskopieur ausgeführt.

## Pneumatische Lithotripsie

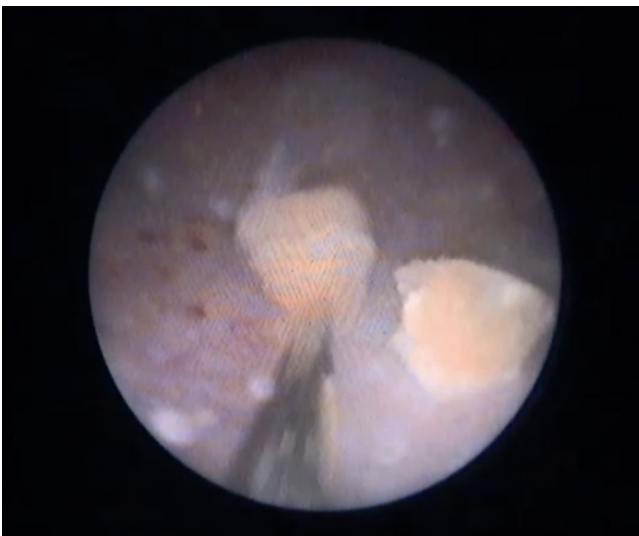
Zur Durchführung der pneumatischen Lithotripsie wurde eine 500 g schwere, kabellose, autoklavierbare Handpistole verwendet (► Abb. 1). Die Pistole ist in drei Arbeitsschritten einsatzbereit: 1. Eine Sterilisierkappe wird nach dem Autoklavieren von der Überdrucköffnung entfernt. 2. Eine 1 mm starke und 50 cm lange semirigide Zertrümmerungssonde wird mittels aufschraubbarer Kopfkappe auf dem Pistolenlauf installiert. 3. Eine steril verpackte Hochdruck-Kohlendioxid-Patrone wird ausgepackt und in die Pistole eingelegt. Die innere Mechanik des StoneBreaker™ ist einfach aufgebaut. Über einen Handauslöser wird ein Druckluftstoß aus der Überdruck-Patrone mit einem voreingestellten Betriebsdruck von 31 bar in einen internen Arbeitszylinder geleitet. Hierdurch wird ein Kolben in Richtung der Lithotripter-Sonde beschleunigt, wo er durch ein Schlagstück abgebremst wird. Das rasche Abbremsen des Kolbens setzt Schlagenergie frei, die über das Schlagstück nach außen auf die Sonde übertragen wird. Hieraus entwickelt sich eine Schlagkraft von maximal 395 N/cm<sup>2</sup> an der Sondenspitze. Ausschlaggebend für



Fotos: Pantke



**Abb. 2A:** Rigide Zystoskopie bei einer Hündin mit Oxalatstein. Die Pneumolithotripsie-Sonde ist in die Harnblase eingeführt und wird mit dem Stein in Kontakt gebracht, um den Pneumolithotripter auszulösen.



**Abb. 2B:** Rigide Zystoskopie bei einer Hündin mit fragmentiertem Oxalatstein. Die Pneumolithotripsie-Sonde wird auf eines der Fragmente gerichtet, bis Kontakt entsteht, um den Pneumolithotripter auszulösen. Zwei punktuelle Schleimhauteinblutungen im linken Bildrand infolge der Pneumolithotripsie bedürfen keiner zusätzlichen Behandlungsmaßnahmen.

die Übertragung der Schlagenergie ist ein unmittelbarer Kontakt der Sondenspitze mit dem zu zertrümmernenden Konkrement. Über eine interne Rückholfeder werden Kolben und Handauslöser in deren Ausgangsposition verbracht, womit das Gerät wieder schussbereit ist. Hierbei entweicht Druckluft aus der Überdrucköffnung und verursacht ein Knallgeräusch von 30 dB, womit es in seiner Wahrnehmbarkeit auf den Operationsraum beschränkt bleibt.

Als Endoskop diente ein rigides, 13 cm langes 8–11 Charr Urethrozystoskop (Karl Storz – Endoskope, D) mit einer 6°-Optik und mit einem 30°-Schrägeblick, ausgestattet mit zwei seitlichen Spülanschlüssen und einem geraden Arbeitskanal (5 Charr). Als Lichtquelle fungierte eine mobile LED-Leuchte (VueLite™, Cook Deutschland GmbH, D). Eine Videokamera (Xion DCH 01-D, Dr. Fritz GmbH Endoskope und Videosysteme, D) übertrug die endoskopischen Bilder auf einen Monitor (Flex Scan L568 17“, EIZO Corporation, J) und ermöglichte die Bildspeicherung in der angeschlossenen Praxis-Software (easy VET Informationssysteme GmbH, D).

Endoskopische Eingriffe erfolgten unter Zufluss von körpere warmer physiologischer NaCl-Lösung zwecks Aufklärung des endoskopischen Sichtfeldes bei Eintrübungen durch Urin, Detritus, Blutkoagel, Grieß oder Trümmerfragmente. Die Einführung der Lithotripsie-Sonde durch den Arbeitskanal des Endoskops und die Positionierung der Sonde erfolgte durch den Endoskopen, die Betätigung des pneumatischen Handauslösers erfolgte durch den jeweiligen Assistenten. Zahl der abgegebenen Schüsse, Eingriffsdauer und stationäre Aufenthaltsdauer wurden für jeden Patienten separat protokolliert, um die jeweilige Spannweite dieser Parameter zu ermitteln. Etwaige Eingriffskomplikationen wurden notiert.

### Vorgehen bei Hündinnen

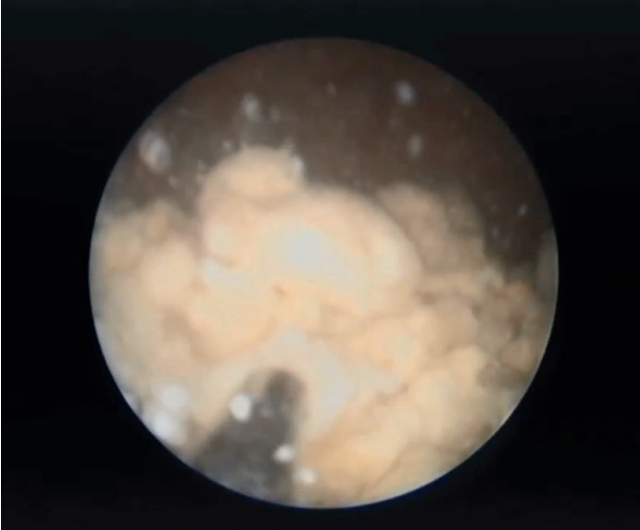
Die Eingriffe erfolgten in Rückenlage nach steriler Desinfektion und Abdeckung des äußeren Genitale. Nach endoskopischer Befunderhebung von Harnröhre und Harnblase wurde die StoneBreaker™-Sonde durch den Arbeitskanal des Endoskops eingeführt und ein Harnstein nach dem anderen im Kontaktverfahren beschossen (▶ Abb. 2A, B; Abb. 3A, B). Konkremente, welche die Schlagenergie überwiegend in kinetische Energie umsetzten, wurden wiederholt beschossen, bis eine Zertrümmerung erfolgt war und die Trümmerfragmente größtmäßig in etwa den doppelten Durchmesser der Lithotripsie-Sonde unterschritten. Sand und Grieß wurden über den Spülkanal des Endoskops unter Sicht abgesaugt, bis die Spülflüssigkeit vollständig aufklärte. Die Entfernung solider Trümmerfragmente erfolgte mittels einmaliger oder wiederholter Urohydropulsion (Lulich und Osborne, 1995).

### Vorgehen bei Rüden

Die Eingriffe erfolgten in Linksseitenlage nach steriler Desinfektion und Abdeckung des äußeren Genitale. Nach endoskopischer Befunderhebung der Harnröhre wurde die StoneBreaker™-Sonde durch den Arbeitskanal des Endoskops zentral in das Harnröhrenlumen eingeführt, auf das am weitesten distal gelegene Konkrement gerichtet und dieses im Kontaktverfahren beschossen. Steinfragmente wurden mittels Steinfangkörbchen (NCircle® Nitinol Fangkörbchen, Cook Deutschland GmbH, D) geborgen (▶ Abb. 4A, B). Größere Fragmente wurden nötigenfalls im Steinfangkörbchen endgültig



Fotos: Pantke



**Abb. 3A:** Rigide Zystoskopie bei einer Hündin mit zahlreichen Struvitsteinen. Die Pneumolithotripsie-Sonde ist in die Harnblase eingeführt und wird nach und nach auf die Steine gerichtet, bis jeweils Kontakt entsteht, um den Pneumolithotripter auszulösen.



**Abb. 3B:** Rigide Zystoskopie bei einer Hündin mit dem Endergebnis einer Pneumolithotripsie von zahlreichen Struvitsteinen zu einem Grießhaufen.

fragmentiert, bis sie extrahierbar waren (Pantke, 2015). Diese Vorgehensweise wurde so oft wiederholt, bis die Harnröhre steinfrei war. Alternativ wurden Harnröhrensteine soweit zertrümmert, bis alle Fragmente in die Harnblase rückspülbar waren. Letzteres erfolgte dann, wenn sich aufgrund von zusätzlich vorhandenen Harnblasensteinen eine Zystotomie anschloss. Die Zystotomie erfolgte konventionell via Laparotomie (Tobias 2011).

### Laser-Lithotripsie

Wenn bei der endoskopischen Befunderhebung festgestellt wurde, dass ein Harnröhrenstein tief in die Harnröhrenschleimhaut eingegraben war und beim Ausrichten der pneumatischen Lithotripsie-Sonde auf das zu zertrümmende Konkrement ein Sondenkontakt zur Urethral Schleimhaut nicht vermeidbar schien, erfolgte eine Laser-Lithotripsie anstelle einer pneumatischen Lithotripsie. Als Laser-Lithotripter diente ein Holmium:YAG-Laser (Dornier Medilas H 20, Olympus, D). Anstelle des rigiden Endoskops wurde hierzu ein 100 cm langes 9 Charr Fiberskope (Karl Storz – Endoskope, D) mit Arbeitskanal (3 Charr) und deflektierbarer Spitze (180°/100°) verwendet. Die Laser-Lithotripsie erfolgte wie bereits beschrieben (Grant et al., 2008). Steinfragmente wurden soweit zerstäubt, bis diese spontan abgangsfähig waren. Alternativ wurden Harnröhrensteine soweit lithotripsiert, bis alle Fragmente in die Harnblase rückspülbar waren. Letzteres erfolgte dann, wenn sich aufgrund von zusätzlich vorhandenen Harnblasensteinen eine Zystotomie anschloss. Die Zystotomie erfolgte konventionell via Laparotomie (Tobias, 2011).

### Postoperativer Verlauf

Bei Verletzungen der Urethral Schleimhaut wurde nach individuellem Ermessen für zwei bis fünf Tage ein transurethraler Harnblasenkatheter eingelegt. Entferntes Steinmaterial wurde zur Steinanalyse in ein externes Labor verschickt. Alle Patienten erhielten bereits präoperativ eine antibiotische Behandlung, welche in Abhängigkeit des aktuellen mikrobiologischen Urinbefundes über fünf bis zehn Tage fortgeführt wurde. Eine analgetische Therapie erhielten die Patienten nach Bedarf. Die Entlassung erfolgte, nachdem ein beschwerdefreier Urinabsatz am Tag des Eingriffs oder an den Tagen danach wiederholt beobachtet werden konnte.

### Ergebnisse

Angaben zu den in dieser Pilotstudie behandelten Patienten finden sich in Tabelle 1. Das Körpergewicht der vier weiblichen Tiere (Patienten No. 5, 6, 9, 10) lag zwischen 7–10 kg. Die weibliche Harnröhre bot bei allen vier Hündinnen für das gewählte 8–11 Charr Urethrozystoskop ausreichend Raum für eine atraumatische endoskopische Darstellung des unteren Harntraktes und eine sichere Anwendung der Lithotripter-Sonde. Bei einem Steinaufkommen von 16–55 Steinen wurden 19–420 Schüsse/Patient abgegeben. Hierzu war ein geringer Anpressdruck der Lithotripter-Sonde auf die Steinoberfläche ausreichend. War kein Steinkontakt gegeben, verpuffte der Schlag. Bei verstärktem Anpressdruck wurde der Stein weggestoßen und sprang mitunter aus dem endoskopischen Sichtfeld. Zudem ließen sich Steine bei glatter Oberfläche schwieriger fragmentieren, da die Sonde leichter von diesen abrutschte als von Steinen mit rauer Oberfläche. Eine direkte Übertragung

**Tabelle 1:** Patientendaten, getrennt nach weiblich und männlich und aufgelistet nach laufender Patientennummer mit Angaben zu Signalement (Rasse, Geschlecht [w, wk, m, mk], Alter in Jahren [J.], Gewicht in Kilogramm [kg]) und zum Krankheitsgeschehen

PATIENT WEIBLICH	NO.	HARNRÖHRE STEINGRÖSSE	HARNBLASE STEINGRÖSSE	PNEUMOLITHOTRIPSIE STEINANALYSE	NACHVERSORGUNG	EINGRIFFSDAUER
Havanaser Mix wk, 6 J., 7 kg	5	-	26 Steine bis 4 mm	34 Schuss Struvit	UHP	90 min
Jack Russel wk, 2 J., 9 kg	6	-	16 Steine bis 3 mm	19 Schuss Oxalat	UHP	125 min
Zwergschnauzer w, 7 J., 10 kg	9	-	55 Steine bis 9 mm	420 Schuss Struvit	UHP	175 min
Teckel wk, 8 J., 10 kg	10	1 Stein 8,5 mm	44 Stück bis 4 mm	72 Schuss Struvit	UHP	130 min
PATIENT MÄNNLICH	NO.	HARNRÖHRE STEINGRÖSSE	HARNBLASE STEINGRÖSSE	PNEUMOLITHOTRIPSIE STEINANALYSE	NACHVERSORGUNG	EINGRIFFSDAUER
Dalmatiner m, 7 J., 30 kg	1	6 Steine bis 4 mm	-	11 Schuss Urat	Steinfangkörbchen	65 min
Kooikerhondje m, 7J., 12 kg	2	1 Stein 4 mm	-	8 Schuss Cystin	Steinfangkörbchen	45 min
Teckel m, 4 J., 9 kg	3	11 Steine bis 4 mm	90 Steine bis 4 mm	48 Schuss Cystin	rUHP, Zystotomie	165 min
Shi Tzu Mix mk, 7 J., 7 kg	4	11 Steine bis 4 mm	3 Steine bis 2 mm	12 Schuss Oxalat	rUHP, Zystotomie	175 min
PATIENT MÄNNLICH	NO.	HARNRÖHRE STEINGRÖSSE	HARNBLASE STEINGRÖSSE	LASER-LITHOTRIPSIE STEINANALYSE	NACHVERSORGUNG	EINGRIFFSDAUER
Jack Russel m, 6 J., 9 kg	7	2 Steine bis 4 mm	5 Steine bis 2 mm	3 Hz, 1600 J Oxalat	DK für 5 d	95 min
Dobermann m, 2 J., 32 kg	8	5 Steine bis 7 mm	45 Steine bis 10 mm	3 Hz, 1000 J Struvit	rUHP, Zystotomie, DK für 2 d	175 min

DK = temporärer urethraler Dauerkatheter; m = männlich; mk = männlich kastriert; No. = laufende Patientennummer; rUHP = retrograde Urohydropulsion; UHP = Urohydropulsion; w = weiblich; wk = weiblich kastriert

der Schlagenergie auf die Schleimhaut durch Abrutschen oder versehentliches Verfehlen eines Konkrements führte zu punktuellen Schleimhauteinblutungen, welche spontan sistierten. Schwerwiegende Verletzungen der inneren Harnwege traten nicht auf. Bei der Hündin mit der höchsten Steinlast (Patient No. 9) wurden sechs Kohlendioxid-Patronen verbraucht, bei den übrigen drei Hündinnen jeweils eine Patrone. Das Allgemeinbefinden der Hündinnen war nach dem Eingriff ungestört, der Urinabsatz normalisierte sich spätestens am Folgetag oder in einem Fall (No. 9) am übernächsten Tag nach dem Eingriff, sodass die Entlassung innerhalb von 24–48 Stunden erfolgte.

Das Körpergewicht der sechs männlichen Tiere (Patienten No. 1–4, 7, 8) betrug 7–32 kg, die Zahl der Harnröhrensteine lag zwischen einem und elf Steinen, die Zahl der Harnblasensteine zwischen null bis 90 Steinen (► Tab. 1). Bei vier der sechs Rüden (Patienten No. 1–4) mit einem Körpergewicht von 7–30 kg bot die männliche Harnröhre für das gewählte 8–11 Charr Urethroskoptoskop ausreichend Raum für eine atraumatische endoskopische Darstellung ihres distalen Abschnitts einschließlich einer klaren Darstellung okkludierender Harnröhrensteine und einer sicheren Anwendung der Lithotripter-Sonde. Bei einem Steinaufkommen von einem bis elf Steinen wurden elf bis 48 Schüsse/Patient abgegeben. Dabei wurde jeweils eine Kohlendioxid-Kartusche/Patient verwendet. Harnröhrensteine wurden nach Zertrümmerung bei zwei der vier Rüden (Patienten No. 1, 2) mittels Steinfangkörbchen aus der

Harnröhre entfernt. Bei den anderen zwei Rüden (Patienten No. 3, 4), bei denen weitere Steine in der Harnblase vorhanden waren, wurden die Fragmente retrograd in die Harnblase gespült und alle Steine durch Zystotomie entfernt. Wenn, insbesondere bei anfänglicher Anwendung des pneumatischen Lithotripters, die Sondenspitze unbeabsichtigt über die Oberfläche der Harnröhrenschleimhaut entlangstrich, kam es mitunter zu oberflächlichen Aufrauungen der Mukosa. Schwerwiegende Verletzungen, die zusätzliche Maßnahmen erfordert hätten, traten nicht auf. Das Allgemeinbefinden der Rüden war nach dem Eingriff ungestört, der Urinabsatz normalisierte sich spätestens am Folgetag. Die vier Rüden wurden innerhalb von sechs bis 24 Stunden nach dem Eingriff entlassen.

Bei den übrigen zwei der sechs Rüden (Patienten No. 7, 8) mit einem Körpergewicht von 9 und 32 kg zeigte der endoskopische Eingangsbefund jeweils einen tief in die Harnröhrenschleimhaut eingegrabenen Stein. Eine pneumatische Lithotripsie wurde nicht durchgeführt, da eine mögliche weitere traumatische Schädigung der Harnröhrenschleimhaut im Bereich des Steinbettes durch einen pneumatischen Beschuss des Steins nicht ausgeschlossen werden konnte. Stattdessen wurde bei diesen beiden Rüden einer Laser-Lithotripsie der Vorzug gegeben. Bei einer Lasereinstellung von 3 Watt und 1000–1600 Joule wurden die Harnröhrensteine bei einem Rüden (Patient No. 7) abgangsfähig zerstäubt, bei einem anderen Rüden (Patient No. 8) wurden die Fragmente in die Harnblase zurückgespült, da aufgrund von zusätzlich vorhandenen Harnbla-



Fotos: Pantke



**Abb. 4A:** Rigide Urethroskopie bei einem Rüden mit fragmentiertem Cystinstein. Ein Steinfangkörbchen ist mit seiner blauen Schleuse auf die Fragmente gerichtet, der Fangkorb ist noch nicht aus der Schleuse ausgefahren.



**Abb. 4B:** Die Fragmente sind im Steinfangkörbchen aufgenommen und bereit zur retrograden Extraktion.

sensteinen eine Zystotomie erfolgte. Punktuelle Laserwunden in der Mukosa durch versehentliches Verfehlen der Konkremeente blieben unmittelbar ohne Konsequenzen. Bei beiden Patienten wurde für zwei und fünf Tage ein Harnblasenkatheter gelegt, um das Risiko einer Harnröhrenstenose zu vermindern. Nach Entfernung des Katheters war der Urinabsatz beschwerdefrei möglich und die Patienten wurden entlassen.

### Diskussion

In dieser Pilotstudie konnte gezeigt werden, dass mit der Schlagkraft des StoneBreaker™ Harnsteine bei Hunden pneumatisch zertrümmert werden können. Diese Erkenntnis trifft auf die hier behandelten Steinarten aus Oxalat, Struvit, Cystin und Urat zu. Die endoskopische Anwendung des StoneBreaker™ erwies sich als unkompliziert. Besondere Schutzvorkehrungen für das Klinikpersonal, wie sie beim Einsatz von Laserstrahlen erforderlich sind (Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“, 2010), mussten nicht getroffen werden. Für die Anwendung des StoneBreaker™ am Menschen stehen semirigide Zertrümmerungs sonden unterschiedlicher Länge zur Verfügung. Selbst bei der hier verwendeten kürzesten Sondenlänge von 50 cm am unteren Harntrakt des Hundes verbleibt die Sonde zum überwiegenden Teil extrakorporal und die Handpistole kann nicht unmittelbar an das Endoskop herangeführt werden, um eine möglichst kontrollierte Energieübertragung durch den Endoskopeur zu gewährleisten. Deshalb erfolgte die Betätigung des pneumatischen Handauslösers durch einen Assistenten, damit der Endoskopeur die Sonde unmittelbar am Eintritt in den Arbeitskanal des Endoskops vor- und zurückführen konnte. Ein Kürzen der Sonde auf passende Arbeitslänge sollte bei künftigem Einsatz eine Einsparung des Assistenten ermöglichen. Bezüglich der Zielausrichtung der Sonde wird empfohlen, insbesondere bei glattwandigen Steinen an einer Unebenheit oder Vertiefung der Steinoberfläche anzusetzen und eine Sollbruchstelle zu erzeugen, von wo aus die weitere Fragmentierung erfolgen kann. Dabei achte man darauf, dass die Sonde nicht abrutscht und zu mechanischen Verletzungen des Urothels führt (Hofmann, 2009). Eine Perforation der Harnröhren- oder Harnblasenwand durch die scharfkantige Sondenspitze des Lithotripters ist bei grober Anwendung möglich, in der vorliegenden Studie aber nicht aufgetreten. Kleinere Komplikationen in Form von punktförmigen Blutungen bedurften keiner gesonderten Behandlungsmaßnahmen, sodass der pneumatische Lithotripter in der hier angewendeten Weise, ähnlich der Laser-Lithotripsie (Adams et al., 2008), als sicheres Verfahren anzusehen ist. In der Humanmedizin gelten beide Methoden als gleichwertig sicher und effektiv (Atar et al., 2013; Degirmenci et al., 2014).

In der vorliegenden Pilotstudie wurden mit dem StoneBreaker™ bei insgesamt acht Patienten mehr als 600 Schuss abgegeben. Der StoneBreaker™ ist frei von jeder Elektronik, sodass weder die Zahl der abgegebenen Schüsse noch der Füllungsstatus der Hochdruck-Kohlendioxid-Patrone angezeigt werden. Wenn bei mangelhafter Schlagkraft das Knallgeräusch leiser wird, sollte die Patrone ausgetauscht werden. Damit ist spätestens nach 80–100 Schuss zu rechnen (Wang et al., 2012). Aufgrund dieser Patronenstärke musste die Patrone in der vorliegenden Studie, bis auf einen Fall (Patient No. 9), nicht gewechselt werden. Bei diesem Fall handelte es sich um eine Hündin mit vergleichsweise hoher Zahl an Struvit-Steinen, wel-



che durch den pneumatischen Beschuss zerbröselten (▶ Abb. 3A, B) anstatt in solide Fragmente zu zerspringen (▶ Abb. 2A, B). Das effektive Zerbröseln durch den pneumatischen Beschuss motivierte den Endoskopeur, trotz einer sehr hohen Steinzahl den StoneBreaker™ einzusetzen, um eine Steinsanierung mittels Zystotomie zu vermeiden. Ob bei kompakteren Steinarten mit ähnlich hoher Anzahl eine pneumatische Lithotripsie innerhalb einer annehmbaren Eingriffsdauer erfolgreich durchgeführt werden kann, ist Gegenstand weiterer Untersuchungen. Limitierende Faktoren für einen endoskopischen Eingriff sind Narkosedauer, Größenverhältnisse des unteren Harntrakts, vorbestehende Verletzungen, eingeschränkte Sichtverhältnisse durch Blutungen oder Steinstaub, Schleimhautschwellungen, insbesondere durch häufiges Einführen und Herausnehmen des Zystoskops, und nicht zuletzt der Erfahrungsstand des Endoskopeurs (Lulich et al., 2008; Berent, 2015). Vor einer geplanten Manipulation am unteren Harntrakt sollten ein endoskopischer Befund erhoben sowie die Weite der Harnröhre und die Größe der Steine ermittelt werden (Lulich et al., 2008). Der Erfolg der Laser-Lithotripsie ist weiterhin abhängig vom Funktionszustand des verwendeten Instrumentariums (Tomsa und Mascherbauer, 2013). Die genannten Variablen gelten nach Erfahrung der Autoren gleichermaßen für die pneumatische Lithotripsie. Die in dieser Studie mit dem pneumatischen Lithotripter benötigte Eingriffsdauer scheint mit zunehmender Anwendererfahrung einer Eingriffsdauer mittels Laser-Lithotripter vergleichbar (Grant et al., 2008). Der Schockwelleneffekt des pneumatischen Lithotripters führt im klinischen Einsatz beim Menschen eher sogar eine schnellere Fragmentation herbei als der Holmium-Laser-Lithotripter (Olbert, 2009). Prospektive klinische Vergleichsstudien beider Methoden sind allerdings beim Hund bislang nicht verfügbar. Unabdingbare Anwendungsvoraussetzung für den StoneBreaker™ ist der Einsatz eines starren Endoskops mit geradem Arbeitskanal. Da bei der Hündin üblicherweise rigide Urethrozystoskope verwendet werden (Moore und England, 2008), konnten bei allen vier Hündinnen dieser Pilotstudie mit einem Körpergewicht von 7–10 kg sämtliche Harnsteine mit der StoneBreaker™-Sonde adressiert werden. Die Lithotripter-Sonde ist auch für größere Hündinnen lang genug, man wird lediglich auf ein Endoskop mit längerem Schaft als dem hier gewählten angewiesen sein.

Bei Rüden wird die Endoskopie des unteren Harntraktes ausschließlich mit einem flexiblen Endoskop durchgeführt (Tomsa und Mascherbauer, 2013), der distale Abschnitt der Harnröhre kann allerdings mit einem starren Endoskop erreicht werden (Moore und England, 2008). Bei letzterer Vorgehensweise konnte bei vier von sechs Rüden ab einem Körpergewicht von 7 kg eine Harnröhrenobstruktion durch Harnröhrensteine mithilfe des pneumatischen Lithotripters beseitigt werden. Bei kleineren Rüden bietet die Harnröhre nicht genügend Raum für das hier gewählte rigide Endoskop. Zwar stehen Miniatur-Endoskope zur Verfügung (Nickel, 2015), deren Arbeitskanal ist aber für die pneumatische Lithotripter-Sonde nicht geräumig genug. Sollte der pneumatische Lithotripter sogar in der Harnblase beim Rüden Verwendung finden, wäre ein transperinealer Zugang zur Harnröhre (Brearley et al., 1988) erforderlich, der die Einführung eines rigiden Zystoskops ermöglicht. Die übrigen zwei der sechs Rüden wurden mit tief in die Harnröhrenschleimhaut eingegrabenen Harnsteinen vorgestellt. Jede endoluminale

Steinertrümmerung sollte unter streng visueller Kontrolle erfolgen (Knobloch, 2009). Andernfalls drohen eine Verletzung des Urothels in der Nachbarschaft des Steines, die Sicht einschränkende Blutungen, Extravasationen von Urin oder der Verlust des Steins (Papatsoris et al., 2012). Der Empfehlung, einen eingegrabenen Stein aus seinem Steinbett zu luxieren, bevor dieser pneumatisch beschossen wird (Knobloch, 2009), wurde in dieser Studie nicht nachgegangen. Stattdessen wurde in den besagten beiden Fällen der Laser-Lithotripsie der Vorzug gegeben. Durch den Laserstrahl kommt es nicht zu einem mechanischen Schlag und damit auch zu keinem möglichen Propulsionseffekt auf den Stein. Die Wirkung des Laserstrahls basiert auf einem fotothermischen Verdampfungseffekt, wonach an der Spitze der Laserfaser durch die Laserenergie kurzzeitig Wasser verdampft. Der Wasserdampf benötigt bei 37° einen größeren Raum als Wasser und bildet eine Blase. An der Oberfläche des Steins zerplatzt die Wasserdampfblase, wodurch das Wasser implosionsartig einströmt. Dadurch entstehen Mikrojets mit kurzzeitig hohen Druckspitzen, die zu einer kraterförmigen Abtragung von Material auf der Steinoberfläche führen (Chan et al., 1999).

Die Urohydropulsion (Lulich und Osborne, 1995) erwies sich als ein probates Mittel zur Entfernung von Steinfragmenten aus der Harnblase. Der Erfolg der Urohydropulsion kann zystoskopisch überprüft und der Vorgang gegebenenfalls wiederholt werden. Fragmente mit einer Restgröße von unter 3 mm können auf diese Weise entfernt werden (Berent, 2015). Demnach bräuchte auch bei einer pneumatischen Lithotripsie nicht das Ziel verfolgt zu werden, Steine bis auf unter 2 mm zu fragmentieren. Allerdings war in dieser Pilotstudie die Verträglichkeit der pneumatischen Lithotripsie mittels StoneBreaker™ beim Hund nicht bekannt. Mögliche reaktive Schwellungen der Harnröhre hätten eine Urohydropulsion möglicherweise erschwert. Zudem treten nach pneumatischer Lithotripsie auch scharfkantige Fragmente auf, die in der Harnröhrenschleimhaut eher hängenbleiben könnten. Deshalb wurde ein höherer Zertrümmerungsgrad angestrebt. Eine damit verbundene höhere Anzahl abzugebender Schüsse schien die Verträglichkeit des Verfahrens nicht zu beeinträchtigen. Eine verlängerte Lithotripsie-Zeit wird möglicherweise dadurch wieder aufgeholt, dass die Urohydropulsion weniger oft wiederholt werden muss. Der angestrebte Zertrümmerungsgrad von unter 2 mm wird unter diesen Umständen für zukünftige Eingriffe zunächst beibehalten. Nach einem verletzungsreifen Eingriff kann eine ambulante Weiterbehandlung in Aussicht gestellt werden. Eine in dieser Studie gewählte stationäre Verlaufskontrolle erschien im Nachhinein vielfach unnötig.

Bei einer Schleimhautverletzung kann die temporäre Einlage eines transurethralen Harnkatheters sinnvoll erscheinen. Genaue Daten über Indikation und Dauer einer Kathetereinlage nach einer pneumatischen oder einer Laser-Lithotripsie in der Harnröhre gibt es beim Hund nicht. Generell ist ab einer Liegedauer von fünf Tagen durch zunehmende Irritation der Urethral Schleimhaut mit Katheterinfektionen und erhöhter Strikturneigung zu rechnen (Bellah, 1989).

Nach ersten Erkenntnissen aus dieser Pilotstudie stellt die pneumatische Lithotripsie mittels StoneBreaker™ bei Harnblasensteinen der Hündin eine aussichtsreiche, kostengünstige und einfach durchführbare Alternative zur Laser-Lithotripsie dar. Die starre Endoskopie liefert auch in der distalen Harnröhre des Rüden ein übersichtlicheres Bild als die flexible Endoskopie. Sie bietet



fallweise auch bei Rüden eine Option auf Ersatz des Lasers durch den pneumatischen Lithotripter. Sollten tiefer gehende Schleimhautschäden in der Harnröhre vorbestehen, ist derzeit dem Holmium-Laser der Vorzug zu geben.

## Conflict of interest

Die vorliegende Studie wurde durch den AniCura Research Fund gefördert.

## Literatur

- Adams LG, Berent AC, Moore GE, Bagley DH (2008): Use of laser lithotripsy for fragmentation of uroliths in dogs: 73 cases (2005–2006). *J Am Vet Med Assoc* 232: 1680–1687.
- Atar M, Bodakci MN, Sancaktutar AA, Penbegül N, Soylemez H, Bozkurt Y, Hatipoglu NK, Cakmakci S (2013): Comparison of pneumatic and laser lithotripsy in the treatment of pediatric ureteral stones. *J Pediatr Urol* 9: 308–312.
- Bellah JR (1989): Wound healing in the urinary tract. *Semin Vet Med Surg (Small Anim)* 4: 294–303.
- Berent AC (2015): Interventional urology: endourology in small animal veterinary medicine. *Vet Clin Small Anim* 45: 825–855.
- Brearily MJ, Milroy EJJ, Rickards D (1988): A percutaneous perineal approach for cystoscopy in male dogs. *Res Vet Sci* 44: 380–382.
- Chan KF, Vassar GJ, Pfefer TJ, Teichman JM, Glickman RD, Weintraub ST, Welch AJ (1999): Holmium:YAG laser lithotripsy: A dominant photothermal ablative mechanism with chemical decomposition of urinary calculi. *Lasers Surg Med* 25: 22–37.
- Defarges A, Dunn M, Berent A (2013): New alternatives for minimally invasive management of uroliths: lower urinary tract uroliths. *Compend Contin Educ Vet* 35: E1–E7.
- Degirmenci T, Gunlusoy B, Kozacioglu Z, Arslan M, Koras O, Arslan B, Minarci S (2014): Comparison of Ho:YAG laser and pneumatic lithotripsy in the treatment of impacted ureteral stones: an analysis of risk factors. *Kaohsiung J Med Sci* 30: 153–158.
- Denstedt JD, Eberwein PM, Singh RR (1992): The Swiss Lithoclast: a new device for intracorporeal lithotripsy. *J Urol* 148: 1088–1090.
- Grant DC, Werre SR, Gevedon ML (2008): Holmium:YAG laser lithotripsy for urolithiasis in dogs. *J Vet Intern Med* 22: 534–539.
- Hesse A, Neiger R (2007): Harnsteine bei Kleintieren. Teil II, Harnsteine beim Hund. *Enke, Stuttgart*, 58–116.
- Hofmann R (2009): Transurethrale Lithotripsie von Blasensteinen. In: Hofmann R (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*. Springer, Heidelberg, 198–199.
- Hong YK (2009): Ureteroscopic lithotripsy using Swiss lithoclast for treatment of ureteral calculi: 12-years experience. *J Korean Med Sci* 24: 690–694.
- Knobloch R v (2009): Ureterorenoskopie. In: Hofmann R (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*. Springer, Heidelberg, 205–226.
- Lulich JP, Osborne CA (1995): Voiding urohydropulsion: a nonsurgical technique for removal of urocystoliths. In: Bonagura JD (ed.), *Kirk's Current Veterinary Therapy Small Animal Practice*. WB Saunders, Philadelphia, USA, 1008–1010.
- Lulich JP, Grant D, Osborne CA (2008): Changing paradigms in the treatment of uroliths by lithotripsy. *Vet Clin Small Anim* 39: 143–160.
- Lulich JP, Osborne CA, Albasan HJ, Monga, M, Bevan JM (2009): Efficacy and safety of laser lithotripsy in fragmentation of uro-cystoliths and ure-

throliths for removal in dogs. *J Am Vet Med Assoc* 234: 1279–1285.

Moore AH, England G (2008): Rigid endoscopy: urethrocystoscopy and vaginoscopy. In: Lhermette P, Sobel D (eds.), *BSAVA Manual of Canine and Feline Endoscopy and Endosurgery*. BSAVA Quedgeley, GB, 142–157.

Nickel R (2015): Laserlithotripsie – schon praxisreif? Tagungsberichte des 61. Jahreskongresses der DVG-Fachgruppe Deutsche Gesellschaft für Kleintiermedizin.

Olbert P (2009): Lithotripsietechniken. In: Hofmann R (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*. Springer, Heidelberg, 190–196.

Pantke P (2015): Anwendungskriterien für eine pneumatische Lithotripsie-Pistole (StoneBreaker™) in der Kleintierurologie. *Kleintierprax* 60: 612.

Papatsoris AG, Skolarikos A, Buchholz N (2012): Intracorporeal laser lithotripsy. *Arab J Urology* 10: 301–306.

Reitzel D (2014): Moderne urologische Steintherapie im Einsatz. *Wehrmed Monatsschr* 58: 86–90.

Tobias K (2011): Surgery of the lower urinary tract. In: Bartges J, Polzin DJ (eds.), *Nephrology and Urology of Small Animals*. Wiley-Blackwell, Hoboken NJ, USA, 835–854.

Tomsa K, Mascherbauer C (2013): Behandlung von neun Rüden und einer Hündin mit obstruktiven Harnröhrensteinen mittels Laserlithotripsie. *Kleintierprax* 58: 109–116.

Unfallverhütungsvorschrift (2010): BGV B2 „Laserstrahlung“, *Verwaltungs-Berufsgenossenschaft*. Beuth, Berlin, 2010.

Wang AJ, Baldwin GT, Gabriel JC, Cocks FH, Goldsmith ZG, Iqbal MW, Astorza GM, Simmons WN, Zhong P, Preminger GM, Lipkin ME (2012): In-vitro assessment of a new portable ballistic lithotripter with percutaneous and ureteroscopic models. *J Endourol* 26: 1500–1505.

## Korrespondenzadresse:

**Dr. Dr. Peter Pantke**  
**AniCura Tierärztliche Klinik Bielefeld**  
**Bechterdisser Str. 6**  
**33719 Bielefeld**  
**peter.pantke@anicura.de**