

Die schmerzfreie extrakorporale piezoelektrische Lithotripsie (EPL) von Harnsteinen

Die piezoelektrische Stoßwellenerzeugung sowie die besondere Geometrie des Stoßwellengenerators und davon abhängig die Größe der Generatorapertur und die annähernd punktuelle Fokussierung der Stoßwelle ermöglichen beim Piezolith 2200 eine schmerzfreie Stoßwellenapplikation. Das integrierte Ultraschall-Ortungssystem erlaubt nicht nur die Ortung von Nierensteinen, sondern auch von hohen und tiefen Uretersteinen. Das Einlegen einer „inneren“ Ureterschleife vor der Behandlung erleichtert den Abgang von Steindesintegraten und verhindert weitgehend die Bildung obstruierender „Steinstraßen“.

Nierenstein-Patienten müssen nicht mehr in die Wanne

Manfred Ziegler, Georg Mast, Dietmar Neisius und Thomas Zwergel;
Rainer Riedlinger* und Helmut Wurster**

Die Neuerkrankungshäufigkeit an Harnsteinen beträgt in der Bundesrepublik Deutschland ca. 0,5 Prozent der Gesamtbevölkerung. Dies bedeutet, daß etwa 325 000 Patienten pro Jahr wegen eines Harnsteinleidens ärztliche Hilfe in Anspruch nehmen. Zwei Drittel der Harnsteine gehen spontan ab, die übrigen Steine mußten bisher instrumentell oder operativ entfernt werden. Dieses bisherige Konzept der Harnsteintherapie hat sich seit 1980 revolutionierend verändert. Bis dahin konnten nur distale Uretersteine mit Schlingen extrahiert und Blasensteine transurethral mittels Ultraschall, elektrohydraulisch oder mechanisch zerstört und beseitigt werden. Hohe Uretersteine und Steine im Nierenhohlraumssystem mußten durch offene Operationen entfernt werden.

Dank inzwischen neu entwickelter und zur Klinikreife gelangter invasiver und nicht invasiver Verfahren sind offene Operationen zur Beseitigung von Harnsteinen nur noch in etwa 4,7 Prozent der Fälle erforderlich. Zu den invasiven Verfahren

zählen die perkutane Nephroskopie (Litholapaxie) (Abbildung 1 a) und die transurethrale Ureteroskopie (Abbildung 1 b). Nicht invasiv, sogar berührungsfrei, gelingt die Behandlung von Harnsteinen mittels extrakorporaler Stoßwellenlithotripsie (ESWL) (Abbildung 1 c).

Die verschiedenen Techniken seit 1980

Als erstes Verfahren zur extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie steht seit 1980 das Dornier-Verfahren (Dornier-Lithotriptor) zur Verfügung, das sich inzwischen weltweit bewährt hat. Beim Dornier-Verfahren wird die Energie extrakorporal mittels Funkenstrecke im Brennpunkt F1 eines Ellipsoid erzeugt und im Brennpunkt F2 fokussiert, in dem sich der Stein befindet. Die Übertragung der Energie erfolgt

durch Wasser, was die Lagerung des Patienten im Wasserbad erforderlich macht.

Beim Siemens-Verfahren (Lithostar) wird elektromagnetisch erzeugte Energie durch eine Kunststofflinse im Brennpunkt F fokussiert. Charakteristisch für das Funkenstrecken- und das elektromagnetische Verfahren ist der kleine Durchmesser des Generators und der daraus resultierende große Durchmesser des Fokus.

Der Piezolith

Im Gegensatz zum Dornier- und Siemens-Verfahren erfolgt beim Piezolith (Firma Wolf, Knittlingen) die Erzeugung der Hochenergieschallpulse piezoelektrisch. Die für die Harnsteinzertrümmerung notwendige Schallenergie wird durch ca. 3000 keramische Einzelelemente aufgebaut, wodurch der Schalldruck an der Oberfläche des piezoelektrischen Wandlers gering bleibt. Die Fokussierung des Schallbündels wird durch die mosaikartige Anordnung dieser Einzelelemente auf einer sphärischen Schale erreicht (Abbil-

Urologische Klinik und Poliklinik (Direktor: Professor Dr. med. Manfred Ziegler) der Universität des Saarlandes, Homburg/Saar; *) Fachgebiet Akustik der Universität Karlsruhe; **) Richard Wolf GmbH, Knittlingen

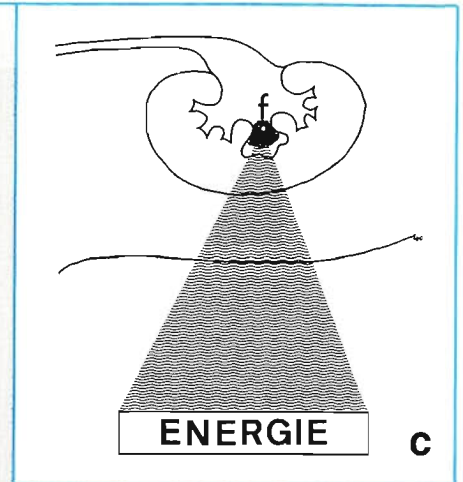
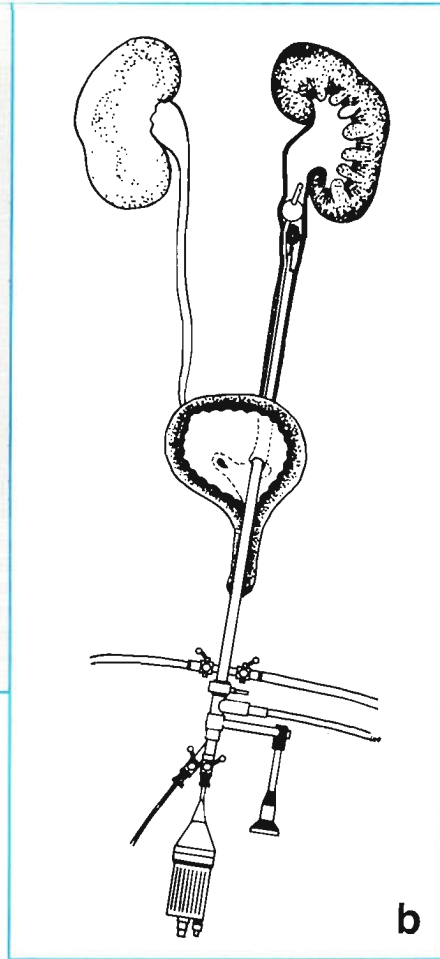
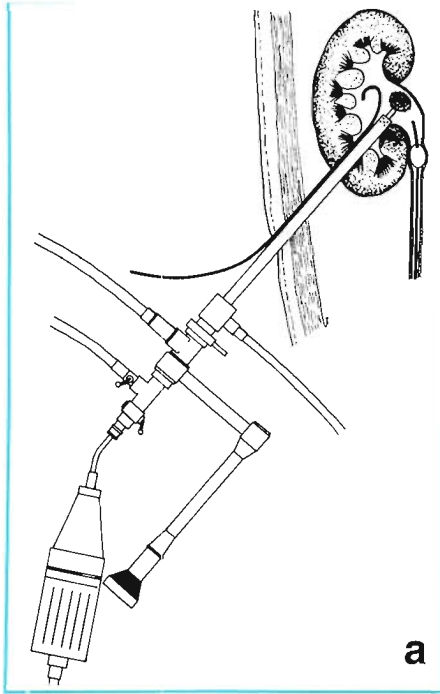


Abbildung 1: Prinzip der perkutanen Litholapaxie (a), der Ureterorenoskopie (b) und der Stoßwellenlithotripsie (c)

2). Aus der großen Apertur des Generators resultiert erstens eine geringe Energiedichte auf dem Schallweg und damit eine geringe Energiedichte an der Hautoberfläche und zweitens ein kleiner Energiefokus. Die geringe Energiedichte an der Hautoberfläche und der kleine Energiefokus dürften im wesentlichen für die kutane und viszerale Schmerzfreiheit des piezoelektrischen Verfahrens verantwortlich sein.

Wegen des kleinen Fokus ist eine präzise Ortung des Steines erforderlich. Die Steinortung erfolgt mit einem integrierten Ultraschall-B-Scanner, mit dem Nierensteine ab einem Durchmesser von ca. einem Millimeter unabhängig von ihrer Zusammensetzung und Röntgendichte zu orten sind. Der Scanner selbst ist um 90 Grad drehbar und in seiner Z-Achse auf- und absenkbar (Abbildung 3).

Der Piezowandler kann in X-Y-Z-Richtung zum Objekt hin verfahren und um seine Querachse gekippt werden. Dadurch kann der im Ultraschall erfaßte Nierenstein exakt in den Stoßwellenfokus positioniert werden, auch an beziehungsweise unter der 12. Rippe.

Uretersteine im proximalen Ureter können ab einem Durchmesser von 4 bis 5 mm geortet werden,

sofern sie sich außerhalb der Knochendeckung befinden. Prävesikale Uretersteine können ab einem Durchmesser von 4 bis 5 mm in Bauchlage durch die halbgefüllte Harnblase geortet werden, wenn gleichzeitig eine Ektasie des Ureters besteht. Bei entsprechender Erfahrung dürfte nur etwa ein Prozent der Harnsteine mit Ultraschall nicht zu orten und somit einer Behandlung mit dem Piezolith nicht zugänglich sein.

Die Ultraschallortung erlaubt eine kontinuierliche Steinortung während der Behandlung, so daß die Desintegration des Steines aufgrund der Änderung von Steinreflex und Steinschlagschatten während der Behandlung verfolgt werden kann. Wandert der Stein während der Behandlung aus dem Fokus, etwa bedingt durch Atemexkursionen der Nieren, so hat der Arzt die Möglichkeit, durch kontinuierliche Ultraschallbeobachtung die Stoßwellen nur dann auszulösen, wenn sich der

Stein im Fokus befindet. Somit ist eine gezielte Applikation und dadurch eine gewebeschonende Stein-desintegration möglich.

Für eine optimale Schalltransmission zur Ortung und Zerstörung hat sich Wasser als bestes Medium bewährt. Die Ankoppelstelle zur Haut befindet sich in einer Öffnung des Behandlungstisches. Der Patient befindet sich in Rückenlage; die steintragende Niere wird über die Öffnung des Behandlungstisches plaziert (Abbildung 4). Die Zahl der Stoßwellenapplikationen ist abhängig von Steinzusammensetzung und Steingröße. Größere Konkremente werden in mehreren Sitzungen desintegriert.

Der Abgang der Desintegrate wird durch einen selbsthaltenden „inneren“ Ureterkatheter gefördert. Dieser ist in seiner ganzen Länge mehrfach perforiert, so daß die Drainage des Nierenbeckens zur Blase gewährleistet ist. Die feinen Desintegrate wandern zwischen Ureterwand und Ureterkatheter zur Blase (Abbildung 5). Da Nierenbeckensteine besser als Uretersteine zu desintegrieren sind, werden proximale Uretersteine – wenn möglich – durch retrograde Sondierung ins Nierenbecken reponiert, durch innere Splintung dort festgehalten und dort desintegriert. ▷

Lithotripsie

Fortschritte zum Wohle des Patienten

Das vor rund 10 Jahren in München entwickelte Verfahren zur berührungsfreien Zerkleinerung von Nierensteinen mittels Stoßwellen hat sich mittlerweile weltweit durchgesetzt. In etwa 300 Zentren wurden rund 300 000 Behandlungen überwiegend mit den Geräten der Firma Dornier (HM₃) – der „Badewanne“ – durchgeführt. Die Ergebnisse sind im Zusammenhang mit den flankierenden Maßnahmen – perkutane Nephrolithotomie, Ureterorenoskopie – eine entscheidende Verbesserung für den Patienten gegenüber den offenen Nierenoperationen.

Mittlerweile kommt die zweite Generation von Lithotriptoren auf den Markt. Für diese Geräte gilt sozusagen ein „Lastenheft“ des Lithotriptors der Zukunft – von Hautmann (Ulm) unter anderem im Deutschen Ärzteblatt aufgestellt (DÄ 84, Heft 11/1987):

- Das erste Ziel muß Narkosefreiheit sein;
- bei den Ortungssystemen ist eine Kombination aus Röntgen und Ultraschall zu fordern;
- das dritte Ziel ist Kostendämpfung: Niedriger Anschaffungspreis, geringe Folgekosten, Wartungsarmut.

Weiterentwicklungen des Dornier-Gerätes HM₃ mit neuen Generatoren und neuer Fokussierung erlauben heute schon eine schmerzarme Stoßwellenapplikation, so daß weitgehend Narkosefreiheit gewährleistet wird. Die Zentren werden zur Zeit nachgerüstet. Neben dem in dem folgenden Beitrag beschriebenen Piezolith 2200 der Firma Wolf kommen mit dem Lithostar

der Firma Siemens sowie mit dem Lithotriptor HM₄ der Firma Dornier weitere wannenfreie Verfahren auf den Markt. Der Piezolith 2200 scheint hinsichtlich der schmerzarmen Applikation am günstigsten zu sein. Die Ortung problematischer Steine kann aber durch das Fehlen einer integrierten Röntgeneinrichtung erschwert sein. Kostenkalkulationen sind – wohl auch durch die wünschenswerte Konkurrenz – stark im Fluß, so daß hier eine fundierte Analyse noch aussteht.

Die Zahl der offenen Nieren- und Harnleiter-Operationen ist von Jahr zu Jahr drastisch zurückgegangen. Die Operationsquote lag bei den Patienten der Urologischen Universitätsklinik Homburg nur noch bei 4,7 Prozent, das entspricht auch den Erfahrungen im Bereich der anderen Zentren. Eine bundesweite Statistik aller Urologischen Abteilungen sollte zur Ergänzung dieser Daten beitragen.

Die Fortschritte der Steinbehandlung sowohl mit der Stoßwellentherapie als auch mit den alternativen Verfahren – perkutane Steinzentrümmerung und ureteroskopische Steinentfernung – sind unverkennbar und werden offenbar genutzt.

Professor Dr. med. Jürgen Sökeland
Direktor der Urologischen Klinik
der Städtischen Krankenanstalten
Westfalendamm 403–407
4600 Dortmund 1

Die sonographische Ortung proximaler Uretersteine gelingt einfach ab einer Größe von ungefähr vier Millimetern. Die Ortung von kleineren proximalen Uretersteinen wird durch einen retrograd eingeführten Ureterkatheter erleichtert, an dessen Spitze ein kleiner planer Metallkopf befestigt ist.

Dieser retrograd an den Stein herangeführte „Ultraschall-Spiegel“ kann durch Rotation desselben leicht geortet und somit das Auffinden des Uretersteines erleichtert werden (Abbildung 6 a + b).

Bei Stauungsniere ist prätherapeutisch die Entlastung der Niere er-

forderlich. Gelingt dies nicht durch innere Splintung, so wird in Lokalanästhesie eine perkutane Nephrostomie gelegt. Dabei erfolgt die Punktion der Niere ultraschall- und röntgenologisch gesteuert. Eine perkutane Nephrostomie wird prätherapeutisch auch dann gelegt, wenn aufgrund der großen Steinmasse ein temporärer Verschuß des Ureters zu erwarten ist.

Durch diese Maßnahmen werden sogenannte „Steinstraßen“ gut beherrscht (Abbildung 7). Allerdings werden nach prätherapeutischer innerer Splintung Steinstraßen nur noch selten beobachtet.

Behandlungsergebnisse

Von Januar 1986 bis April 1987 wurden bei 443 Patienten Steine in 448 renalen Einheiten durch extrakorporale piezoelektrische Lithotripsie (EPL) behandelt, bei fünf Patienten erfolgte eine bilaterale Behandlung. Bei großen Steinen waren Mehrfachbehandlungen erforderlich; insgesamt wurden 693 EPL-Behandlungen durchgeführt mit 1500 bis 2000 Stoßwellenapplikationen pro Behandlung. Alle Behandlungen bei Erwachsenen wurden ohne regionale oder Allgemeinanästhesie durchgeführt. Lediglich zwei Kinder

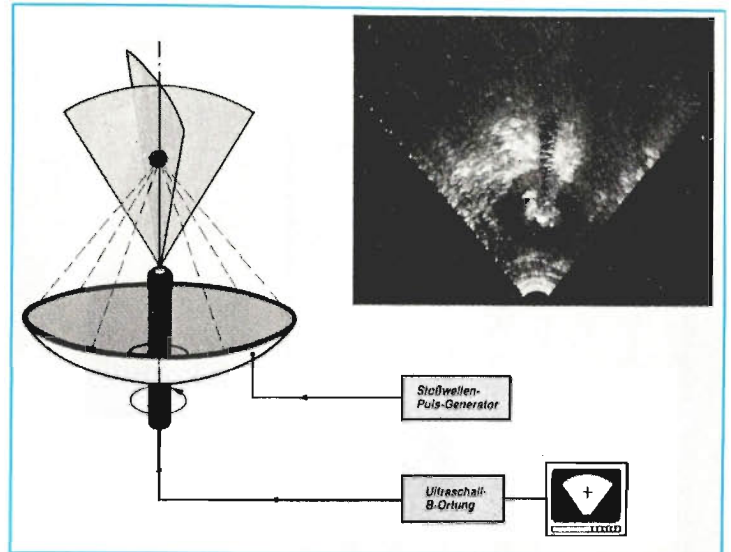
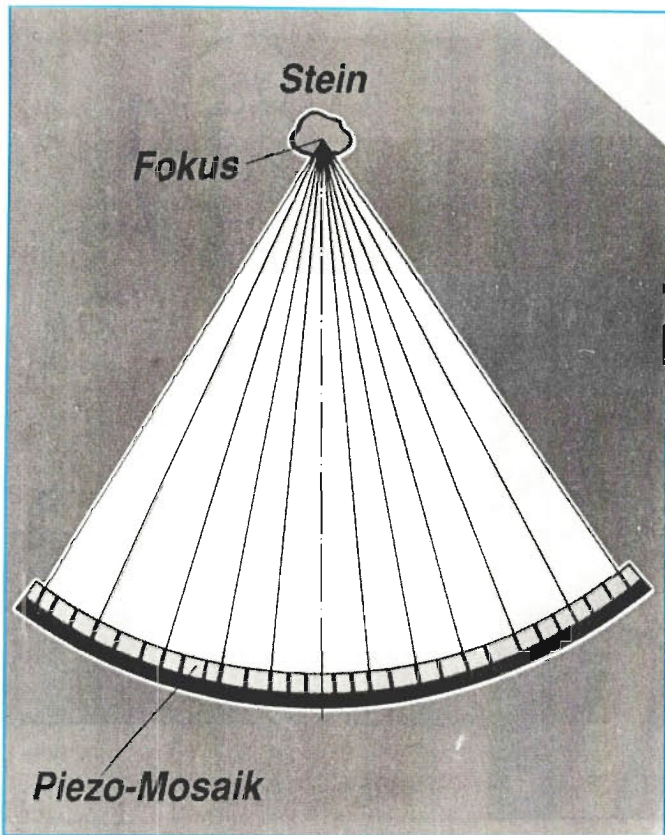


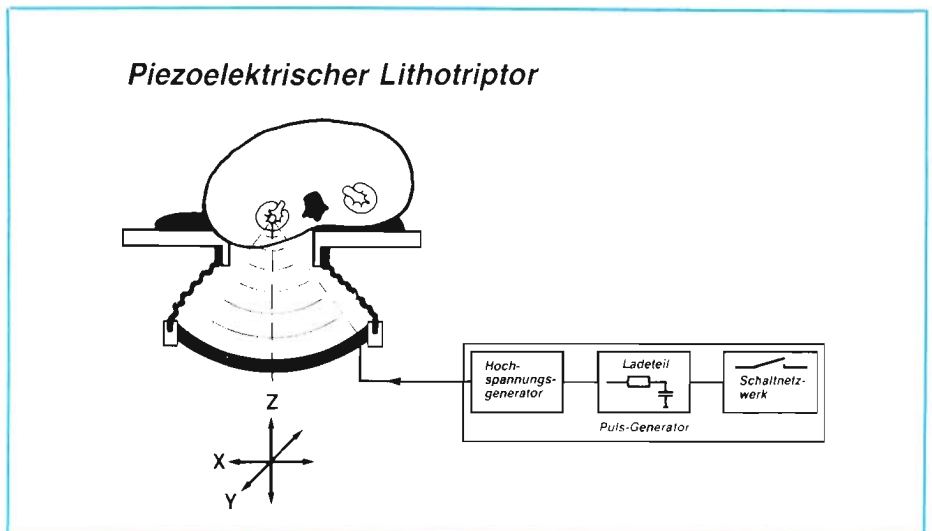
Abbildung 3 (oben): Prinzip des integrierten Ultraschall-Ortungssystems. In der Symmetrie der Kalotte befindet sich ein um 90° drehbarer Sektorscanner (B-Scanner), der in zwei orthogonalen Ebenen Schnittbilder der Niere liefert.

Abbildung 2 (links): Prinzip des sphärischen piezokeramischen Hochenergiepuls-Generators

Abbildung 4 (unten): Lagerung von Patient und Positionierung der Niere über dem Stoßwellengenerator

in: Alter von zwei und zweieinhalb Jahren erhielten eine Maskennarkose zur Ruhigstellung während der Behandlung. In 99 Fällen (22 Prozent) handelte es sich um Nierenbeckensteine unterschiedlicher Größe, in 299 Fällen (66,7 Prozent) um Kelchsteine, die zu 38 Prozent im unteren Kelch lokalisiert waren. 23mal wurden partielle und 13mal totale Ausgußsteine behandelt. Seit Installation des neuen Standard-Piezolith 2200 im Februar 1987, dessen Haut-Fokus-Abstand bis 14 cm variabel ist, wurden auch 14 proximale Uretersteine in situ erfolgreich behandelt (Abbildung 8).

Die Erfahrung, daß durch eine bereits prätherapeutische innere Uretersplintung der Abgang von Steindesintegraten erleichtert wird und die Bildung obstruierender, komplikationsträchtiger „Steinstraßen“ weitgehend vermieden werden kann, hat an unserer Klinik hinsichtlich der auxiliären Maßnahmen zu einer Änderung des Managements geführt. Während vor September 1986 die Rate auxiliärer Maßnahmen – vorwiegend perkutane Nephrostomien – prätherapeutisch bei 16 Prozent und posttherapeutisch



bei 40 Prozent lagen, liegen die entsprechenden Zahlen danach bei 33 Prozent beziehungsweise bei 14 Prozent. Dabei sind in den 33 Prozent prätherapeutischer auxiliärer Maßnahmen allein 24 Prozent innere Splintungen enthalten, die vor Behandlung in Lokalanästhesie der Urethra gelegt werden. Die Splinte werden zwei Wochen nach Behandlung entfernt. Danach sahen wir lediglich noch in einem Prozent der Fälle Steinstraßen im Ureter nach

Abgang von Restklonkrementen aus dem Nierenhohlraum.

Die Rate der auxiliären Maßnahmen nach extrakorporaler piezoelektrischer Lithotripsie steht in engem Zusammenhang mit der Steingröße. Sie nimmt von einem Prozent bei bis 15 mm großen Steinen auf 31 Prozent bei Steinen über 36 mm im Durchmesser zu. Allerdings sind die großen Steine die Ausnahme und werden immer seltener. Bei großen Nierenbecken- und Ausgußsteinen



Abbildung 5: Passage der Stein-Desintegrator durch den Ureter am inneren Splint vorbei

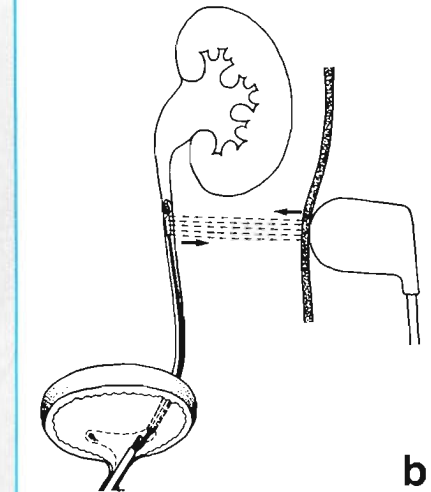


Abbildung 6: „Metallultraschallspiegel“ an der Spitze eines Ureterkatheters (a) und Prinzip der Ultraschallortung bei hohem Ureterstein (b)

waren durchschnittlich drei bis fünf EPL-Sitzungen erforderlich, wobei mit der Desintegration des Nierenbeckenanteils begonnen wurde. Die feinen Desintegrat passierten den Ureter problemlos am Splint vorbei. Bei Mehrfachbehandlungen wurden die ersten zwei Behandlungen jeweils stationär innerhalb einer Woche, die weiteren Behandlungen ambulant in ein- bis zweiwöchigen Intervallen durchgeführt. Sieben von 13 Patienten mit totalen Ausgußsteinen sind derzeit bereits steinfrei, ohne daß weitere auxiliäre Maßnahmen erforderlich gewesen wären.

Abgesehen von den kombiniert stationär/ambulanten Behandlungen bei Ausgußsteinen wurden 43 Patienten mit kleinen bis mittelgroßen Konkrementen ausschließlich ambulant behandelt. Bei den übrigen Patienten lag die Dauer des stationären Aufenthaltes bei 7,4 Tagen. Die Nachuntersuchungen bei bisher 209 Patienten drei Monate nach EPL-Behandlung mittels Ausscheidungsurogramm und Sonographie ergaben Steinfreiheit in 88 Prozent.

Von 1034 Patienten, die 1986 wegen Harnsteinen in unserer Klinik

Tabelle: Vergleichende Darstellung der physikalischen Charakteristika der verschiedenen Stoßwellenlithotriptoren

Produzent	Physikalisches Prinzip	Apertur	Fokus	Schmerz	Ortung
Dornier	Funkenstrecke	klein	1,5 cm	+	Röntgen
Siemens	elektromagnetisch	klein	1,5 cm	+	Röntgen
Wolf	piezoelektrisch	groß	0,35 cm	-	Ultraschall

behandelt wurden, mußten nur noch 47 (4,7 Prozent) Patienten durch eine offene Operation saniert werden, davon 27mal durch Pyelolithotomie und 20mal durch Ureterolithotomie.

Keine Nebenwirkungen

Nebenwirkungen der EPL-Therapie konnten nach den bisherigen Erfahrungen weder im Experiment noch in der Klinik nachgewiesen werden. Perirenale Hämatome, die vom Einsatz anderer Verfahren zur extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie bekannt sind, konnten nach piezoelektrischer Behandlung nicht beobachtet werden; eine temporäre Makrohämaturie ist selten.

Aufgrund der leichten Anwendbarkeit und der fehlenden Nebenwirkungen konnte die Indikationsbreite der extrakorporalen piezoelektrischen Lithotripsie erweitert werden. So wurden Patienten mit kardialen Risikofaktoren – wie zum Beispiel Herzinfarktpatienten oder Herzschrittmacherpatienten – ebenso problemlos behandelt wie Patienten mit zum Teil großen Steinen in Solitärnieren. Ferner wurden fünf Kinder behandelt, davon drei im Alter von 10 bis 12 Jahren ohne Anästhesie. Patienten die wegen Lagerungsproblemen mit anderen ESWL-Verfahren nicht behandelt werden konnten, wurden auf dem Piezolith problemlos gelagert und mit Erfolg therapiert. ▷

**Bewährungsprobe
bestanden**

- 1 Zur extrakorporalen Lithotripsie von Harnsteinen stehen derzeit drei Verfahren (siehe Tabelle) zur Verfügung, die bezüglich der Zertrümmerungseffektivität gleichwertig sind.
- 2 Die Verfahren unterscheiden sich durch das physikalische Prinzip der extrakorporalen Energieerzeugung, durch die Größe von Generatorapertur und Fokusbereich, sowie durch das System der Steinortung.
- 3 Die große Apertur des Piezolith garantiert eine breitflächige Verteilung der Energie und damit eine geringe Energiedichte auf der Hautoberfläche.
- 4 Der kleine Fokusbereich garantiert eine gewebeschonende Behandlung. Geringe Energiedichte an der Hautoberfläche und kleiner Fokusbereich verhindern sowohl eine Oberflächen- als auch Tiefenschmerzempfindung, so daß die extrakorporale Lithotripsie mit dem Piezolith ohne Anästhesie möglich ist.
- 5 Durch die Steinortung mittels Ultraschall entfällt für Patient und Personal jegliche Strahlenbelastung.
- 6 Das im Piezolith 2200 verwirklichte Konzept der Zerstörung von Harnsteinen durch piezoelektrische Stoßwellenerzeugung, verbunden mit einer Steinortung durch Ultra-

schall, hat somit seine Bewährungsprobe bestanden.

Literatur beim Verfasser

Anschrift für die Verfasser:

Professor Dr. med. Manfred Ziegler
Urologische Klinik
der Universität
des Saarlandes
6650 Homburg/Saar

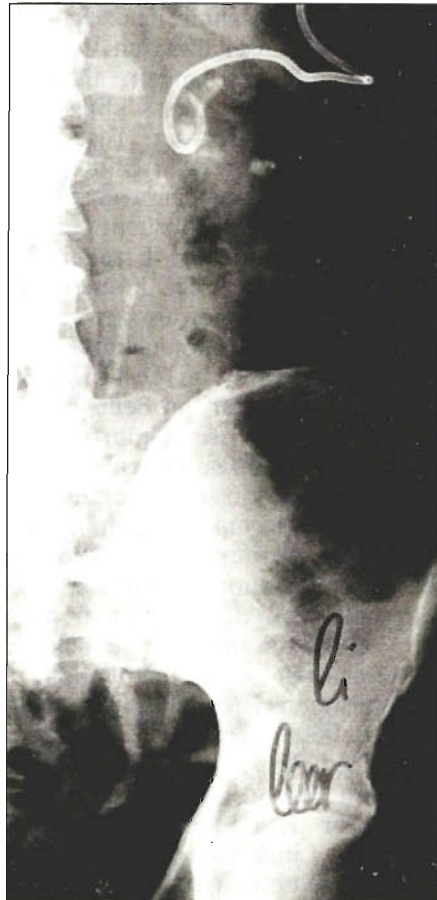


Abbildung 7: Perkutane Nephrostomie bei den Ureter obstruierender „Steinstraße“

Haarzelleukämie

Keine Regel ohne Ausnahme! Wie auch andere Zeitschriften veröffentlichen wir zu den Referaten „Für Sie referiert“ grundsätzlich keine Kommentare, sondern müssen die Einsender auf die Originalarbeiten und deren Verfasser verweisen. Zum Referat über die Haarzelleukämie (DÄ 84, Heft 23 vom 4. 6. 1987) hat uns aber Professor Pralle von der Medizinischen Universitätsklinik in Gießen einige Bemerkungen geschickt, die wir unseren Lesern als Notiz zur Kenntnis bringen wollen. Gross

„Sie haben in sehr konzentrierter und informativer Weise die Arbeit von Norman aus der chirurgischen Abteilung der Mayo Clinic referiert. Sie haben außerdem erwähnt, daß heute neben die Splenektomie das Interferon getreten ist. Nicht erwähnt wurde mit gutem Grund die experimentelle Substanz Pentostatin. Der Originalartikel und das Referat stellen sehr auf die Sicherheit der Splenektomie und die rasche Verbesserung des Blutbildes der Patienten ab. Als härtestes Auswertungskriterium lag auch die Zahl von 61 Prozent der operierten Patienten als 5-Jahres-Überlebensrate vor. Diese Zahl entspricht weitgehend allen anderen Studien bei splenektomierten Patienten. Sie dürfte bei weitem übertroffen werden, wenn man davon ausgeht, daß etwa 90 Prozent aller Patienten von niedrigen Dosen Interferon profitieren. Außerdem ist bekannt, daß darüber hinaus die auf Interferon redividierenden Patienten und die primär nicht ansprechenden Patienten auf Pentostatin reagieren. Diese Patienten können mit belasteter Milz ein vollbelastetes Leben führen. Viele vorläufige Daten deuten darauf hin, daß die Rate der Überlebenden nach fünf Jahren wesentlich höher liegt als nach der Splenektomie. Die Daten über die ersten zwei Jahre sind inzwischen verfügbar.“

Professor Dr. med. Hans Pralle
Medizinische Klinik I und II
am Zentrum für Innere Medizin
der Universität Gießen
Klinikstraße 36, 6300 Gießen

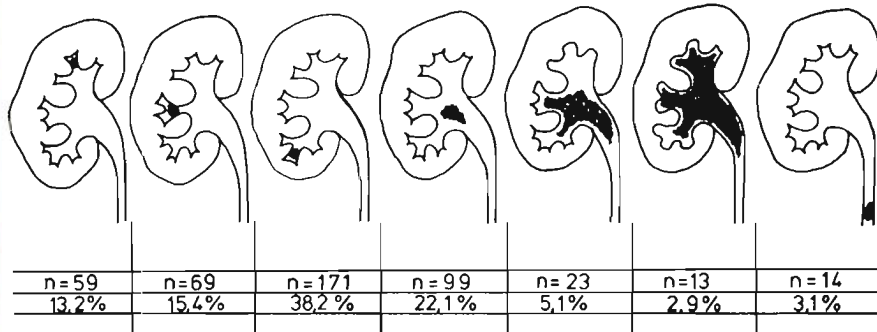


Abbildung 8: Anzahl und Lage der mit dem Piezolith behandelten Harnkonkrementen