

Untersuchung zur Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie als Therapie der Urolithiasis

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn

Mazen Hagouan
aus Herne
2009

Angefertigt mit der Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Priv. Doz. Dr. P.J. Bastian
2. Gutachter: Prof. H.J. Biersack

Tag der Mündlichen Prüfung: 24. September 2009

Aus der Klinik und Poliklinik für Urologie des Universitätsklinikums Bonn
Direktor: Prof. Dr. Dr. S.C. Müller

Widmung

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

1	Abkürzungsverzeichnis	7
2	Einleitung	8
2.1	Epidemiologie	8
2.2	Klinik	9
2.3	Genese	9
2.3.1	Kausalgenese.....	10
2.3.2	Formalgenese	13
2.4	Steinzusammensetzung	14
2.4.1	Kalzium-Oxalatsteine.....	14
2.4.2	Kalzium-Phosphatsteine.....	14
2.4.3	Harnsäuresteine	15
2.4.4	Cystinsteine.....	16
2.5	Metaphylaxie.....	16
2.5.1	Harnsteinanalyse.....	17
2.5.2	Röntgendiffraktion	17
2.5.3	Infrarotspektroskopie.....	18
2.5.4	Polarisationsmikroskopie.....	18
2.6	Die ESWL als Therapie	18
2.6.1	Die ESWL-Verfahren.....	18
2.6.2	Die ESWL Indikationen und Komplikationen	22
2.7	Fragestellung.....	29
3	Methoden	30
4	Ergebnisse	34
5	Diskussion.....	44
6	Zusammenfassung.....	48
7	Anhang.....	49

7.1	Tabelle 4 (Desintegrationsrate bei Steinen mit/ohne DJK)	49
7.2	Tabelle 5 (Desintegration Steine aller Lokalisationen nach ESWL)	49
7.3	Tabelle 6 (Desintegration unterschieden nach Lokalisation der Nierensteine)	50
7.4	Tabelle 7 (Desintegration unterschieden nach Lokalisation der Nierenkelchsteine)	50
7.5	Tabelle 8 (Desintegration unterschieden nach Lokalisation der Harnleitersteine)	51
7.6	Tabelle 9 (Desintegration aller Steine beider ESWL Maschinen)	51
7.7	Tabelle 10 (Desintegration aller Steine Lithodiamond HMT).....	52
7.8	Tabelle 11 (Desintegration aller Steine Lithostar Siemens)	53
8	Abbildungsverzeichnis.....	54
9	Literaturverzeichnis	55

1 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
DJ	Doppel J Katheter
DJK	Doppel J Katheter
ESWL	Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie
et al.	Und Andere
H	Hour – Stunde
i.m.	Intra muskulär
i.v.	Intra venös
KV	Kilovolt
Max	Maximum
Min	Minimum
pH	pondus Hydrogenii / pH Wert
PNL	Percutane Nephrolithopalaxie
Tab.	Tabelle
URS	Ureterorenoskopie

2 Einleitung

2.1 Epidemiologie

Das Harnsteinleiden ist eine Volkskrankheit mit endemischen Eigenschaften, die Abhängigkeiten zu sozioökonomischen Faktoren aufweist (Joost et al. 1986). Europaweit liegt die Prävalenzrate bei etwa 4-5% (Vahlensieck 1987c), wobei in Deutschland laut einer Studie die Prävalenzrate innerhalb der letzten zwanzig Jahre auf 5% angestiegen ist. Insgesamt beträgt die Inzidenz des Harnsteinleidens in den letzten Jahrzehnten etwa 0,5%, hiervon 40% Erstmanifestation und 60% Rezidiverkrankungen. Allein im Jahr 2000 wird eine Inzidenz von 1,47% angegeben, was eine deutliche Erhöhung zu den Daten von 1987 aufzeigt (Müller et al. 2004).

Die Geschlechts- und Altersverteilung des Harnsteinleidens ist auch in Abhängigkeit von regionalen und Wohlstands Faktoren zu sehen. Es gibt differierende Angaben zu der Geschlechtsverteilung der Erkrankung von 1:1 (Männer : Frauen) bis hin zu 6:1 (Männern : Frauen). Für Europa ist von einer 2:1 Verteilung im Mittel auszugehen (Vahlensieck 1987). So hatten in der Altersgruppe der 50 bis 64 Jährigen 9,7% der Männer und 5,9% der Frauen einen Harnstein (Hesse et al. 2003).

Allgemein lässt sich feststellen, dass die Erkrankung mit zunehmendem Alter häufiger wird und der Gipfel um das 50. Lebensjahr liegt, wobei er bei Frauen tendenziell leicht unter 50 und bei Männern tendenziell leicht über 50 liegt (Vahlensieck 1987; Schneider et al. 1980; Schultheis et al. 1987). Es gibt auch Autoren, die den Altersgipfel um das 35. Lebensjahr nennen (Joost und Rübben 1992).

Die Abhängigkeit zwischen Auftreten des Harnsteinleidens und dem Wohlstand der Gesellschaft bzw. Überflussernährung kann man anhand der sogenannten „Harnsteinwellen“ aufzeigen. So ist die Inzidenz in den Jahren 1924 bis 1930 und ab 1950 gestiegen (Schneider et al. 1980).

2.2 Klinik

Die Symptomatik des Harnsteinleidens ist je nach Lokalisation, Größe, Oberflächenbeschaffenheit und Kinetik des Steines unterschiedlich ausgeprägt (Vahlensieck 198d). Häufigstes Symptom ist die akute Kolik, angekündigt durch einen ziehenden oder schlagartig einsetzenden Schmerz. Die Ursache ist der akute, in den Harnwegen eingeklemmte Stein, der außer der lokalen Reizung auch einen Harnstauungsschmerz und eine Ureterspastik bewirken kann.

Typisch für Nierensteine ist das längere symptomarme bzw. -lose Vorhandensein. Große Ausgusssteine verursachen oft nur dumpfe Bauch- und Rückenbeschwerden oder Makro- bzw. Mikrohämaturie. Durch chronische Infektion und Schleimhautreizung kann es bis zur Niereninsuffizienz kommen. Ventilsteine im Nierenbeckenausgang haben durch die akute Stauung eine plötzliche Symptomatik zur Folge. Auf Koliken bei Harnleitersteinen folgen Reaktionsmechanismen und Symptome wie Bewegungsdrang, Übelkeit, Erbrechen, Obstipation und vasovagale Zeichen. Makro- und Mikrohämaturie, Pollakisurie, gehäufter Harndrang sind weitere klinische Zeichen bei zugrunde liegender Schleimhautläsion, prävesikaler Lage und Einklemmung (Sökeland et al. 1987; Spirnak und Resnick 1992; Vahlensieck und Bach 1987). Blasensteine sind seltener, lange ohne Symptome, oft sehr groß und treten vornehmlich bei Männern aufgrund vermehrter Abflussprobleme auf.

2.3 Genese

Die Entstehung von Harnsteinen wird von mehreren Faktoren beeinflusst und ist bis heute nicht in allen Einzelheiten geklärt. So spielen Faktoren wie Ernährung, Lebensraum, genetische Merkmale, begünstigende Erkrankungen und Medikamenteneinnahme eine Rolle (Joost und Rübber 1992; Schneider et al. 1985; Vahlensieck 1987c). Zur Erklärung der Harnsteinbildung wird zwischen Kausalgenese und Formalgenese unterschieden.

2.3.1 Kausalgenese

Die Kausalgenese erklärt die Entstehung der Harnsteine nach folgenden Ursachen:

- Pathologische Nierenmorphologie
- Urodynamische Störungen
- Disponierende Harnkomposition

2.3.1.1 Pathologische Nierenmorphologie

Die pathologische Nierenmorphologie zeigt sich in mehreren Faktoren. Zum einen in der Sedimentation in erworbenen und angeborenen Hohlräumen im Nierenparenchym, z.B. in verkalkten Markzysten oder in Markschwammnieren. Zum anderen in Gewebenekrosen, welche zum Beispiel durch toxische Substanzen oder durch Mangel durchblutung ausgelöst werden und dadurch sekundär kalzifizieren (z.B. Papillenstein). Des Weiteren in Konkrementbildung, welche um vorhandene Fremdkörper entstehen kann (Splitter oder Geschosse).

2.3.1.2 Urodynamische Störungen

Bei bis zu 70% der Patienten ist die Harnsteinbildung begleitet von Störungen des Harntransports (Joost et al. 1986). Bedingt werden diese Störungen einerseits durch angeborene oder erworbene Engen des harnableitenden Systems, andererseits durch funktionelle Ursachen, wie z.B. Bettruhe, neurologische oder hormonelle Dysfunktion. Dieses kann zu einem verminderten oder fehlenden Harnabfluss führen und damit zu Kristallbildung oder Kristallwachstum.

2.3.1.3 Disponierende Harnkomposition

Bei der disponierenden Harnkomposition geht es um die Veränderung der Harnzusammensetzung und der daraus resultierenden Verschiebung des Löslichkeitsprodukts in Richtung Nukleation. Eine solche Nukleation wird durch ungenügende Verdünnung der im Harn ausgeschiedenen Substanzen ausgelöst, wie z.B. bei mangelndem Trinkvolumen oder übermäßigem Schwitzen. Der vermehrte Anfall von lithogenen Stoffen im

Harn und der Mangel von lithogenen Inhibitoren, sowie ein ungünstiger pH Wert des Urins verursachen die Steinentstehung.

Inhibitoren spielen eine wichtige Rolle bei der Lithogenese, obgleich das Ausmaß noch nicht ganz geklärt ist. Substanzen wie Zitrat, Magnesium, Pyrophosphat, Polyanionen und Fluoride inhibieren die Kristallaggregation und das Wachstum (Vahlensieck 1987).

Bei einem ungünstigen pH Wert bilden sich Steine auch ohne vermehrte Exkretion steinfördernder Stoffe, so z.B. Harnsäurestein bei einem pH Wert unter 5,8 (Hesse et al. 1987a; Robertson et al. 1993). Harnsäurende Faktoren wie starke körperliche Aktivität und hoher Konsum tierischen Proteins führen gehäuft zur Lithogenese von Harnsäure-, Cystin- und Xanthinsteinen. Harnalkalisierende Faktoren wie die renale tubuläre Azidose, Infektionen und Immobilisation führen zur Ausfällung von Phosphat- und Struvitsteinen. pH Wert unabhängig ist die Oxalatsteinentstehung.

2.3.1.3.1 Hyperkalzurie

Das Risiko der Harnsteinbildung hängt zusammen mit der vermehrten Ausscheidung lithogener Substanzen, so z.B. Kalzium. Als Ursache für die vermehrte Ausscheidung von Kalzium steht zuerst die vermehrte intestinale Resorption, gekennzeichnet durch Vitamin D Überdosierung, Hyperparathyreodismus und Kalziumüberkonsums. Weitere Ursachen der Hyperkalzurie sind die gesteigerte Knochenresorption durch Osteoporose, Knochentumoren, Immobilisation und die gesteigerte renale Kalziumexkretion durch eine tubuläre Reabsorptionsstörung. Unklare Ursachen für die Hyperkalzurie sind ein hoher Protein und Kohlenhydratkonsum, ein Überkonsum an oxalatreichen Nahrungsmitteln sowie die essentielle Hypertonie und ein Zuviel an Vitamin C. Durch Überbelastung und Anlagerung von Kalziumphosphat können der Hyperkalzurie strukturelle Schäden am Nierenparenchym, insbesondere an den Tubuluszellen, folgen (Robertson1993 ; Vahlensieck 1987).

2.3.1.3.2 Hyperoxalurie

Durch eine Hyperoxalurie kann es zu einer Überschreitung des Löslichkeitsprodukts für Kalziumoxalat und zur Bildung von Kalziumoxalatkristallen kommen. Eine primäre Hyperoxalurie wird z.B. durch einen angeborenen Enzymdefekt verursacht, während die

sekundäre Hyperoxalurie z.B. durch übermäßige Zufuhr von Oxalat mit der Nahrung oder durch enterale Hyperresorption herbeigeführt wird. Dieser Störung liegt zumeist ein verminderter enteraler Kalziumgehalt zur Bindung des Oxalats im Darm zugrunde.

2.3.1.3.3 *Hyperphosphaturie*

Die Hyperphosphaturie führt zur Steinbildung durch Überschreiten des Löslichkeitsprodukts vor allem beim gemeinsamen Auftreten mit der Hyperkalzurie. Ursachen für die Hyperphosphaturie sind ein Überkonsum an phosphatreichen Nahrungsmitteln oder Diuretikaaufnahme, aber auch Hormonstörungen, Knochenerkrankungen sowie Tubulus-schäden.

2.3.1.3.4 *Hyperurikosurie*

Im Rahmen der Harnsteinentstehung spielt die Hyperurikosurie sowohl bezüglich der reinen Harnsäuresteinen und Mischsteinen mit Harnsäureanteilen, als auch bezüglich der Induktion einer Kalziumoxalatsteinbildung eine besondere Rolle. Wobei die Kalziumoxalatsteinbildung auf dem Wege einer heterogenen Nukleation oder der Blockade von Inhibitoren entsteht. Die Auskristallisierung von Harnsäure erfolgt bei normaler Ausscheidung stärker pH Wert-abhängig als konzentrationsabhängig. Verursacht wird diese durch purinreiche Ernährung, Alkoholabusus, Tumorzerfall, Urikosurika und Östrogene.

2.3.1.3.5 *Cystin*

Durch eine angeborene Störung der tubulären Rückresorption von Cystin wird dieses vermehrt ausgeschieden. Bei einem pH-Wert unter 7,5 sowie ungenügender Harn-dilution kommt es gehäuft zur Steinbildung.

2.3.1.3.6 *Xanthinurie*

Die Xanthinurie tritt vor allem bei einem Mangel an Xanthinoxidase auf, ist aber als Ursache für Harnsteine eher selten (Hartung 1987, Robertson 1993).

2.3.2 Formalgenese

Zur Erklärung der Steinentstehung dienen zwei formalgenetische Gesetze:

- die Matrixtheorie
- sowie die Kristallisationstheorie.

2.3.2.1 Matrixtheorie

Harnsteine enthalten sowohl anorganische also auch einen geringen Anteil organischer Substanzen. Eine organische Matrix aus Serum- und Urinproteinen (Albumin-, (Alpha) 1 -, (Alpha) 2 , gelegentlich auch (Gamma) Globuline, Mukoproteine und Matrixsubstanz A) bildet ein Netzwerk für die Ablagerungen von Kristallen (Spirnak und Resnick 1992).

2.3.2.2 Kristallisationstheorie

Der mit kristallbildenden Salzen übersättigte Harn ist die Grundlage der Steinbildung in der Kristallisationstheorie. Wird im Urin das Löslichkeitsprodukt durch vermehrtes Ausscheiden von Stoffen und durch Instabilität des Harns überschritten, bilden sich Kristalle. Auslöser für die Steinbildung sind Fremdkörper, weitere kleine Kristalle oder Bakterien (Nukleation), um welche sich ein Kristallgitter bildet. An dieses Kristallgitter können sich weitere Proteine und Kristalle anlagern (Aggregation). Hierbei wird das Wachstum und die Größe des Steins bestimmt durch die Menge und Konstellation an Inhibitoren und lithogenen Substanzen, dem pH Wert sowie der Flussdynamik des Harns (Spirnak und Resnik 1992).

2.4 Steinzusammensetzung

Harnsteine sind kristalline Ablagerungen von schwerlöslichen Harnkomponenten reiner oder gemischter Zusammensetzung. Hierbei existieren etwa Zwanzig verschiedene steinbildende Stoffe (z.B. Kalziumoxalat, Phosphat, Urat, Harnsäure, Magnesium-Ammonium-Phosphat, Cystin etc.), die sich unterschiedlich zusammensetzen können. Merkmale sind Gewicht, Form, Masse, Farbe, Härte, Dichte und Größe (Bastian et al. 2008).

2.4.1 Kalzium-Oxalatsteine

Kalzium-Oxalatsteine sind mit ca. 60% am häufigsten vertreten. Sie sind röntgenpositiv und von harter Konsistenz. Die Ätiologie ist meist idiopathisch, nur selten findet man eine zugrunde liegende Erkrankung als Auslöser. Diese sind meist Stoffwechselerkrankungen mit erhöhter Kalzium oder Oxalatausscheidung. Häufiger liegt es jedoch am Nahrungsgehalt von Kalzium und Oxalat und an Faktoren wie Immobilisation, Flüssigkeitshaushalt und Inhibitorenmangel, wenn eine Hyperkalzurie oder Hyperoxalurie auftritt. Typisch ist die hohe Rezidivquote des Kalzium-Oxalatsteins. Bei 60 % der Fälle tritt innerhalb der ersten Jahre nach Erstmanifestation ein Rezidiv auf (Klugmann und Favus 1995; Spirnak und Resnick 1992). Dieses unterstreicht die Bedeutung der Rezidivprophylaxe (Laube et al. 2006; Kavanagh et al. 2006; Sarica et al. 1997).

2.4.2 Kalzium-Phosphatsteine

Man unterscheidet die phosphathaltigen Harnsteine in Hydroxyl- Carbonatapatit (Apatit), Kalziumhydrophosphat (Brushit), Kalziumorthophosphat (Whitlockit) und Magnesiumphosphat (Struvit). Reine Phosphatsteine sind selten. Sie bestehen meist aus einer Mischung von Phosphat, Kalziumoxalat, Harnsäure und anderen Komponenten. Entspricht die Mischung anderer Komponenten weniger als 20%, spricht man von reinen Harnsteinen (Rutishauer et al. 1987). Sie haben eine weiche, bröcklige und glatte Konsistenz,

sind nur schwach röntgenkontrastiv, schnell wachsend und führen oft zu kompletten Ausgusssteinen.

Es besteht ein ursächlicher Zusammenhang zwischen Harnwegsinfekten und Phosphatsteinentstehung. Eine bakterielle Besiedlung des Harntraktes, selbst durch Harnsteine verursacht, begünstigt vor allem durch pH Wert Anhebung ein Phosphatsteinwachstum. Insbesondere ureasebildende Bakterien führen vermehrt zu Struvitbildung. Weitere Ursachen sind Hyperresorption von Kalzium und Phosphat, primärer oder sekundärer Hyperparathyreodismus, renale tubuläre Azidose und Hyeralimentation (Klugman und Favus 1995; Rutishauer et al. 1987; Butz 1989). Meta- und Prophylaktisch spielen Infektanierung und pH Wert Senkung die zentrale Rolle (Laube et al. 2006; Kavanagh et al. 2006).

2.4.3 Harnsäuresteine

Harnsäuresteine können vier Ursachen haben:

- Idiopathische Harnsäuresteinerkrankungen bei ständig saurem Urin pH ohne pH Schwankungen,
- Hyperurikämie bei Hyeralimentation, Gicht oder Zellzerfall,
- Chronische Dehydrierung mit vermindertem Urinvolumen,
- Hyperurikosurie ohne Hyperurikämie, hervorgerufen z.B. durch Thiaziddiuretika.

Etwa 15% der Harnsteine sind Harnsäuresteine. Als Endprodukt des Purinstoffwechsels entstehen sie bei der Ausfällung durch zu hohe Konzentration und bei saurem Urin. Sie sind im nativen Röntgenbild nicht darstellbar, von fester, harter Konsistenz und gelbbrauner Farbe (Royce et al. 1987; Hesse et al. 1987 b; Spirnak und Resnick 1992). Therapeutisch sind Harnsäuresteine durch Einnahme von z.B. zitronensäurehaltigen Urikosurika, Allopurinol und ausreichender Flüssigkeitsmenge zu einem großen Teil aufzulösen bzw. zu verhindern.

2.4.4 Cystinsteine

Die Cystinurie ist eine seltene, autosomal-rezessiv vererbte Stoffwechselstörung mit verminderter Resorption von Aminosäuren aus Nierentubuli und Magen-Darm-Trakt. Die Cystinsteine machen etwa 1% der Harnsteine aus. Bei im frühen Alter auftretenden und im Röntgenbild nur schwach sichtbar werdenden Steinen besteht die Therapie und Prophylaxe hauptsächlich in großer Flüssigkeitszufuhr, Urinalkalisierung und cystinbindenden Medikamenten wie z.B. Penicilinamin und Ascorbinsäure (Spirnak und Resnick 1992).

2.5 Metaphylaxie

Mit allgemeinen und speziellen Maßnahmen wird versucht die Rezidivsteinbildung zu verringern (Metaphylaxie).

In Deutschland werden jährlich ca. 300.000 bis 400.000 Fällen einer Urolithiasis behandelt. Bei zwei Drittel handelt es sich um Rezidivsteine. Trotzdem ist mit zeitlichem Abstand zur letzten Kolik oder dem letzten Steinereignis die Bereitschaft des Patienten etwas gegen eine erneue Steinbildung zu unternehmen rückläufig (Hesse et al. 2002; Vahlensieck 1987).

Allgemeinen Maßnahmen, bei der beschriebenen hohen Rezidivsteinquote (Hesse et al. 2002; Rübben et al. 1992; Vahlensieck 1987c; Zechner et al. 1995) sind die Gewichtsabnahme, körperliche Aktivität, ausgewogene Ernährung und eine ausreichende Flüssigkeitsaufnahme von mindestens 3 Litern pro Tag.

Spezielle Maßnahmen zur Rezidivprophylaxe umfassen diagnostische Aspekte wie z.B. die Steinanalyse. Unterschiedliche Steinzusammensetzungen erfordern hierbei verschiedene Behandlungswege.

Bei Infektsteinen sollten Steinentfernung, Infektsanierung, Beseitigung einer auslösenden Obstruktion sowie eine Harnansäuerung und ausreichende Harndilution das Ziel sein (Hesse et al. 2002; Zechner et al. 1995).

Bei Harnsäuresteinen kann über purinarmer Kost, 3 Liter Trinkmenge / 24h, Allopurinolmedikation und eine eventuelle Harnneutralisierung Rezidiven vorgebeugt werden. Cystinsteine können mit Harnalkalisierung (Kalziumzitrat), Penicilinamin Ascorbinsäure und einem Trinkvolumen von vier Litern / 24h behandelt werden (Katz et al. 1995). Strenge Diätpläne haben sich im Laufe der Jahre als unpraktikabel und nicht erfolgreich erwiesen. Bei entsprechenden Steinzusammensetzungen sollte jedoch auf überhöhte Aufnahme lithogener Substanzen mit der Nahrung verzichtet werden (Calcium, Oxalat, tierisches Eiweiß). Ein übertriebener Genuss von Milcheiweißprodukten ist rezidivfördernd (Klugman und Favus 1995).

Insgesamt korreliert der Erfolg der Rezidivprophylaxe mit der konsequenten langfristigen Metaphylaxie und der Durchführung regelmäßiger Kontrollen (Knoll et al. 2003; Schultheis und Gutenbrunner 1990; Zechner et al. 1995).

2.5.1 Harnsteinanalyse

Voraussetzung für eine erfolgreiche Rezidivprophylaxe ist die Kenntnis über die Harnsteinzusammensetzung. Analysemethoden hierfür sind die Röntgendiffraktion, Infrarotspektroskopie und die Polarisationsmikroskopie.

2.5.2 Röntgendiffraktion

Aufgrund ihres Gitteraufbaus führen Kristalle bei Anwendung von Röntgenstrahlen zu Beugungserscheinungen. Bei der Röntgendiffraktion werden die Kristallphasen pulverisierter Harnsteine bestimmt. Dabei unterscheiden sich die Pulverdiagramme unterschiedlicher Kristallstrukturen so deutlich, dass sie zur Identifizierung einer Substanz herangezogen werden können. Zur qualitativen Analyse werden die gewonnenen Pulverdiagramme mit Referenzdiagrammen bekannter Kristalle verglichen.

2.5.3 Infrarotspektroskopie

Die Infrarotspektroskopie ist eine automatische Routinemethode zur qualitativen und quantitativen Bestimmung mittels Messung charakteristischer, an Eichkurven orientierter Absorptionsspektren bei durch Kristalle abgeschwächter Infrarotbestrahlung.

2.5.4 Polarisationsmikroskopie

Über die Lichtbrechungsindizes pulverisierter Harnsteine in festgelegten, indexförmigen Umgebungsflüssigkeiten werden Rückschlüsse über einzelne Harnsteinkomponenten getroffen.

2.6 Die ESWL als Therapie

2.6.1 Die ESWL-Verfahren

Die extrakorporale Stoßwellenlithotripsie (ESWL) ist das Verfahren der 1. Wahl in der Steinbehandlung und gehört zur minimal invasiven Therapie (Chaussy et al. 2007; Knoll et al. 2003). Bei der ESWL erfolgt die Zertrümmerung von Konkrementen in abgangsfähige, nicht mehr schmerzhaft fragmentierte Fragmente mittels Druckwellen. Diese hochenergetischen Stoßwellen werden durch verschiedene elektrohydraulische, elektromagnetische und piezoelektrische Techniken erzeugt um dann auf den Stein als Brennpunkt genauestens fokussiert und unter möglichst geringem Energieverlust über ein Ankopplungsmedium in den Körper geleitet zu werden (Knoll et al. 2003).

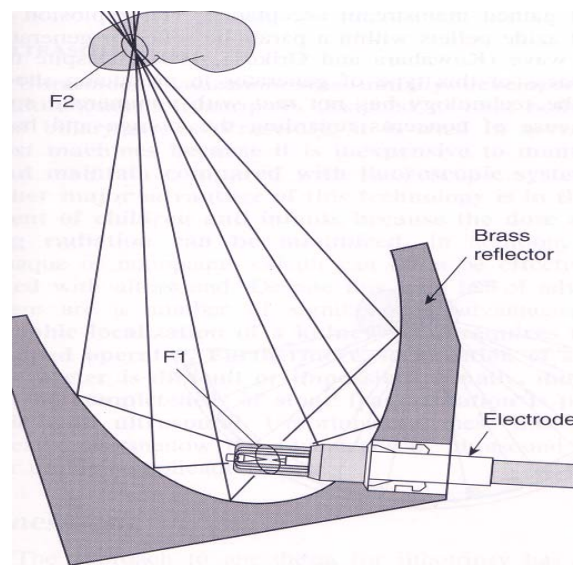
Das Prinzip der Steinertrümmerung durch ESWL ist physikalisch gesehen der Druckgradient zwischen Zug- und Druckkraft innerhalb des Konkrements. Die produzierte Stoßwelle gehorcht dem physikalischen Gesetz einer akustischen Welle (Reflexion, Biegung, Brechung, Beugung). Aufgrund nahezu gleicher akustischer Impedanz von Wasser und Körpergewebe kann die ausgerichtete und fokussierte Stoßwelle ohne größeren

Verlust (Reflexion) in das Gewebe fortgeleitet werden. Erst an sogenannten Grenzflächen, d.h. Änderungen der Gewebsbeschaffenheit wie der Wechsel zu Harnstein oder Knochen, tritt eine große Reflexion auf. Die dabei an dem Konkrement auftretende Zugkraft steht der Druckkraft durch die antegrade Stoßwellenrichtung entgegen und das Konkrement wird durch den die Festigkeit des Steins übersteigenden Druckgradienten zerstört (Eisenmenger et al. 2001; Chaussy et al. 1989; Rübber et al. 1992).

Unterschieden werden die Stoßwellen nach punktförmigen (elektrohydraulischen, Laser- und Mikroexplosionslithotripsie) und flächigen Formen (elektromagnetische und piezoelektrische Lithotripsie).

2.6.1.1 Das elektrohydraulische System

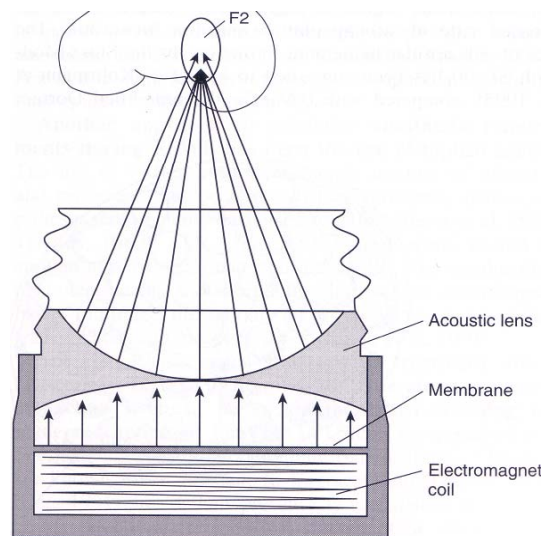
Die Lithotriptoren der 1. Generation (Lithotriptor HM3 Dornier) arbeiteten mit der Stoßwellenerzeugung durch Funkstreckenentladung. Hierbei befinden sich zwei Elektroden im Brennpunkt eines metallenen, rotationssymmetrischen Halbellipsoides. Die unter Hochspannung stattfindende Funkenentladung zwischen den Elektroden führt zur Verdampfung von Wasser. Hierdurch bildet sich wiederum eine sich räumlich ausbreitende Druckwelle, die, durch die Form des Halbellipsoides entsprechend fokussiert, auf das Konkrement ausgerichtet werden kann. (Eisenmenger et al. 2001; Chaussy et al. 1989). Dort am 2. Brennpunkt gelangen ca. 75 % der ursprünglich freigesetzten Energie zur Wirkung. Der positiv ausgerichteten Stoßwelle folgt eine Welle negativen Drucks aufgrund der reversiblen Volumenverdrängung. Diese negative Druckwelle ließ sich sowohl durch den technischen Fortschritt als auch aus Erfahrung in der Anwendung verkleinern. Dadurch konnten Komplikationen wie Hämatom, Gewebeschädigung und Schmerzen signifikant verringert werden. Bei anfangs obligater Vollnarkose ist nun mit dieser modifizierten Technik eine Sedoanalgesie ausreichend. Insgesamt sind jedoch die mögliche Anpassung des Energieniveaus und die Aperturen schlechter als bei den folgenden zwei Systemen. Somit sind die Schmerzen und Komplikationen trotz effektiver Desintegration immer noch beachtliche Faktoren (Eisenmenger et al. 2001; Chaussy et al. 2007).



(Abb. 1:) Schematische Darstellung des elektrohydraulischen Systems bei der Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie

2.6.1.2 Das elektromagnetische System

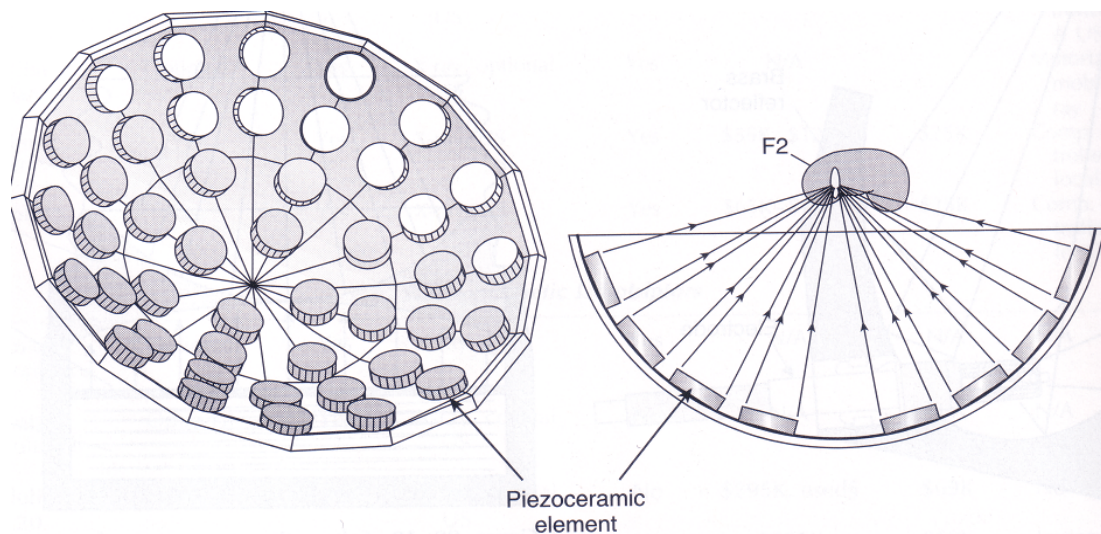
Bei dem elektromagnetischen System der Stoßwellenerzeugung wird über die elektrische Aktivität einer elektromagnetischen Spule in einem Metallzylinder die Ausdehnung einer nachgeschalteten Metallmembran in stufenloser Intensität induziert. Ein an die Metallmembran gekoppelter Wasservorlauf als Übertragungsmedium sorgt für die Weiterleitung der Stoßwelle. Die Fokussierung auf den Harnstein erfolgt bereits im Metallzylinder bzw. Stoßrohr durch eine akustische Linse. Die Ankopplung an einen Patienten erfolgt zumeist über ein Wassergelkissen. Vorteile dieses Verfahrens sind die stufenlose Regulation der Energie, die lange Lebensdauer der Elemente und eine gute Steindesintegration bei relativ niedriger Energie und kleinerer Apertur. Dieses führt im Stoßwellenfokus zu einer sehr geringen Gewebetraumatisierung. Trotzdem bedarf es auch bei dieser ESWL Technik häufig einer Sedoanalgesie (Chaussy et al. 2007; Knoll et al. 2003; Gronau et al. 2003; Marberger et al. 1994).



(Abb. 2:) Schematische Darstellung des elektromagnetischen Systems bei der Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie

2.6.1.3 Das piezoelektrische System

Piezokeramische Kristalle geraten unter elektrischer Spannung in einen Zustand der Schwingung und völliger Elementausdehnung, welches nach dem Ende der elektrischen Spannung wieder reversibel ist. Die Ausdehnung des Kristalls führt dadurch zur Bildung einer Stoßwelle. Zur ESWL werden ca. 3.000 piezoelektrische Kristalle in paralleler Schaltung zur Freisetzung ausreichender Stoßenergien benötigt. Die konkave dreidimensionale Anordnung in einer Halbkugel ermöglicht hier die automatische Fokussierung jedoch unter der Bedingung einer großen Apertur. Die große Apertur führt über den großflächigen Hauteintritt der Stoßwelle zur absoluten schmerzfreien Applikation der ESWL. Das piezoelektrische System ist zum Vergleich zu anderen Stoßwellensystemen mit mindestens 1.000.000 Stoßwellen das System mit dem wenigsten Verschleiß (Chaussy et al. 2007; Knoll et al. 2003). Als mögliche Komplikationen werden kardiale Arrhythmien beschrieben. Zur Vermeidung von Herzrhythmusstörungen wird eine EKG Triggerung und Begrenzung der Stoßwellenzahl empfohlen (Kataoka et al. 1995).



(Abb. 3:) Schematische Darstellung des piezoelektrischen Systems bei der Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie

2.6.2 Die ESWL Indikationen und Komplikationen

Zur Stoßwellenkoppelung an den Körper können Wasserbäder verwendet werden. Die Wasserbäder bieten den Vorteil einer nahezu reflektionsfreien übertragbaren Stoßwelle ohne großen Energieverlust. Allerdings ist die Unterbringung des Patienten im Bad zeitaufwendig, die Herz Kreislauf Belastung im Wasser erhöht und die Auslösung kardialer Arrhythmien aufgrund sich im Wasser fortleitender Stoßwellen möglich (Chaussy et al. 1989; Knoll et al. 2003). Bei den meisten modernen Geräten werden Wasserkissen als Kopplungsmedium genutzt. Diese werden von unten aus der Liege an den Patienten geführt und ermöglichen somit eine bequeme mobile und anatomische Ankopplung. Des Weiteren verbessern Kontaktgel oder –vaseline die Kontinuität und vermindern eventuelle Schmerzen. Der Energieverlust von ca. 15 % bei Nutzung der Wasserkissen wird im Gegenzug zur verbesserten Praktik in Kauf genommen (Marberger et al 1989).

Die entscheidende Bedingung einer erfolgreichen ESWL ist die exakte Steinortung vor und während der Behandlung. Zur Positionierung des Harnsteins im Fokus des Lithotriptors werden Röntgen- und Ultraschalltechnik benutzt. Bei Projektion des Harn-

steins auf knöcherne Strukturen ist die Ortung sowohl durch Röntgen als auch mit Ultraschall aufwendig. Dieses schränkt die Möglichkeit der ESWL bei Harnleitersteinen im mittleren Drittel und unteren Viertel ohne vorhergehende Manipulation ein. Wegen langer Durchleuchtungszeiten mit starker Strahlenbelastung und ein geringes sonographisches Ortungspotential lassen eine Kombination beider Techniken für sinnvoll erscheinen (Auge et al. 2002; Chaussy et al. 1997; Marberger et al. 1989; Jocham et al. 1986). Die Kombination von Ultraschall und Röntgen gewährleistet eine minimale Belastung mit kontinuierlicher Steinortung in Echtzeit.

Voraussetzung	Anmerkungen
Voruntersuchungen	Anamnese Körperliche Untersuchung Bildgebung (Sonographie, Röntgen, Urogramm, CT, Pyelogramm, MRT, Szintigram)
Monitoring während der Stoßwellenapplikation	Obligat: Klinische Patientenbeobachtung Fakultativ (bei Analgosedierung obligat): EKG, RR-Messung, Pulsoximetrie
Analgesie	Fakultativ (abhängig von Stoßwellen-Dosis, Patient, Lithotripter) Abhängig von der Anordnung der Stoßwellen-Quellen am Lithotripter und Lokalisation des Steines: Rücken-, Bauch-, Seitenlagerungen
Steinortung und Positionierung im Fokus	Röntgen und/oder Ultraschallortung (abhängig von: Röntgendarstellbarkeit des Steines, Lithotriperausstattung)
SW-Applikation	Stoßwellenanzahl und Stoßwellenenergie abhängig von: - Desintegrationserfolg - Limitationen des Lithotripters - Risikofaktoren des Patienten Schmerzperzeption des Patienten
SW-Frequenz	Optimaler Frequenzbereich = 90 SW/min Cave: Herzrhythmusstörungen (ggf. EKG-Triggerung)
Folgeuntersuchungen	Obligat: Klinischer Status, Sonographie (Hämatom, Dilatation, Desintegration, Reststeine) Fakultativ: Röntgenleeraufnahme (Desintegration, Reststeine), Asservierung des Steinmaterials
Wiederholungsbehandlung	Abhängig vom Desintegrationserfolg Intervall der ESWL-Sitzungen bei Stoßwellen-Applikation auf die Niere in Abhängigkeit vom Lithotripter (Cave Hämatom)

(Tab. 1:) Tabellarische Darstellung zur Durchführung der Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie nach den Leitlinien Urologie. Quelle: AWMF, Leitlinien zur Diagnostik, Therapie und Metaphylaxe der Urolithiasis

Eine neue Perspektive in der Therapie der Harnleitersteine sowohl im oberen als auch im mittleren und unteren Anteil zeigt die ESWL in situ Behandlung mit Boostertechnik auf. Hier wird der Stein im oberen Harnleiter unverändert im Ureter belassen und mit hochfrequenten Stoßwellen behandelt. Wenn nötig wird diese Behandlung in kurzfristigen Abstand von 2-3 Tagen wiederholt. Im Gegensatz zu bisherigen Verfahren soll aufgrund einer fehlenden Ausbildung eines Ödembettes im Harnleiter ein rascherer und unkomplizierter Desintegrationsabgang gewährleistet werden (Crow et al. 2008; Davenport et al. 2006; Chacko et al. 2006).

Eine Reihe von Nebenwirkungen mit unterschiedlicher klinischer Relevanz durch eine ESWL Therapie muss beachtet werden. Eine meist nach ESWL auftretende Makrohämaturie ist nur für 24 – 48 Stunden apparent. Nierenaffektionen im Sinne von intrarenalen Blutungen und Ödemen sind in CT und MR nachweisbar, heilen aber, z.T. unter Narbenbildung, folgenlos aus. Auch transient reduzierter effektiver Plasmafluß führt nicht zu einer langfristigen nachweisbaren Funktionseinschränkung. Eine vorübergehend nachweisbare perirenale Flüssigkeitssammlung kann allenfalls zu geringer Fibrosierung führen. Eine Abnahme der Nierendurchblutung wäre hierdurch möglich, sekundäre Funktionsstörungen sind daraus aber nicht abzuleiten (Evan et al. 2007; Ackaert et al. 1989; Lingeman et al. 1989; Chaussy et al. 1984).

Selbst eine vermutete höhere Hypertonieinzidenz ließ sich bis jetzt nicht beweisen. Jüngste klinische Untersuchungen bei Erwachsenen wiesen eine Hypertonusrate von nur 1-2% nach. Diese entspricht der spontanen Neumanifestationsrate eines Hypertonus über den gleichen Zeitraum in einer vergleichbaren Altersgruppe. Das Hervorrufen einer Hypertonie oder die Auslösung bei Patienten mit Prädisposition wird dennoch kontrovers diskutiert (Krambeck et al. 2006; Claro et al. 1993; Lingeman et al. 1994; Liedl et al. 1989).

Subkapsuläre Hämatome durch die Druckenergie werden im therapeutischen Bereich z.B. beim modifizierten HM3 – Lithotriptor von Dornier nur noch bei 0,66 % der Patienten beobachtet. Beim elektromagnetischen System sogar nur bis zu 0,05 % (Marberger et al. 1989). Bei Kindern wird zwar bei nahezu allen ESWL Behandlungen Einblutungen in

die Haut oder eine leichte Hämaturie beobachtet, echte Komplikationen treten allerdings seltener auf als bei Erwachsenen. Da ein direkter Zusammenhang zwischen möglichen Nierenschäden, Höhe der Energiedichte im Fokus pro Stoßwelle und Zahl der applizierten Stoßwellen zu bestehen scheint, wird einheitlich bei der ESWL Behandlung z.B. im Kindesalter eine Limitierung der Stoßwellenenergie (bis 17KV) und Stoßwellenzahl (bis 2.000) pro Behandlung empfohlen (Onoura et al. 2001).

Trotz morphologisch und funktionell in Tierversuchen und klinischen Kontrollen beim Menschen post ESWL nachgewiesener Veränderungen, lassen sich langfristig keine relevanten Schädigungen nachweisen (Lingeman et al. 1989; Evan et al. 1991; Marberger et al. 1994). Eine nachbarschaftliche Gewebstraumatisierung lässt sich in den modernen Geräten durch einen kleinen Fokus und permanente Steinortung auf ein Minimum reduzieren. Große Vorteile bei der ESWL sind die wegfallende Komplikation durch die fehlende Notwendigkeit der Narkose; sollte diese jedoch nötig sein (bei Kindern) ist die Abwägung alternativer Therapien (z.B. offen chirurgisch) immer sinnvoll (Onoura et al. 2001).

Steinpatienten mit Harnwegsinfekt sollten vor Beginn der ESWL nach Antibiogramm anbehandelt sein. Eine generelle prophylaktische Antibiose vor ESWL bringt hingegen keinen Vorteil (Paterson et al. 2002; Chaussy et al 1983;). Eine vermehrte Infektionsneigung im Vergleich mit anderen Verfahren kann nicht festgelegt werden, ist aber ein mögliches Risiko und bedarf der rechtzeitigen Intervention. Die Rezidivsteinquote nach ESWL bleibt unverändert bei 50-60 % (Chaussy et al. 1983; Kosar et al. 1999; Vahlensieck 1987 c). Hinweis auf ein höheres Rezidivrisiko nach ESWL im Vergleich zur ONL sind selten (Carr et al. 1996; Sun et al. 1996) und werden kontrovers diskutiert. Dennoch ist eine ständige Nachbeobachtung der behandelten Patienten und die Weiterentwicklung der Gerätetechnologie Bedingung zur Früherkennung und Vermeidung eventuell relevanter Nebenwirkungen.

Organ	Nebenwirkung / Komplikation
Niere	Hämaturie (regelmäßig, klinisch nicht relevant) Subcapsulärer seröser Erguss (klinisch irrelevant) Renales / perirenales Hämatom (< 1% klinisch relevant) Nierenfunktionseinschränkung (selten andauernd, wenn nicht obstruktiv verursacht)
Ureter	Hämaturie (häufig, klinisch irrelevant) Ureterstenosen (sehr selten)
Umgebendes Gewebe	Hauthämorrhagien (klinisch irrelevant) Arrhythmien während Stoßwellen-Applikation (häufig, selten bedrohlich) In Einzelfällen - Verletzungen an Pleura, Lunge, Magen, Darm, Milz, Gefäßen, Ruptur eines Aortenaneurysmas - Pankreatitis - Hämospermie - Schädig

(Tab. 2:) Nebenwirkungen und Komplikationen durch Wirkung der Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie auf unterschiedliches Gewebe. Quelle: AWMF, Leitlinien zur Diagnostik, Therapie und Metaphylaxe der Urolithiasis

Die Indikationen zur ESWL orientieren sich am Untersuchungsbefund und an der Symptomatik des Patienten. Der Indikationsbereich hat sich seit Einführung der ESWL als Therapie der Urolithiasis enorm erweitert. Generell eignen sich heutzutage Nierenbeckensteine, Kelchsteine und Harnleitersteine zur primären Therapie mittels ESWL. Ausgusssteine sind meist nur in Kombination mit anderen Verfahren sinnvoll zu behandeln (Chaussy und Wilbert 1997). Die ESWL Behandlung von Kelchdivertikelsteinen zeigt keinen Vorteil gegenüber anderen Therapien (Rassweiler et al. 2001; Kriegmair et al. 1990). Auch bei Kindern hat sich die ESWL als sicheres und effektives Verfahren bewährt. Die Erfolgsraten sowohl nach 3 Monaten als auch im Langzeitverlauf liegen zwischen 57 und 97 % (Onoura et al. 2001). Zur Vermeidung von Komplikationen (Sepsis, Obstruktion, Stauung) werden ab einer bestimmten Größe der Steine Harnleiterschienen eingelegt. Ausschluss von Schwangerschaft, floriden Harnwegsinfekt oder Gerinnungsstörungen müssen vor Behandlungsbeginn abgeklärt werden (Hofbauer et al 1995). Zur sicheren Therapie von Infeksteinen mit Stauungen gehört ein fieberfreies Intervall und die gleichzeitige Nephrostomie. Nach einem zurückliegenden Myokardinfarkt muss für

ca. 3-6 Wochen und nach einer Operation ca. 14 Tage bis zu einer ESWL Therapie abgewartet werden. Generell müssen Patienten transportfähig sein.

Voraussetzung	Anmerkungen
Ausschluss von Kontraindikationen	Schwangerschaft Akute Blutungsneigungen, Antikoagulation Unbehandelter Harnwegsinfekt Tumoren im Stoßwellenbereich Unbehandelte arterielle Hypertonie Akute Pankreatitis Aortenaneurysma im Stoßwellenbereich (Bei Herzschrittmachern oder Defibrillatoren sind die Hinweise der Lithotripter- und Implantat-Hersteller zu beachten.)
Ortbarkeit des Steines	Bildgebende Darstellbarkeit des Steins mit Röntgen oder Sonographie Positionierbarkeit des Steins im Fokus der Stoßwellenquelle
Abgangsfähigkeit von Desintegraten	Eingeschränkt durch: - Große Steinmasse - Abflussbehinderung - Langer, steiler Unterkelch - erworbene Enge des Harntraktes - Kelch-Divertikel - anatomische Fehlbildungen - Hufeisenniere

(Tab. 3:) Voraussetzung zur erfolgreichen Durchführung einer Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie. Quelle: AWMF, Leitlinien zur Diagnostik, Therapie und Metaphylaxe der Urolithiasis

Zur Vorbeugung von Komplikationen können vor der ESWL Therapie eine innere Harnleiterschleife oder Double J Stents eingelegt werden. Dieses dient der Entlastung einer evtl. bestehenden Harnstauung, führt aber nicht zur beschleunigten Stein- oder Sandpassage und wird zum Teil kontrovers diskutiert. Zur röntgenologischen Darstellung des Konkrements mittels Kontrastmittel können die Stents oder Katheter jedoch sehr hilfreich sein. Bei solitären, kleinen Konkrementen (10-15mm) und unauffälligen anatomischen Verhältnissen wird die ESWL Monotherapie ohne Stents propagiert (Pearle 2005; Marberger et al. 1994; Cass 1994; Tan et al. 1991).

Die Rate der Steinfreiheit nach ESWL hängt signifikant von Größe, Lage, Anzahl und nur zum Teil von der Beschaffenheit des Konkrements ab (Bastian et al. 2004). So werden bei Cystin- und Phosphatsteinen sowohl eine geringere Steinfreiheitsrate als auch eine höhere Rezidivrate gefunden. Diese sehr harten Steine wie auch Harnsäuresteine

eignen sich daher weniger für die ESWL (Bastian et al. 2004; Chaussy und Wilbert 1997).

Unabhängig der Steinzusammensetzung liegen bei Harnleitersteinen nach 3 Monaten in ca. 90% der Fälle keine Steine mehr vor. Bei Steinen der unteren Nierenkelchgruppe liegt die Rate bei ca. 87% (Marberger et al. 1994; Spirnaak et al. 1992).

Die Diskussion, inwiefern das Therapieziel als die Beschwerdefreiheit oder die Steinfreiheit definiert werden soll, wird kontrovers geführt. So gibt es Erfahrungswerte, die die Durchführung einer ESWL auch bei einer asymptomatischen Nephrolithiasis notwendig erscheinen lassen, da über 50% der Steine später Beschwerden verursachen (Wimpissinger et al. 2007; Marberger et al. 1994).

Der Status der ESWL als eine wirtschaftliche und patientengerechte Therapie wird durch die gleichzeitige Nutzung zur Gallensteinzertrümmerung, eine unkomplizierte Anwendungsweise und ein hoher Anteil ambulanter Patienten erreicht (Kohrmann et al. 2008; Chaussy und Eisenberger 2008; Lungen et al. 2004; Sheir et al. 2003; Cass et al. 1991; Ackaert et al. 1989; Schmiedt et al. 1984).

2.7 Fragestellung

In der folgenden Studie werden die Ergebnisse der Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie untersucht. Hierbei liegt ein besonderes Augenmerk auf dem Vergleich zweier, am Institut für Steinertrümmerung in Troisdorf zum Einsatz kommender ESWL Geräte. Es handelt sich zum einen um den Lithostar Plus der Firma Siemens und zum anderen um ein Gerät neuerer Generation, dem Lithodiamond von HMT. In diesem Zusammenhang werden folgende Daten evaluiert:

- Die Desintegrationsrate nach Erstbehandlung mittels ESWL und die Anzahl der Wiederholungsbehandlungen beider Lithotriptoren
- Die Anwendung auxilliärer Maßnahmen wie der DJ Schiene
- Die Größe und Lokalisation der Harnsteine in Verbindung mit der Desintegrationsrate

Um die prognostische Wertigkeit in Bezug auf die aufgeführten Punkte beurteilen zu können, wurden Behandlungsdaten im Rahmen einer Qualitätssicherung mittels eines standardisierten Erhebungsbogens prospektiv erfasst und statistisch korreliert. Da alle Patienten am gleichen Institut behandelt wurden, stand eine homogene Patientengruppe für die Auswertung zur Verfügung.

3 Methoden

Die extrakorporale Stoßwellenlithotripsie wurde am Institut für Steinertrümmerung in Troisdorf im September 1989 mit dem Siemens Lithostar Plus aufgenommen. Ab April 2004 erfolgte die Umstellung auf den Lithodiamond der Firma HMT. Die Firma HMT wurde mittlerweile von der Firma Healthtronics GmbH übernommen. Von Beginn an erfolgte die Datenerhebung prospektiv mittels einer handelsüblichen Software (dbase). Folgende Daten wurden erfasst: Geschlecht, Patientenalter, Steinlokalisierung, Steingröße, Art der auxilliären Maßnahmen vor und nach der ESWL, Art der Analgesie (oral, i.v., i.m.), Beurteilung der Desintegration, Stoßwellenzahl, Generatorspannung sowie Dauer und Anzahl der Behandlungen.

ESWL Statistik Bogen

Datum: _____ Name: _____
Geb. Datum: _____ Geschlecht: M W
Patientenart: _____ Stein: Länge: _____ Breite: _____
Arzt: A B C D E Analgesie: oral i.m. i.v. n.a.

Diagnose:
Nierenbeckenstein:
Nierenkelchstein obere KG:
Nierenkelchstein mittlere KG:
Nierenkelchstein untere KG: rechts links
Ausgußstein: Schuss: _____
HL Stein proximales Drittel:
HL Stein mittleres Drittel:
HL Stein distales Drittel:

Auxiliäre Maßnahmen:
Ureterschleife: vor PCNL: vor
Schlinge: vor Offene OP: vor
PCN: vor Ureterorenoskopie: vor

Ortung:
KM - Ortung US - Ortung
Ja Ja

Resultat:
 vollständige Desintegration
 beginnende Desintegration
 teilweise Desintegration
 nicht sicher beurteilbar

Steinart:
 Nierenstein
 Hamleiterstein

Unter DL:
 Ja Nein

KV: _____ DFP: _____

(Abb. 4:) Erhebungsbogen zur Dokumentation der Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie am Institut für Steinertrümmerung in Troisdorf. Quelle: Institut für Steinertrümmerung, Prof. Bastian, Troisdorf

Ausschlusskriterium für zu behandelnde Patienten waren die akute Kolik, Blutgerinnungsstörungen, unbehandelte Harnwegsinfekte, Schwangerschaft, Nicht-Transportfähigkeit, eine weniger als zwei Wochen zurückliegende Operation oder ein weniger als sechs Wochen zurückliegender Myokardinfarkt.

Von Beginn an wurden die ESWL Behandlungen sowohl stationär als auch ambulant durchgeführt. Bei der ambulanten ESWL stand zur Indikation neben den allgemeinen Ausschlusskriterien der ESWL die enge Kooperation mit den niedergelassenen Urologen oder einer urologischen Klinik zur Vorbereitung und Nachsorge der Patienten im Vordergrund. Die Möglichkeit zur stationären Aufnahme und Durchführung aller auxiliären Maßnahmen musste jederzeit gewährleistet sein. Die stationäre Aufnahme nach ambulanter ESWL erfolgte bei der Indikation zur i.v. antibiotischen oder analgetischen Therapie aufgrund von Koliken, bei Fieberanstiegen, Harntransportstörungen oder Hämatomen.

Bei Beginn der Behandlung lag bei allen der Patienten eine Bildgebung des Steins, ein aktuelles EKG, ein kleines Blutbild mit Elektrolytparametern und Gerinnungsstatus sowie ein aktueller Urinstatus bzw. Urinsediment vor. Das Verfahren der Bildgebung wurde dem vorbereitenden Kollegen überlassen. Eine der folgenden Aufnahmen waren jedoch obligat: Nierenleeraufnahme mit/ohne Infusionsurogramm, Leertomographie, Sonographie oder native Computertomographie.

Bei allen Patienten mit einer Steingröße von über 2 cm ist eine endoluminale Harnableitung als auxiliäre Maßnahme vor der ESWL durchgeführt worden, unabhängig davon, ob eine symptomatische oder nicht-symptomatische Abtransportstörung vorlag. Kam es zu anhaltenden Koliken nach der ESWL und/oder einer Nierenbeckenkelchektasie, erfolgte eine DJ Schienenanlage oder eine Nephrostomieanlage.

Bei Patienten, bei denen die ESWL nicht zum Erfolg führte oder eine Abflussstörung mit Steinlokalisierung im Harnleiter aufgetreten ist, erfolgte eine percutane Nephrolithopalaxie (PNL) bzw. Ureterorenoskopie (URS).

Die Definition der Steinfreiheit beinhaltet, dass nach der Behandlung oder bis zu drei Monaten nach erfolgter ESWL sich entweder gemäß sonographischer oder röntgenologischer Kriterien kein Konkrement mehr nachweisen lässt, oder es sich um ein zwar kli-

nisch signifikantes, aber spontan abgangsfähiges Konkrement bis zu 5 mm Größe handelt.

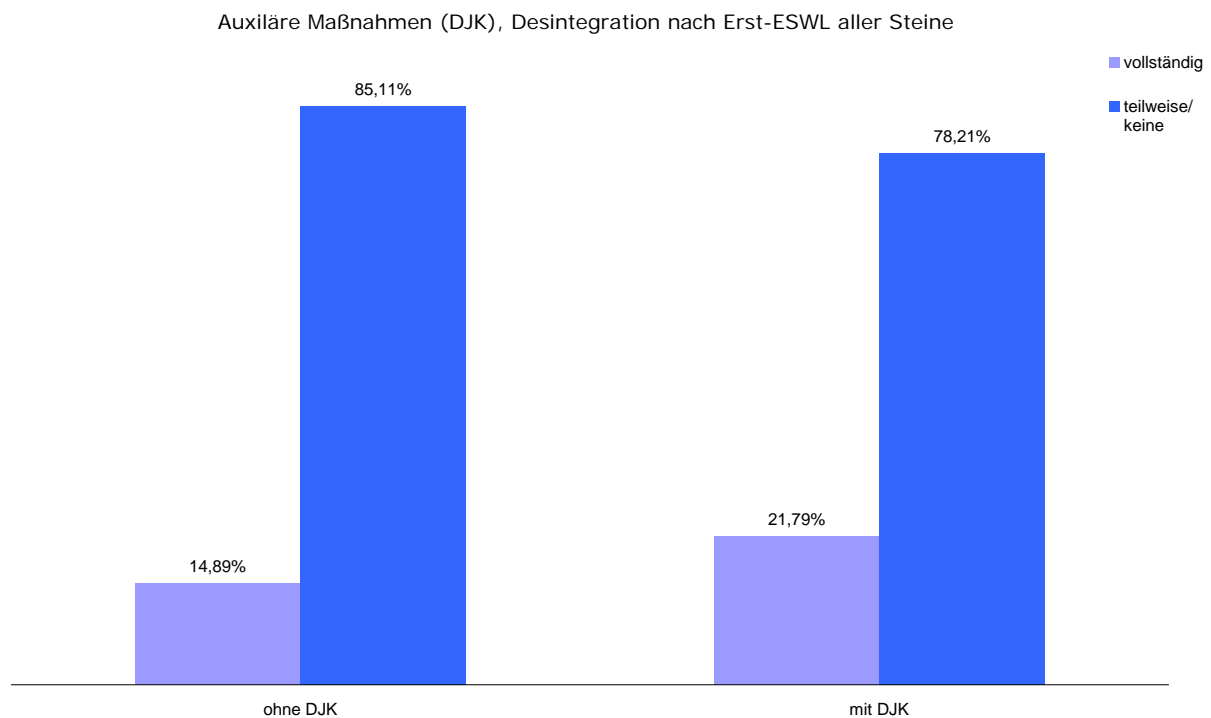
Bei Harnleitersteinen, die nach der zweiten ESWL nicht desintegriert waren, bestand die weitere Therapie aus einer URS.

4 Ergebnisse

In den Jahren 1989 bis 2005 wurden mit den beiden Geräten von Siemens und HMT eine Erstbehandlung an 6.500 Steinen vorgenommen. Insgesamt wurden inklusive der Wiederholungsbehandlungen in diesem Zeitraum 11.188 ESWL Therapien durchgeführt. 9.915 Anwendungen entfallen auf den Siemens Lithostar und 1.273 auf den Lithodiamond von HMT. Bei 43 % der Patienten wurde die Behandlung ambulant durchgeführt.

Bei der Geschlechtsverteilung entfallen 70 % auf das männliche und 30 % auf das weibliche Geschlecht. Das Durchschnittsalter lag bei 51,5 Jahre (min. 17, max. 95).

Die Behandlung wurde im Schnitt bei einer mittleren Stoßwellenzahl von 3.000 (min. 500, max. 6.400) und einer Generatorspannung von 15,8KV (min. 13, max. 19,5) durchgeführt.



(Abb. 5:) Unterschied in der Desintegration der Harnsteine aller Lokalisationen in Bezug auf auxiliäre Maßnahmen der Doppel J Schienung nach Durchführung einer Erstbehandlung mit der Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie am Institut für Steinertrümmerung in Troisdorf in den Jahren 1989 – 2005

Bei der ersten ESWL Behandlung wurden bei 21,74% der Patienten eine vollständige Desintegration erreicht. 37,47% der Steine waren partiell und 40,79% nicht desintegriert. Durch Einlage eines Double J Katheters kam es bei 21,79% bei der Erst ESWL zu einer vollständigen Desintegration. Ohne DJK lag die Rate bei 14,89% der Steine (siehe Tabelle 4 im Anhang).

Zu unterscheiden ist sowohl Größe als auch Lokalisation der Steine, sowie die Nutzung auxiliärer Maßnahmen.

Bei großen Steinen, welche mit einer DJ Schiene vorbehandelt wurden, lag der Mittelwert in der Länge bei 1,13 cm und in der Breite bei 0,85 cm. Der Median betrug bei Länge und Breite 0,9 cm und 0,7 cm. Min. / Max lag bei der Länge bei 0,1 cm bis 10,0 cm, bei der Breite bei 0,7 bis 5,0 cm.

25% der im Längebereich gemessen Steine lagen im Spektrum bis 5,0 cm und 75% bis 1,5 cm. Die Standardabweichung betrug 0,89. Auf die Breite bezogen befanden sich 25% der Steine im Bereich bis 0,5 cm und 75% bis 1,0 cm. Die Standardabweichung betrug hier 0,67.

Bei den kleineren Steinen ohne DJ Schienung lag der Mittelwert in der Länge bei 0,89 cm und in der Breite bei 0,68 cm. Der Median betrug bei Länge und Breite 0,8 und 0,5. Min. / Max. lag hier bei der Längenmessung 0,1 bis 15,9 cm. In der Breite lag Min. / Max. bei 0,1 bis 4,7 cm. Auf die Länge bezogen befanden sich 25% der Steine im Bereich bis 0,5 cm und 75% bis 1,1 cm. Bei der Messung in der Breite befanden sich 25% im Bereich bis 0,4 cm und 75% bis 0,8 cm. Die Standardabweichung betrug bei der Länge 0,65 und bei der Breite 0,44.

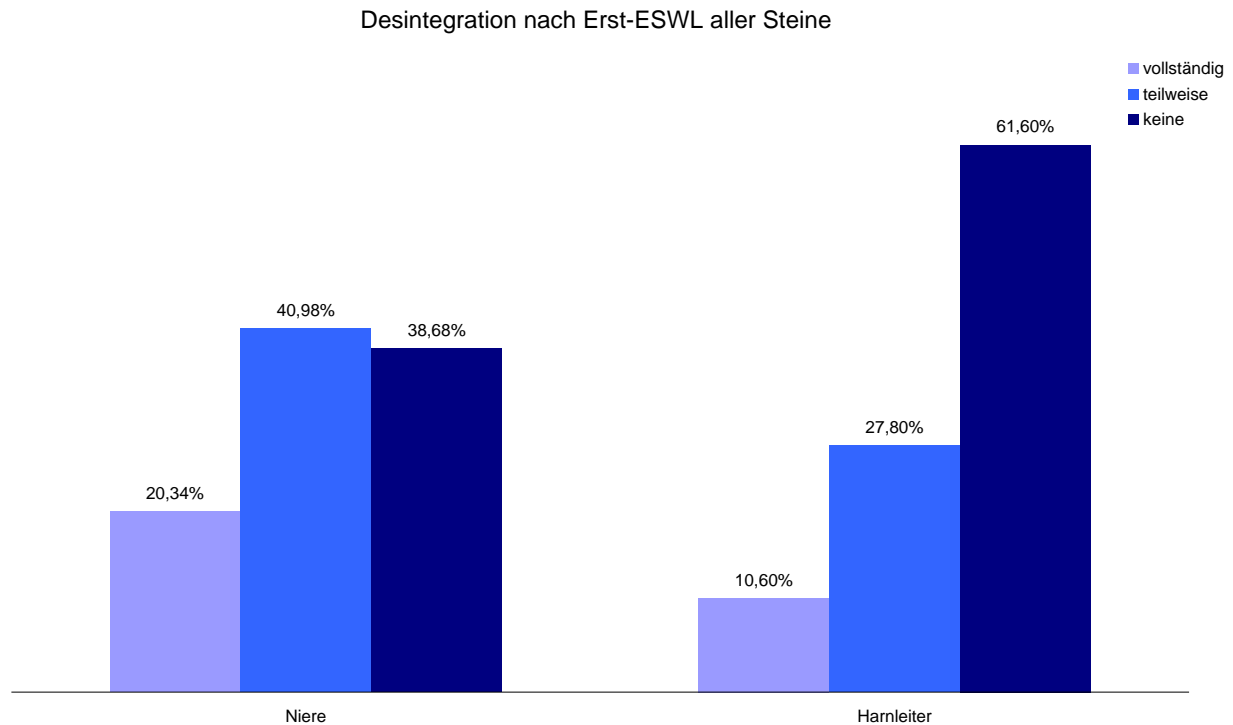
Länge							
	Mittelwert	Median	min	max	25%	75%	St. Abw.
mit DJ	1,132527	0,9	0,1	10	0,5	1,5	0,890592
ohne DJ	0,897868	0,8	0,1	15,9	0,5	1,1	0,65336

Breite							
	Mittelwert	Median	min	max	25%	75%	St. Abw.
mit DJ	0,85793	0,7	0,1	5	0,5	1	0,67606
ohne DJ	0,681674	0,5	0,1	4,7	0,4	0,8	0,449187

(Tab. 4:) Tabellarische Darstellung der statistischen Größenverteilung der Harnsteine mit oder ohne Doppel J Schienen Einlage am Institut für Steinertrümmerung in Troisdorf in den Jahren 1989 – 2005.

Bei der Lokalisation wurde unterschieden in Nieren- und Harnleitersteine. Die Nierensteine lassen sich unterteilen in Kelch-, Becken- und Ausgusssteine. Wobei sich die Nierenkelchsteine nochmals untergruppieren in untere, mittlere und obere Steine. Ebenso die Harnleitersteine werden in untere, mittlere und obere Abschnitte unterteilt.

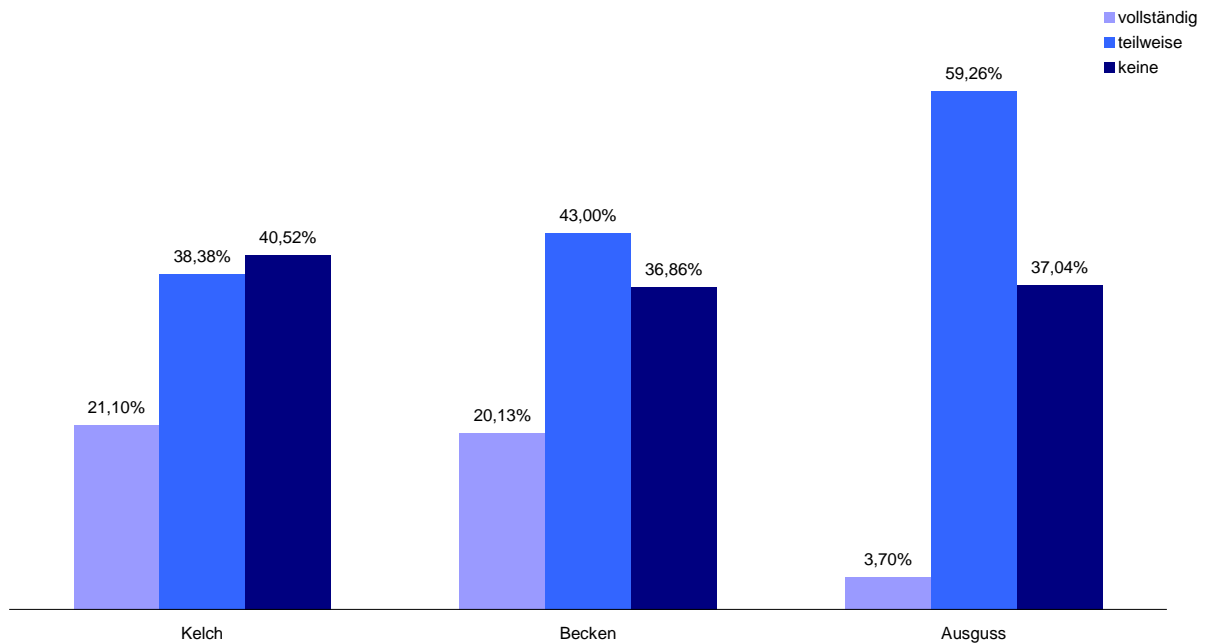
Bei den Nierensteinen lag die vollständige Desintegrationsrate nach der ersten ESWL Behandlung bei 20,34%, die teilweise Desintegration bei 40,98% und eine nicht Desintegration bei 38,68%. Im Vergleich dazu wurde bei Harnleitersteinen bei 10,60% eine vollständige, bei 27,80% eine teilweise und bei 61,60% gar keine Desintegration erreicht (siehe Tabelle 5 im Anhang).



(Abb. 6:) Unterschiede in der Desintegration der Harnsteine in Bezug auf deren Lokalisation nach Durchführung einer Erstbehandlung mit der Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie am Institut für Steinertrümmerung in Troisdorf in den Jahren 1989 – 2005.

Unterschieden nach Nierenkelch, -becken und -ausgusssteinen sah man bei den Kelchsteinen bei 21,10% eine vollständige Desintegration, bei 38,38% eine teilweise und bei 40,52% gar keine Desintegration. Bei den Beckensteinen erfolgte bei 20,13% die komplette Desintegration, bei 43% eine teilweise und bei 36,86% keine Desintegration. Schaut man auf die Ausgusssteine so sah man eine Desintegration bei 3,70%, eine partielle bei 59,26% und bei 37,04% erfolgte keine Desintegration (siehe Tabelle 6).

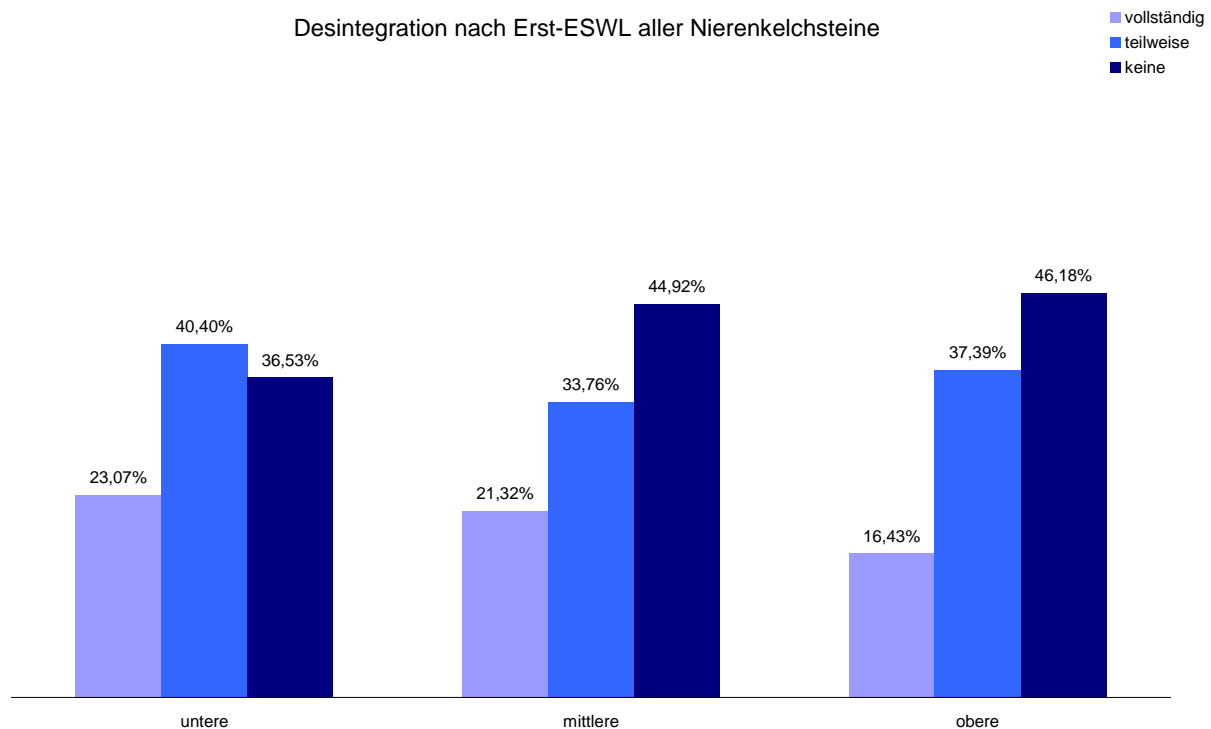
Desintegration nach Erst-ESWL aller Nierensteine



(Abb. 7:) Unterschiede in der Desintegration der Nierensteine in Bezug auf deren Lokalisation im Organ nach Durchführung einer Erstbehandlung mit der Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie am Institut für Steinertrümmerung in Troisdorf in den Jahren 1989 – 2005.

Unterteilt man nochmals die Kelchsteine in den unteren, mittleren und oberen Bereich, kommt man zu dem folgenden Ergebnis. Eine vollständige Desintegration wurde im unteren Bereich bei 23,07%, im mittleren bei 21,32% und im oberen Bereich bei 16,43% erreicht.

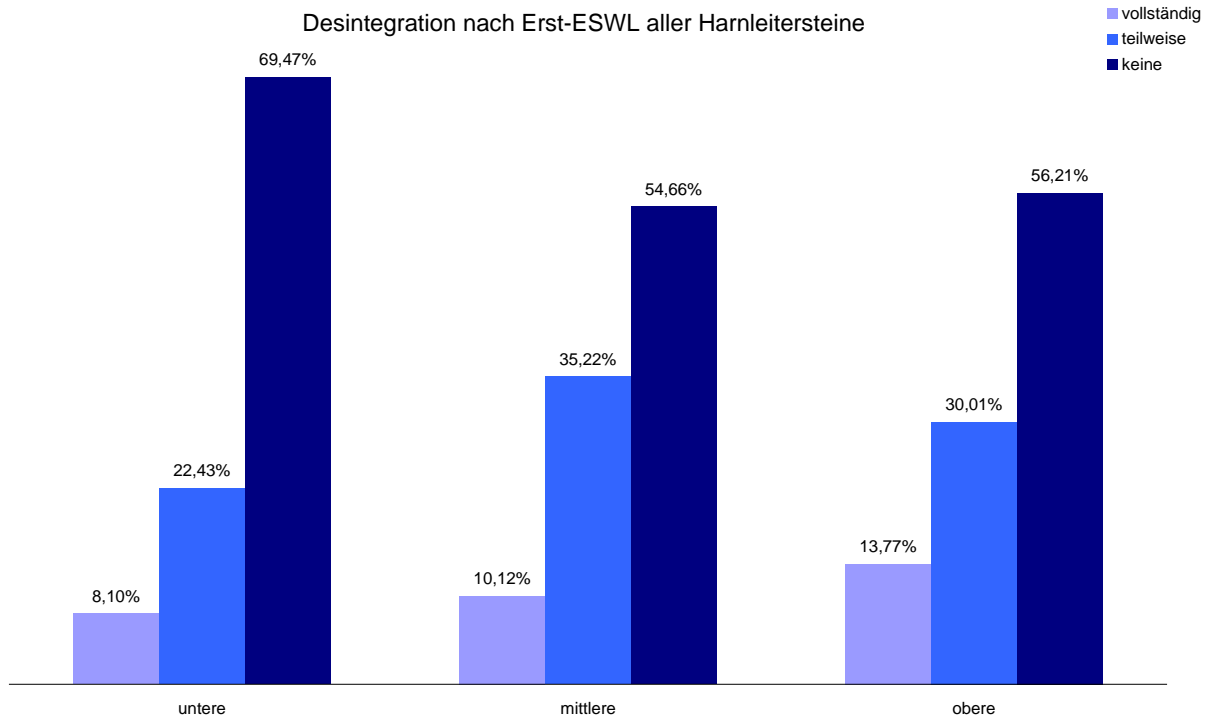
Eine teilweise Desintegration erfolgte im unteren Bereich bei 40,40%, im mittleren bei 33,76% und im oberen Bereich bei 44,92%. Keine Desintegration wurde im unteren Bereich bei 36,53%, im mittleren bei 44,9% und im oberen Bereich bei 46,18% gemessen (siehe Tabelle 7 im Anhang).



(Abb. 8:) Unterschiede in der Desintegration der Nierenkelchsteine in Bezug auf deren Lokalisation im Kelchsystem nach Durchführung einer Erstbehandlung mit der Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie am Institut für Steinertrümmerung in Troisdorf in den Jahren 1989 – 2005.

Die Harnleitersteine werden ebenso unterteilt in den unteren, mittleren und oberen Bereich. Verglichen zu den Nierensteinen ergaben sich bei der ESWL Behandlung folgende Ergebnisse.

Bei den Harnleitersteinen im unteren Teil wurde bei 8,10% eine vollständige, bei 22,43% eine teilweise und bei 69,47% keine Desintegration erreicht. Im mittleren Teil ist die Desintegration bei 10,12%, die teilweise bei 35,22% und fehlende bei 54,66% gelegen. Im oberen Abschnitt des Harnleiters wird bei 13,77% eine vollständige, bei 30,01% eine teilweise und bei 56,21% keine Desintegration erreicht (siehe Tabelle 8 im Anhang).



(Abb. 9:) Unterschiede in der Desintegration der Harnleitersteine in Bezug auf deren Lokalisation nach Durchführung einer Erstbehandlung mit der Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie am Institut für Steinertrümmerung in Troisdorf in den Jahren 1989 – 2005.

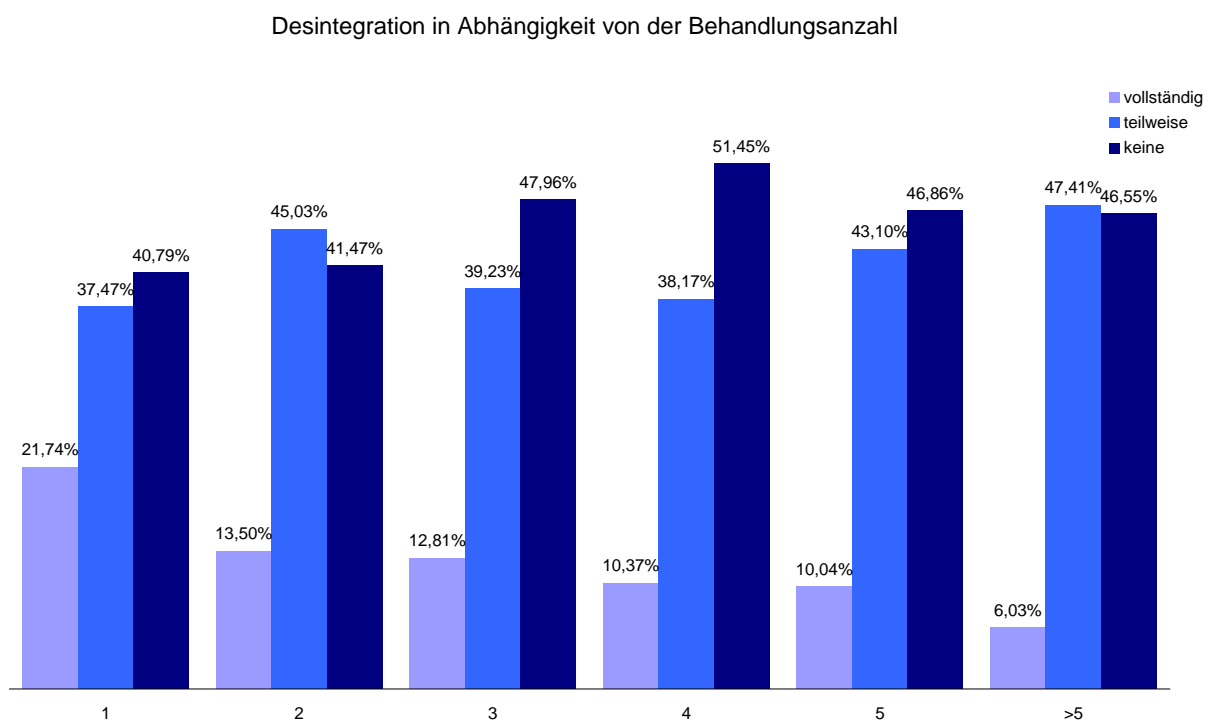
Hierzu betrachtet wird die Desintegrationsrate der ESWL in Abhängigkeit von der Anzahl der nötigen Wiederholungen. Hierfür wird die Gesamtzahl an primären ESWL Anwendungen von 3.584 Steinen unabhängig der Lokalisationen oder der Größe betrachtet.

Bei 21,74% der Steine konnte bereits bei der ersten ESWL Behandlung eine vollständige Desintegration erreicht werden. Bei 37,47% lag eine teilweise und bei 40,79% keine Desintegration vor. Im weiteren Verlauf sah man bei der zweiten Behandlung bei 12,33% eine vollständige, bei 41,12% eine teilweise und bei 46,55% keine Desintegration. Im dritten Wiederholungsintervall lag die vollständige Desintegration bei 12,81%, die teilweise bei 39,23%. Bei 47,96% lag keine Desintegration vor.

Bei davon 482 Steinen wurde eine vierte ESWL Behandlung durchgeführt. Bei 10,37% wurde eine vollständige Desintegration erreicht, bei 38,17% eine teilweise und bei 51,45% keine Desintegration.

Bei einer 5. ESWL Behandlung lag die Rate für eine vollständige Desintegration bei 10,04%, eine teilweise Desintegration bei 43,10% und keine Desintegration bei 46,86%.

Bei der Notwendigkeit für mehr als fünf ESWL Behandlungen wurde bei 6,03% eine vollständige, bei 47,41% eine teilweise und bei 46,55% keine Desintegration erreicht (siehe Tabelle 9 im Anhang).



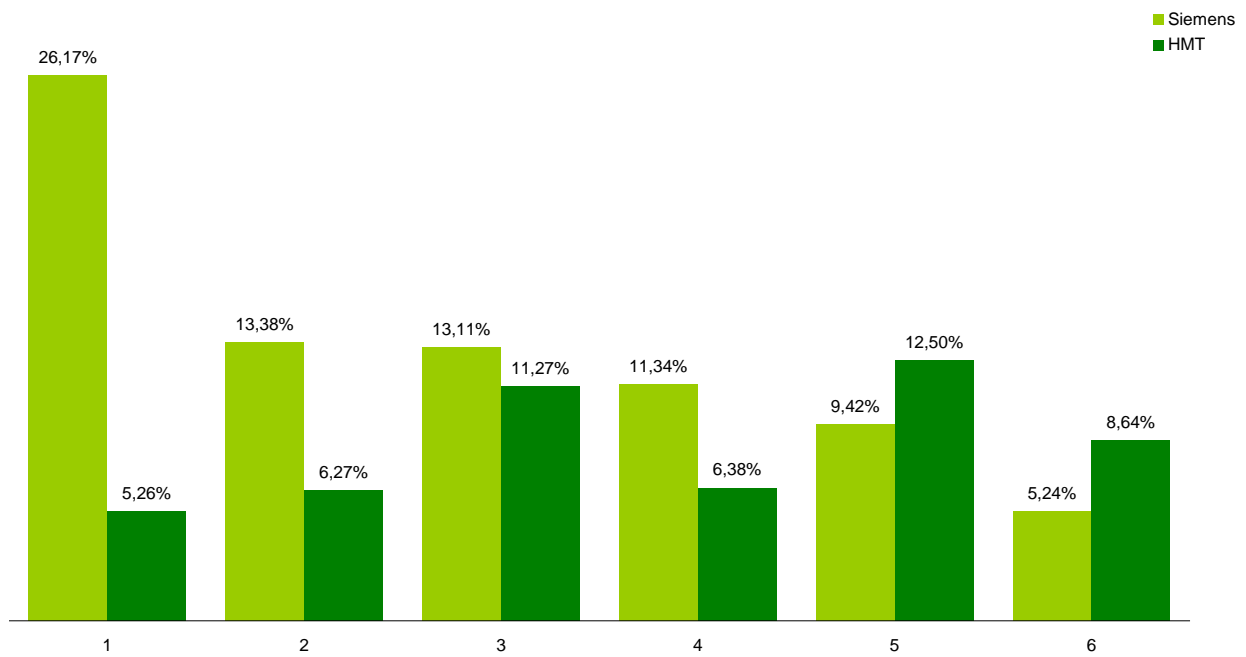
(Abb. 10:) Unterschiede in der Desintegration der Harnsteine unabhängig der Lokalisation und Größe, und dessen Verlauf nach Durchführung mehrerer Behandlungen mit der Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie am Institut für Steinertrümmerung in Troisdorf in den Jahren 1989 – 2005.

Betrachtet man die beiden eingesetzten Lithotriptoren von Siemens und HMT getrennt voneinander, stellen sich signifikante Unterschiede in der Erfolgsrate in Bezug auf die Steindesintegration insbesondere nach der ersten ESWL Behandlung dar.

Bei dem Siemens Lithostar wurde nach der 1. ESWL Behandlung bei 26,17% eine vollständige Desintegration, bei 40,90% eine teilweise und bei 32,93% keine Desintegration erreicht. Bei der folgenden 2. ESWL lag die Rate der Desintegration bei 13,38%, die der teilweisen Desintegration bei 42,16%, und gar keine Desintegration bei 44,46%. Bei der 3. ESWL fand eine vollständige Desintegration bei 13,11%, eine teilweise bei 39,73% und keine Desintegration bei 47,16% statt. Bei der 4. ESWL erfolgte bei 11,34% eine komplette, bei 39,43% eine teilweise und bei 49,23% gar keine Desintegration. Bei der 5. ESWL Behandlung lag die Rate für die vollständige Desintegration bei 9,42%, die teilweise bei 43,98% und keine Desintegration bei 46,60%. Bei n = 267 wurde eine 6. ESWL Behandlung durchgeführt. Vollständige Desintegration wurde hier bei 5,24% erreicht. Teilweise bei 47,19% und keine Desintegration bei 47,57% (siehe Tabelle 11 im Anhang).

Im Vergleich hierzu differieren die Desintegrationsraten mit der ESWL Maschine von HMT erheblich. Nach der 1. ESWL Behandlung lag die vollständige Desintegration bei 5,26% die teilweise bei 24,74% und bei 70% der Harnsteine erfolgte keine Desintegration. Bei der folgenden 2. ESWL lag die Rate der Desintegration bei 6,27%, die der teilweisen Desintegration bei 35,18%, und keine Desintegration bei 58,55%. Bei der 3. ESWL fand eine vollständige Desintegration bei 11,27%, eine teilweise bei 36,76% und keine Desintegration bei 51,96% statt. Bei der 4. ESWL erfolgte bei 6,38% eine komplette, bei 32,98% eine teilweise und bei 60,64% keine Desintegration. Bei der 5. ESWL Behandlung lag die Rate für die vollständige Desintegration der Harnsteine bei 12,5%, die teilweise bei 39,58% und keine Desintegration bei 47,92%. Eine 6. ESWL Behandlung wurde bei 81 Steinen durchgeführt. Vollständige Desintegration wurde hier bei 8,64% erreicht. Eine teilweise bei 48,15% und gar keine bei 43,21% (siehe Tabelle 10 im Anhang).

Vollständige Desintegration in Abhängigkeit von der Behandlungsanzahl



(Abb. 11:) Rate der vollständigen Desintegration in Abhängigkeit der Wiederholung von Behandlungen mit der Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie unterschieden nach zwei Lithotriptor Maschinen der Firmen HMT und Siemens.

5 Diskussion

Für die Evaluierung der ESWL Ergebnisse im Sinne dem Ziel einer Steinfreiheit müssen viele Faktoren betrachtet werden. Neben der Effektivität der ESWL ist die Komplikationsrate ein wichtiger Parameter. Des Weiteren ist die Qualität der Steinortung sowie die Funktionalität der ESWL Maschine ein entscheidendes Kriterium.

Das Gerät der 1. Generation Dornier HM3 wurde 1983 vorgestellt und wird noch immer als „Gold“ Standard in Bezug auf die Behandlungserfolgsrate gesehen. (Gerber et al. 2005; Lingemann et al. 1997). Die hohe Effektivität wurde durch den großen Fokus und dem damit verbundenen Energiepotential auf einer großen Fläche erreicht (Fialkov et al. 2000).

Die Entwicklung der 2. und 3. Generation von Lithotriptoren ermöglicht ein vereinfachtes Handling sowie einen erhöhten Komfort. Das Wasserbad für die Stoßwellenkopplung wurde überflüssig. Des Weiteren wurden unter Nutzung eines neuen multifunktionalen Behandlungstisches endourologische Prozeduren einfacher zu handhaben. Steinlokalisierung mittels Ultraschall und Röntgen Untersuchung wurden kontinuierlich verbessert. In Bezug auf den Behandlungserfolg können jedoch trotz dieser Entwicklungen auch die neueren Geräte nicht mit dem HM 3 verglichen werden (Gerber et al. 2005; Graber et al. 2003; Gronau et al. 2003; Cass et al. 1995; Cass et al. 1991).

Die am Institut für Steinertrümmerung in Troisdorf verwendeten Lithotriptoren sind der Lithostar Plus von Siemens sowie der Lithodiamond der Firma HMT. In dieser Arbeit wurden die Daten von Patienten die im Zeitraum von 1987 bis 2007 am Institut für Steinertrümmerung sowohl ambulant wie auch stationär behandelt wurden untersucht. Der Altersdurchschnitt ohne Berücksichtigung des Geschlechts beträgt 51,5 Jahre, dieser entspricht denen in vielen Studien (Hesse et al. 2003; Hesse et al. 2002; Vahlensieck 1987c). Die Geschlechtsverteilung lag bei 2:1 im Verhältnis Männer zu Frauen (Sun et al 1996). Der Anteil von 48,3 % ambulanten Patienten ist relativ hoch, wobei hier der Ansatz des Instituts zur Steinertrümmerung liegt und bundesweit die

größte Erfahrung auf diesem Gebiet vorliegt (Bastian et al. 2004). Andere Autoren berichten von einem Anteil von 10 bis 50% (Healy et al. 2005; Aeckert et al 1989).

Die vorliegende Studie zeigt, dass die Lokalisation neben der Steingröße und der verwendeten ESWL Maschine ein entscheidender Faktor für die Desintegrationsrate ist. Ein weiterer wichtiger Faktor scheint die Erfahrung des behandelnden Arztes zu sein (Logarakis et al. 2000; Delakas et al. 2003).

Bei insgesamt 6.500 durch ESWL behandelte Steine zeigte sich bei den Nierensteinen bei 20,34% bereits nach 1. ESWL eine Steinfreiheit, bei Harnleitersteinen jedoch nur bei 10,60%. Auch bei der nur teilweisen Desintegration der Steine zeigt sich ein signifikanter Unterschied von 40,98% bei den Nierensteinen zu 27,80% bei den Harnleitersteinen. Keine Desintegration nach ESWL sieht man bei 38,68% der Nierensteine und bei 61,60% der Harnleitersteine. Dieses deckt sich mit den Ergebnissen in der Literatur u. a. von Kent Kanao (et al. 2006) und auch von Al-Ansari (et al. 2006). Auch bei Betrachtung der Untergruppen der Nierenkelch- als auch der Harnleitersteine zeigt sich ein ähnliches Bild. In dieser Studie ist die Rate der Desintegration im proximalen Ureter besser als im mittleren und distalen Drittel (Kanao et al. 2006; Al-Ansari 2006).

Bei 30% der Harnsteine wurde eine DJ Schiene als auxiliäre Maßnahme vor oder nach der ESWL Behandlung eingelegt. Dieses ist vor allen Dingen auf die Größe des Steins zurückzuführen, aber auch bei Koliken oder Harnwegsinfekten nötig gewesen.

Im Falle der Steingröße lag der Mittelwert bei 1,13 cm mit DJ und 0,89 cm ohne DJ Schiene. Trotz des signifikanten Größenunterschieds konnte bei 21,70% der Harnsteine mit DJ Schiene eine vollständige Desintegration erreicht werden. Im Vergleich dazu lag die Desintegrationsrate bei den Steinen ohne DJ Katheter bei lediglich 14,89%. Die Einlage eines Katheters ist somit ein signifikanter Parameter zur Beeinflussung des Ergebnisses, vor allen Dingen bei großen Steinen. Diese Zahlen lassen sich vergleichend belegen bei Semins 2008.

Größten Einfluss auf die Desintegrationsrate hat neben der Steingröße der Einsatz unterschiedlicher ESWL Gerätetypen. Vergleicht man die Zahlen des Siemens Lithostar mit denen des Lithodiamond von HMT sieht man insbesondere bei den Ergebnissen der

ersten ESWL Behandlung bei dem neueren Gerät von HMT lediglich eine Desintegrationsrate von 5,26%. Im Vergleich dazu liegt der Siemens Lithostar von Siemens bei 26,17% vollständiger Desintegration. Im weiteren Verlauf der Behandlungswiederholungen der ESWL kann der Lithodiamond seine Rate zwar verbessern, diese pendelt sich jedoch zwischen 10 - 12% ein. Lediglich die Rate des Bereichs mit gar keiner Desintegration verbessert sich im Verlauf. Das Gerät von Siemens zeigt dabei einen gleich bleibenden Verlauf und die Desintegrationsrate liegt konstant bei ca. 12%.

Die Ursachen für die stark unterschiedlichen Ergebnisse können vielfältig sein. Unter Anderem ist der direkte Druck durch die Stoßwelle auf den Stein nicht der einzige Mechanismus der zur Fragmentierung führt. Durch eine ringförmige Kompression der Wellen außerhalb des Steins kommt es zu einer evaneszente Druckzone und dadurch zum Zerquetschen des Steins (Eisenmenger et al. 2001).

Die signifikant höhere Stoßwellenrate in der HMT Gruppe verglichen mit der der Siemens Gruppe kann ebenfalls zu den oben genannten Ergebnis führen (Gerber et al. 2005). Dieses wird ebenfalls durch die Ergebnisse von Pateson et al, welcher die Herabsetzung der Stoßwellenzahl während der Durchführung der ESWL Behandlung untersucht hat belegt. Auch hier kam es zu einer Verbesserung der Desintegration der Steine durch eine niedrige Wellenstärke (Turk et al. 2008; Chacko et al. 2006; Davenport et al. 2006; Pateson et al. 2002; Auge et al 2003).

Bei insgesamt 3.584 behandelten Harnsteinen mittels ESWL musste bei 2.556 Fällen sowohl mit dem Siemens als auch mit dem HMT Gerät eine zweite ESWL durchgeführt werden. Die Desintegrationsrate sank hierbei im Verlauf bis zur 5. Behandlungswiederholung bei beiden Geräten. Die Rate der nicht desintegrierten Steine bleibt hingegen gleich. Bei 348 Harnsteinen mussten mehr als 5 Wiederholungen erfolgen. Wenn man die Ergebnisse der beiden ESWL Geräte gegenüber stellt, erhält man eine höhere Desintegrationsrate und eine niedrigere Wiederholungsanzahl bei dem Lithostar von Siemens.

Logarakis et al. untersuchten den Einfluss der Erfahrung des Arztes auf das Ergebnis der ESWL und fanden statistische starke Abweichungen. Die besten Ergebnisse erreich-

te der Arzt mit den meisten durchgeführten Behandlungen (Logarakis et al. 2000; Eichel et al. 2001).

Der Erfolg jeder ESWL Therapie wird somit von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Nicht nur der Typ des Lithotriptors, sondern auch die Steinverteilung und Patientenselektion, die Behandlungsstrategie und auch die Erfahrung der behandelnden Urologen müssen bei der Bewertung der Erfolgsrate einer ESWL bedacht werden. Des Weiteren gibt es in der Literatur verschiedene Definitionen für Erfolg. Zu unterscheiden sind hier vor allen Dingen steinfreie und beschwerdefreie Patienten. Die Steinfreiheitsrate ist nicht zwingend mit der Beschwerdefreiheitsrate gleichzusetzen (Wimpissinger et al. 2007; Marberger et al 2004; Jocham et al. 1989).

Heutzutage ist Deutschland flächendeckend mit Lithotriptoren versehen. Eine Versorgung von Urolithiasis Patienten mit ESWL als Therapie der 1. Wahl ist somit gewährleistet. Mittlerweile ist die ESWL als minimal invasives Verfahren anderen Verfahren zur Steinbehandlung an Kosten und Effizienz zumindest gleichzusetzen, wenn nicht sogar aufgrund geringerer Nebenwirkungen und komfortabler Anwendung sogar überlegen. Insbesondere der hohe Anteil an ambulant durchgeführten Behandlungen von ca. 50% in Deutschland spricht für sich. Andere Verfahren sollten jedoch immer als Ergänzungsmöglichkeit und nicht als konkurrierende Maßnahme gesehen werden (Hruza et al. 2008; Lungen et al. 2004; Sheir et al. 2003; Bastian et al. 2004; Hesse et al. 2003).

6 Zusammenfassung

In den 70 er Jahren wurde die offen chirurgische Steinbehandlung zunehmend von URS und PNCL verdrängt. Anfang der 80 er Jahre verschob sich der Schwerpunkt der Steinbehandlung von den endoskopischen Verfahren zur ESWL. Die verwendeten Lithotriptoren wurden seitdem konsequent weiterentwickelt.

Nicht zuletzt die optimierte Patientenselektion und das ambulante Potential der Therapie führte zur Verbesserung des Behandlungserfolgs, so dass die ESWL in der westlichen Welt inzwischen das etablierteste Verfahren bei der Urolithiasis darstellt.

In dieser Studie wurde im Rahmen der ESWL-Therapie der Erfolg zweier Lithotriptoren am Institut für Steinertrümmerung in Troisdorf in den Jahren 1989 bis 2005 untersucht. Zum Einsatz kamen die Geräte der Firmen Siemens und HMT. Inclusive der Wiederholungsbehandlungen wurde die Erfolgsrate der ESWL bei 11.188 Harnsteinen analysiert. Der Vergleich weist hinsichtlich der Erfolgsrate der Harnsteindesintegration insbesondere bei der Erstbehandlung einige Unterschiede auf. So kam es bei dem Gerät älterer Generation der Firma Siemens bereits bei 26,17% der Harnsteine zu einer Desintegration. Der Lithotriptor der Firma HMT erreicht hierbei lediglich eine Erfolgsrate von 5,26%. Auch bei einem Behandlungsvergleich hinsichtlich Steinlokalisationen und Steingröße erreicht das Siemens Gerät eine höhere Erfolgsrate.

Weist der Lithotriptor von Siemens gleich in den ersten Behandlungen eine im Vergleich deutlich höhere Desintegrationsrate auf, so ist festzustellen, dass bei den Wiederholungsbehandlungen (ab der fünften ESWL) das HMT Gerät eine bessere Erfolgsquote von 12,50% im Gegensatz zu 9,42% erreicht. Daraus resultiert, dass bei dem HMT Gerät deutlich mehr Behandlungen bis zur vollständigen Desintegration erforderlich sind. Durch die Anlage eines DJ Katheters kann die Desintegrationsrate der ESWL insgesamt von 14,89% auf 21,74% gesteigert werden.

Als Resümee ist festzustellen, dass die ESWL eine erfolgreiche Therapie zur Behandlung der Urolithiasis ist. Der Vergleich der beiden Lithotriptoren (Siemens und HMT) hat ergeben, dass der Lithostar von Siemens eine höhere Erfolgsquote aufweist. Durch den Einsatz auxiliärer Maßnahmen kann der Erfolg der ESWL gesteigert werden.

7 Anhang

7.1 Tabelle 4 (Desintegrationsrate bei Steinen mit/ohne DJK)

Alle Steine			
	vollständig	teilweise/ keine	
ohne DJK	852	4.871	5.723
	14,89%	85,11%	100,00%
mit DJK	173	621	794
	21,79%	78,21%	100,00%
			6.517

(Tab. 4:) Tabellarische Darstellung der Rate der Desintegration der Harnsteine aller Lokalisationen in Bezug auf auxiliäre Maßnahmen der Doppel J Schienung nach Durchführung einer Erstbehandlung mit der Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie am Institut für Steinertrümmerung in Troisdorf in den Jahren 1989 – 2005

7.2 Tabelle 5 (Desintegration Steine aller Lokalisationen nach ESWL)

Desintegration nach Erst-ESWL aller Steine				
	Niere		Harnleiter	
vollständig	699	20,34%	325	10,60%
teilweise	1.408	40,98%	852	27,80%
keine	1.329	38,68%	1.888	61,60%
Total	3.436	100,00%	3.065	100,00%

(Tab. 5:) Darstellung der Zahlen der Harnsteine und deren Desintegration in Bezug auf deren Lokalisation nach Durchführung einer Erstbehandlung mit der Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie am Institut für Steinertrümmerung in Troisdorf in den Jahren 1989 – 2005.

7.3 Tabelle 6 (Desintegration unterschieden nach Lokalisation der Nierensteine)

Desintegration nach Erst-ESWL aller Nierensteine						
	Kelch		Becken		Ausguss	
vollständig	364	21,10%	331	20,13%	2	3,70%
teilweise	662	38,38%	707	43,00%	32	59,26%
keine	699	40,52%	606	36,86%	20	37,04%
Total	1.725	100,00%	1.644	100,00%	54	100,00%

(Tab. 6:) Tabellarische Darstellung der Zahlen der Nierensteine und deren Desintegration in Bezug auf deren Lokalisation im Organ nach Durchführung einer Erstbehandlung mit der Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie am Institut für Steinertrümmerung in Troisdorf in den Jahren 1989 – 2005.

7.4 Tabelle 7 (Desintegration unterschieden nach Lokalisation der Nierenkelchsteine)

Desintegration nach Erst-ESWL aller Nierenkelchsteine						
	untere		mittlere		obere	
vollständig	221	23,07%	84	21,32%	58	16,43%
teilweise	387	40,40%	133	33,76%	132	37,39%
keine	350	36,53%	177	44,92%	163	46,18%
Total	958	100,00%	394	100,00%	353	100,00%

(Tab. 7:) Tabellarische Darstellung der Nierenkelchsteine und deren Desintegration in Bezug auf deren Lokalisation im Kelchsystem nach Durchführung einer Erstbehandlung mit der Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie am Institut für Steinertrümmerung in Troisdorf in den Jahren 1989 – 2005.

7.5 Tabelle 8 (Desintegration unterschieden nach Lokalisation der Harnleitersteine)

Desintegration nach Erst-ESWL aller Harnleitersteine						
	untere		mittlere		obere	
vollständig	100	8,10%	50	10,12%	184	13,77%
teilweise	277	22,43%	174	35,22%	401	30,01%
keine	858	69,47%	270	54,66%	751	56,21%
Total	1.235	100,00%	494	100,00%	1.336	100,00%

(Tab. 8:) Darstellung der Zahlen der Harnleitersteine und deren Desintegration in Bezug auf deren Lokalisation nach Durchführung einer Erstbehandlung mit der Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie am Institut für Steinertrümmerung in Troisdorf in den Jahren 1989 – 2005.

7.6 Tabelle 9 (Desintegration aller Steine beider ESWL Maschinen)

Desintegration in Abhängigkeit von der Behandlungszahl				
	vollständig	teilweise	keine	
1	779	1343	1462	3584
	21,74%	37,47%	40,79%	100,00%
2	345	1151	1060	2556
	13,50%	45,03%	41,47%	100,00%
3	157	481	588	1226
	12,81%	39,23%	47,96%	100,00%
4	50	184	248	482
	10,37%	38,17%	51,45%	100,00%
5	24	103	112	239
	10,04%	43,10%	46,86%	100,00%
>5	21	165	162	348
	6,03%	47,41%	46,55%	100,00%

(Tab. 9:) Darstellung der Zahlen der Desintegration der Harnsteine unabhängig von der Lokalisation und Größe, und dessen Verlauf nach Durchführung mehrer Behandlungen mit der Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie am Institut für Steinertrümmerung in Troisdorf in den Jahren 1989 – 2005.

7.7 Tabelle 10 (Desintegration aller Steine Lithodiamond HMT)

Desintegration in Abhängigkeit von der Behandlungszahl (HMT)				
	vollständig	teilweise	keine	
1	40	188	532	760
	5,26%	24,74%	70,00%	100,00%
2	26	146	243	415
	6,27%	35,18%	58,55%	100,00%
3	23	75	106	204
	11,27%	36,76%	51,96%	100,00%
4	6	31	57	94
	6,38%	32,98%	60,64%	100,00%
5	6	19	23	48
	12,50%	39,58%	47,92%	100,00%
6	7	39	35	81
	8,64%	48,15%	43,21%	100,00%
				1602

(Tab. 10:) Darstellung der Zahlen der Desintegration der Harnsteine unabhängig der Lokalisation und Größe, und dessen Verlauf nach Durchführung mehrerer Behandlungen mit der Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie bezogen auf den Lithotriktor der Firma HMT am Institut für Steinertrümmerung in Troisdorf in den Jahren 1989 – 2005.

7.8 Tabelle 11 (Desintegration aller Steine Lithostar Siemens)

Desintegration in Abhängigkeit von der Behandlungszahl (Siemens)				
	vollständig	teilweise	keine	
1	739	1155	930	2824
	26,17%	40,90%	32,93%	100,00%
2	319	1005	1060	2384
	13,38%	42,16%	44,46%	100,00%
3	134	406	482	1022
	13,11%	39,73%	47,16%	100,00%
4	44	153	191	388
	11,34%	39,43%	49,23%	100,00%
5	18	84	89	191
	9,42%	43,98%	46,60%	100,00%
6	14	126	127	267
	5,24%	47,19%	47,57%	100,00%
				7076

(Tab. 11:) Darstellung der Zahlen der Desintegration der Harnsteine unabhängig der Lokalisation und Größe, und dessen Verlauf nach Durchführung mehrerer Behandlungen mit der Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie bezogen auf den Lithotripter der Firma Siemens am Institut für Steinertrümmerung in Troisdorf in den Jahren 1989 – 2005

8 **Abbildungsverzeichnis**

- Abbildung 1-3 : Sammlung Zeichnungen Priv. Doz. P. Bastian, München
Abbildung 4: ESWL Erhebungsbogen, Institut für Steinertrümmerung,
 Prof. Bastian, Troisdorf

9 Literaturverzeichnis

1. Ackaert KS, Hop WC, Heemskerk CA, Schroder FH. Risk factors in outpatient extracorporeal shock wave lithotripsy. *Eur Urol* 1989; 16: 349-353.
2. Ackaert KS, Schroder FH. Effects of extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL) on renal tissue. A review. *Urol Res* 1989; 17: 3-7.
3. Al-Ansari A, As-Sadiq K, Al-Said S, Younis N, Jaleel OA, Shokeir AA. Prognostic factors of success of extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL) in the treatment of renal stones. *Int Urol Nephrol* 2006; 38: 63-67.
4. Auge BK, Preminger GM. Update on shock wave lithotripsy technology. *Curr Opin Urol* 2002; 12: 287-290.
5. Bastian PJ, Bastian HP. Outpatient extracorporeal shock wave lithotripsy. Prospective evaluation of 2937 cases. *Urologe A* 2004; 43: 829-835.
6. Bastian PJ, Lorken M, Euler H, Lummen G, Bastian HP. Results of the evaluation of 85,337 urinary stone analyses. *Aktuelle Urol* 2008; 39: 298-304.
7. Butz M. Zitrat und Kalziumurolithiasis. Erlangen: perimed, 1989: 7-94.
8. Carr LK, J DAH, Jewett MA, Ibanez D, Ryan M, Bombardier C. New stone formation: a comparison of extracorporeal shock wave lithotripsy and percutaneous nephrolithotomy. *J Urol* 1996; 155: 1565-1567.
9. Cass AS. Equivalence of mobile and fixed lithotriptors for upper tract stones. *J Urol* 1991; 146: 290-293.
10. Cass AS. Nonstent or noncatheter extracorporeal shock-wave lithotripsy for ureteral stones. *Urology* 1994; 43: 178-181.

11. Cass AS. Comparison of first generation (Dornier HM3) and second generation (Medstone STS) lithotriptors: treatment results with 13,864 renal and ureteral calculi. *J Urol* 1995; 153: 588-592.
12. Chacko J, Moore M, Sankey N, Chandhoke PS. Does a slower treatment rate impact the efficacy of extracorporeal shock wave lithotripsy for solitary kidney or ureteral stones? *J Urol* 2006; 175: 1370-3; discussion 3-4.
13. Chaussy C, Eisenberger F, Forssmann B. Extracorporeal shockwave lithotripsy (ESWL): a chronology. *J Endourol* 2007; 21: 1249-1253.
14. Chaussy C, Schmiedt E. Shock wave treatment for stones in the upper urinary tract. *Urol Clin North Am* 1983; 10: 743-750.
15. Chaussy C, Schmiedt E, Jocham D, Walther V, Brendel W. Shock wave therapy in the treatment of renal calculi. *MMW Munch Med Wochenschr* 1983; 125: 151-155.
16. Chaussy C, Schuller J, Schmiedt E, Brandl H, Jocham D, Liedl B. Extracorporeal shock-wave lithotripsy (ESWL) for treatment of urolithiasis. *Urology* 1984; 23: 59-66.
17. Chaussy C, Wilbert DM. Extracorporeal shockwave lithotripsy today--an assessment of current status. *Urologe A* 1997; 36: 194-199.
18. Chaussy CG, Fuchs GJ. Current state and future developments of noninvasive treatment of human urinary stones with extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol* 1989; 141: 782-789.
19. Claro Jde A, Lima ML, Ferreira U, Rodrigues Netto N, Jr. Blood pressure changes after extracorporeal shock wave lithotripsy in normotensive patients. *J Urol* 1993; 150: 1765-1767.

20. Crow P, Keeley FX. Does the rate of shock wave delivery affect outcomes in patients receiving shock wave lithotripsy for urinary calculi? *Nat Clin Pract Urol* 2008; 5: 478-479.
21. Davenport K, Minervini A, Keoghane S, Parkin J, Keeley FX, Timoney AG. Does rate matter? The results of a randomized controlled trial of 60 versus 120 shocks per minute for shock wave lithotripsy of renal calculi. *J Urol* 2006; 176: 2055-2058; discussion 8.
22. Delakas D, Karyotis I, Daskalopoulos G, Lianos E, Mavromanolakis E. Independent predictors of failure of shockwave lithotripsy for ureteral stones employing a second-generation lithotripter. *J Endourol* 2003; 17: 201-205.
23. Eichel L, Batzold P, Erturk E. Operator experience and adequate anesthesia improve treatment outcome with third-generation lithotripters. *J Endourol* 2001; 15: 671-673.
24. Eisenmenger W. The mechanisms of stone fragmentation in ESWL. *Ultrasound Med Biol* 2001; 27: 683-693.
25. Evan AP, McAteer JA, Connors BA, Blomgren PM, Lingeman JE. Renal injury during shock wave lithotripsy is significantly reduced by slowing the rate of shock wave delivery. *BJU Int* 2007; 100: 624-627; discussion 7-8.
26. Gerber R, Studer UE, Danuser H. Is newer always better? A comparative study of 3 lithotripter generations. *J Urol* 2005; 173: 2013-2016.
27. Graber SF, Danuser H, Hochreiter WW, Studer UE. A prospective randomized trial comparing 2 lithotripters for stone disintegration and induced renal trauma. *J Urol* 2003; 169: 54-57.

28. Gronau E, Pannek J, Bohme M, Senge T. Results of extracorporeal shock wave lithotripsy with a new electrohydraulic shock wave generator. *Urol Int* 2003; 71: 355-360.
29. Hartung R LP. Der Xanthinstein. In: Vahlensieck W, Hrsg..Das Harnsteinleiden. Berlin - New York: Springer, 1987.
30. Healy KA, Ogan K. Nonsurgical management of urolithiasis: an overview of expulsive therapy. *J Endourol* 2005; 19: 759-767.
31. Hesse A. Physiologie und Pathophysiologie der Harnsäure In: Vahlensieck W Hrsg.. Das Harnsteinleiden. Berlin - New York, Springer 1987: 480-494b.
32. Hesse A. Urinary calculi. 1: Epidemiology, laboratory diagnosis, genetics and infections. *Urologe A* 2002; 41: 496-506; quiz 7-8.
33. Hesse A. Urinary calculi. 2: Metabolic defects, nutrition errors and metaphylaxis. *Urologe A* 2002; 41: 616-28; quiz 28-92.
34. Hesse A, Brandle E, Wilbert D, Kohrmann KU, Alken P. Study on the prevalence and incidence of urolithiasis in Germany comparing the years 1979 vs. 2000. *Eur Urol* 2003; 44: 709-713.
35. Hofbauer J, Ludvik G, Grbovic M, Marberger M. Current status and future developments in noninvasive treatment of urinary calculi with extracorporeal shockwave lithotripsy (ESWL). *Wien Med Wochenschr* 1995; 145: 254-258.
36. Hruza M, Turk C, Frede T, Rassweiler J. Importance of open and laparoscopic stone surgery. *Urologe A* 2008; 47: 578-586.
37. Jocham D, Chaussy C, Schmiedt E. Extracorporeal shock wave lithotripsy. *Urol Int* 1986; 41: 357-368.

38. Jocham D, Liedl B, Lunz C, Schuster C, Chaussy C. Long-term experiences following extracorporeal shockwave lithotripsy in patients with urinary calculi. *Urologe A* 1989; 28: 134-137.
39. Joost J. In: *Urololithiasis*; Hrsg. Altwein J E, Jacobi G H, Urologie; Enke Stuttgart 1986: 242-269.
40. Kanao K, Nakashima J, Nakagawa K. Preoperative nomograms for predicting stone-free rate after extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol* 2006; 176: 1453-1456; discussion 6-7.
41. Kataoka H. Cardiac dysrhythmias related to extracorporeal shock wave lithotripsy using a piezoelectric lithotripter in patients with kidney stones. *J Urol* 1995; 153: 1390-1394.
42. Katz G, Pras E, Landau EH, Shapiro A, Pode D. Cystinuria and urolithiasis. *Harefuah* 1995; 129: 12-15, 79.
43. Kavanagh JP, Laube N. Why does the Bonn Risk Index discriminate between calcium oxalate stone formers and healthy controls? *J Urol* 2006; 175: 766-770.
44. Klugman V, Favus MJ. Diagnosis and treatment of calcium kidney stones. *Adv Endocrinol Metab* 1995; 6: 117-142.
45. Knoll T, Michel MS, Alken P. Interventional treatment of urinary calculi. *Dtsch Med Wochenschr* 2003; 128: 1485-1488.
46. Knoll T, Michel MS, Kohrmann KU, Alken P. Urologic interventional therapy of kidney calculi (I)--extracorporeal shockwave lithotripsy. *Ther Umsch* 2003; 60: 98-102.
47. Knoll T, Trojan L, Haecker A, Michel MS, Kohrmann KU, Alken P. Minimally-invasive therapy of urinary stones. *Aktuelle Urol* 2003; 34: 313-318.

48. Kohrmann KU, Neisius D, Rassweiler J. The future of ESWL. *Urologe A* 2008; 47: 569-570, 72-7.
49. Kosar A, Sarica K, Aydos K, Kupeli S, Turkolmez K, Gogus O. Comparative study of long-term stone recurrence after extracorporeal shock wave lithotripsy and open stone surgery for kidney stones. *Int J Urol* 1999; 6: 125-129.
50. Krambeck AE, Gettman MT, Rohlinger AL, Lohse CM, Patterson DE, Segura JW. Diabetes mellitus and hypertension associated with shock wave lithotripsy of renal and proximal ureteral stones at 19 years of followup. *J Urol* 2006; 175: 1742-1747.
51. Kriegmair M, Schuller J, Schmeller N, Knipper A, Muschter R, Hofstetter AG. Diverticular calculi of the kidney calices--extracorporeal shockwave lithotripsy, percutaneous extraction or open surgery. *Urologe A* 1990; 29: 204-208.
52. Laube N, Bradenahl J, Thomas E, Meissner A, Muller SC. Extended metabolic diagnosis of urolithiasis. *Aktuelle Urol* 2006; 37: 436-442; quiz 23-4.
53. Laube N, Kleinen L. On the uncertainty of measurements illustrated by the BONN Risk Index. *Urologe A* 2006; 45: 189-194.
54. Liedl B, Jocham D, Lunz C, Schuster C, Chaussy C. Prevalence and incidence of arterial hypertension in patients with kidney calculi treated by extracorporeal shock wave lithotripsy. *Urologe A* 1989; 28: 130-133.
55. Lingeman JE, Siegel YI, Steele B, Nyhuis AW, Woods JR. Management of lower pole nephrolithiasis: a critical analysis. *J Urol* 1994; 151: 663-667.
56. Lingeman JE, Woods J, Toth PD, Evan AP, McAteer JA. The role of lithotripsy and its side effects. *J Urol* 1989; 141: 793-797.

57. Logarakis NF, Jewett MA, Luymes J, Honey RJ. Variation in clinical outcome following shock wave lithotripsy. *J Urol* 2000; 163: 721-725.
58. Lungen M, Stock S, Krauth C Performance and costs of outpatient clinics of university hospitals for medical care, teaching, research activities. *Dtsch Med Wochenschr* 2004; 129: 2399-2404.
59. Marberger M, Hofbauer J, Turk C, Hobarth K, Albrecht W. Management of ureteric stones. *Eur Urol* 1994; 25: 265-272.
60. Marberger M, Turk C, Steinkogler I. Piezoelectric extracorporeal shock wave lithotripsy in children. *J Urol* 1989; 142: 349-52.
61. Müller S, *Deutsches Ärzteblatt* 2004; 101:A 1331-1336 (Heft 19).
62. Onuora VC, Koko AH, Al Turki M, Al Jawini N. Extracorporeal shock wave lithotripsy in children. *Ann Saudi Med* 2001; 21: 97-99.
63. Paterson RF, Kuo RL, Lingeman JE. The effect of rate of shock wave delivery on the efficiency of lithotripsy. *Curr Opin Urol* 2002; 12: 291-295.
64. Paterson RF, Lifshitz DA, Lingeman JE. Stone fragmentation during shock wave lithotripsy is improved by slowing the shock wave rate: studies with a new animal model. *J Urol* 2002; 168: 2211-2215.
65. Pearle MS, Lingeman JE, Leveillee R Prospective, randomized trial comparing shock wave lithotripsy and ureteroscopy for lower pole caliceal calculi 1 cm or less. *J Urol* 2005; 173: 2005-2009.
66. Rassweiler JJ, Renner C, Chaussy C, Thuroff S. Treatment of renal stones by extracorporeal shockwave lithotripsy: an update. *Eur Urol* 2001; 39: 187-199.

67. Robertson WG, Hughes H. Importance of mild hyperoxaluria in the pathogenesis of urolithiasis--new evidence from studies in the Arabian peninsula. *Scanning Microsc* 1993; 7: 391-401; discussion -2.
68. Royce PL, Fuchs GJ, Lupu AN, Chaussy CG. The treatment of uric acid calculi with extracorporeal shock wave lithotripsy. *Br J Urol* 1987; 60: 6-9.
69. RübberH. JJ. Urolithiasis. In: Rübber H, Altwein JE, Hrsg.. *Urologie Stuttgart: Enke* 1992.
70. Rutishauer G Der Kalziumphosphatstein In: Vahlensieck W Hrsg.. *Das Harsteinleiden. Berlin - New York Springer* 1987: 416 - 419.
71. Sarica K, Turkolmez K, Kupeli B. Glycosaminoglycan content of Ca-oxalate stone matrix. Effect of this factor on stone fragility. *Urol Int* 1997; 58: 43-46.
72. Schmiedt E, Chaussy C. Extracorporeal shock-wave lithotripsy (ESWL) of kidney and ureteric stones. *Int Urol Nephrol* 1984; 16: 273-283.
73. Schneider HJ. Etiology and pathogenesis of the urolithiasis (author's transl). *Urologie A* 1980; 19: 195-201.
74. Schultheis T, Gutenbrunner C. Kurorttherapeutische Maßnahmen bei rezidivierender Harnsteinbildung Hrsg. Vahlensieck W *Das Harnsteinleiden. Berlin - New York Springer* 1987: 551 - 563.
75. Schultz-Lampel D, Lampel A, Lazica M, Thüroff JW Extrakorporale Stosswellenlithotripsie im Kindesalter. *Urologie (A)*; 1997, 36: 200-208.
76. Semins MJ, Trock BJ, Matlaga BR. The effect of shock wave rate on the outcome of shock wave lithotripsy: a meta-analysis. *J Urol* 2008; 179: 194-7; discussion 7.

77. Sheir KZ, Madbouly K, Elsobky E. Prospective randomized comparative study of the effectiveness and safety of electrohydraulic and electromagnetic extracorporeal shock wave lithotriptors. *J Urol* 2003; 170: 389-392.
78. Sökeland J. Steinerkrankungen In: Sökeland J. Hrsg.. *Urologie*; Thieme Stuttgart 1987: 282 - 313.
79. Spirnak J P, Resnick M I Harnsteine In: Tanagho E Hrsg.. *Mc Aninch J Smiths Urologie*. Berlin - New York Springer 1992: 318 - 360
80. Sun BY, Lee YH, Jiaan BP, Chen KK, Chang LS, Chen KT. Recurrence rate and risk factors for urinary calculi after extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol* 1996; 156: 903-905; discussion 6.
81. Tan EC, Tung KH, Foo KT. Comparative studies of extracorporeal shock wave lithotripsy by Dornier HM3, EDAP LT 01 and Sonolith 2000 devices. *J Urol* 1991; 146: 294-297.
82. Turk C, Knoll T, Kohrmann KU. New guidelines for urinary stone treatment. Controversy or development?. *Urologe A* 2008; 47: 591-593.
83. Vahlensieck W, Epidemiologie und Kausalfaktoren / Diagnostik / Laboruntersuchungen In: Vahlensieck W Hrsg.. *Das Harnsteinleiden*. Berlin - New York Springer 1987: 1-35 / 91-99 / 113-151.
84. Weiss W, Turk C, Brownstone E Clinical relevance of extracorporeal shockwave lithotripsy (ESWL) in choledocholithiasis. *Wien Klin Wochenschr* 1989; 101: 629-631.
85. Wimpissinger F, Turk C, Kheyfets O, Stackl W. The silence of the stones: asymptomatic ureteral calculi. *J Urol* 2007; 178: 1341-1344; discussion 4.

86. Zechner O. The dilemma of metaphylaxis of urinary calculi. Wien Med Wochenschr 1995; 145: 279-282.

Danksagung

An dieser Stelle sei Herrn Prof. Dr. Bastian, Leiter des Instituts zur Steinertrümmerung in Troisdorf für seine Einsatz- und Hilfsbereitschaft und die Überlassung der umfangreichen Daten gedankt. Auch Herrn Priv. Doz. Dr. P. Bastian danke ich für die Überlassung des Themas und die enge Betreuung über den Zeitraum der Erstellung dieser Arbeit.