

Aus dem Siloah St. Trudpert Klinikum
Klinik für Urologie
Zentrum für minimal-invasive Therapie
-urologische Robotik-

**Ergebnisse der Minimal invasiven perkutanen
Nephrolitholapaxie (Mini-PCNL) – Eine retrospektive
klinische Untersuchung von n= 970 Patienten**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Anudu, Joseph

2019

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. S. Lahme

2. Berichterstatter: Professor Dr. J. Bedke

Tag der Disputation 04.12.2019

Für meine Familie

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
1 Einleitung	1
1.1 Geschichte des Harnsteinleidens	1
1.2 Epidemiologie	2
1.3 Pathogenese der Harnsteine	3
1.4 Steinzusammensetzung	4
1.4.1 Calciumsteine	5
1.4.2 Zystinsteine	5
1.4.3 Harnsäuresteine	5
1.4.4 Infektsteine	6
1.4.5 Sonstige Harnsteine	6
1.4.6 Indikationen zur aktiven Harnsteintherapie	6
1.5 Geschichte der minimal invasiven perkutanen Nephrolitholapaxie (Mini-PCNL)	7
1.6 Instrumentarium und Technik der Mini-PCNL	8
1.6.1 Instrumentarium	8
1.6.2 Ablauf der Prozedur	8
1.6.2.1 Anästhesie	8
1.6.2.2 Punktion und Bougierung des Zugangs	9
1.6.2.3 Einführung des Instruments und Steinertrümmerung	10
1.6.2.4 Postoperativer Verlauf	11
1.7 Fragestellung	12
2 Patienten, Material und Methode	13
2.1 Studienpopulation	13

2.2	Bildgebende Verfahren	14
2.3	Instrumentarium	15
2.4	Indikationen zur Mini-PCNL.....	15
2.5	Bestimmung der Steingroße.....	15
2.6	Durchführung der Mini-PCNL	16
2.6.1	Retrograde Pyelographie in Rückenlage	16
2.6.2	Etablierung des Arbeitskanals	17
2.6.3	Datenerfassungsbogen zur perkutanen Operationsverfahren	19
2.6.4	Definition der Operationsdauer	20
2.6.5	Postoperativer Verlauf	20
2.6.6	Intra- und postoperative Komplikationen	21
2.7	Pflegestandard	21
2.8	Definition der Steinfreiheit	23
2.9	Weitere Aspekte.....	24
2.10	Statistik.....	24
3	Ergebnisse.....	25
3.1	Anzahl der ausgewerteten Fälle pro Jahr	25
3.2	Wiederbehandlung durch Mini-PCNL wegen Rezidivsteinen.....	26
3.3	Geschlechts- und Altersverteilung.....	27
3.3.1	Body Maß Index	28
3.4	Steingröße und - verteilung	29
3.5	Operationsdauer	31
3.6	Steinfreiheit und Wiederholungseingriffe	33
3.7	Stationäre Verweildauer	35
3.8	Perioperative Harnableitung	36
3.9	Komplikationen.....	37
3.9.1	Intraoperativen Komplikationen	37
3.9.2	Postoperative Komplikationen	38
3.10	Mini-PCNL bei anatomischer Normvariante.....	39

3.11	Steinzusammensetzung	40
4	Diskussion	41
4.1	Patienten	41
4.2	Indikationsstellung und Durchführung der Mini-PCNL	44
4.3	Intra- und postoperative Komplikationen	50
4.4	Steinfreiheitsrate	56
4.4.1	Multitrakt Mini-PCNL	59
4.5	Steinzusammensetzung	61
4.6	Neuere Modifikationen der PCNL.....	61
5	Limitationen der Studie	64
6	Zusammenfassung	65
7	Quellen- und Literaturverzeichnis	67
8	Anhang	79
9	Erklärung zum Eigenanteil der Dissertationsschrift.....	84
10	Danksagung.....	85

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lagerung und Durchleuchtung a : Lagerung in Steinschnittposition b : Retrograde Pyelographie rechts mit eingebrachtem Ureterballonkatheter.....	17
Abbildung 2: Punktion und Durchführung der Mini-PCNL a : Nierenbeckenstein links b : korrekte Punktion c : Führungsdraht und Einbringen des Gerätes d : Steinfrei nach Mini-PCNL.....	18
Abbildung 3: Bauchlagerung und Abdeckung	19
Abbildung 5: Anzahl aller untersuchten Fälle pro Jahr	25
Abbildung 6: Anzahl der operierten Rezidivsteinbildner	27
Abbildung 7: Alters- und Geschlechtsverteilung der operierten Patienten	28
Abbildung 8: Verteilung des Patienten-BMI.....	29
Abbildung 9: Steinlokalisierung bei Primärbehandlung	30
Abbildung 10: Operationsdauer in Relation zur Steingröße	32
Abbildung 11: Art der Re-Eingriffe mit Steinfreiheit.....	34
Abbildung 12: Mini-PCNL Trakte	35
Abbildung 13: Krankenhausverweildauer der Patienten pro Jahr	36
Abbildung 14: Perioperative Harnleiterstent-Versorgung.....	37
Abbildung 15: intraoperative Komplikationen	38
Abbildung 16: Verteilung der postoperativen Komplikationen	39
Abbildung 17: Prozentuale Verteilung der Komponenten von Harnsteinen	40

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Harnsteinarten und –häufigkeiten (16)	4
Tabelle 2: ASA-Klassifikation	14
Tabelle 3: Pflegestandard bei Mini-PCNL	23
Tabelle 4: Fallzahl pro Jahr	26
Tabelle 5: Seitenlokalisierung	29
Tabelle 6: Steinlokalisierung.....	31
Tabelle 7: Durchschnittliche Operationsdauer bezüglich der Steingröße	33
Tabelle 8: Übersicht über die anatomische Normvariante	40
Tabelle 9: Therapieempfehlungen nach DGU und EAU-Leitlinien bei Urolithiasis ohne Unterpolsteine. Endourologie= PNL und URS (33; 50)	44
Tabelle 10: Therapieempfehlungen nach DGU und EAU-Leitlinien bei Unterpolsteinen (33; 50)	45
Tabelle 11: Modifizierte Clavien-Klassifikation für perioperative Komplikationen (vgl. (66))	51
Tabelle 12: Darstellung der eigenen Ergebnisse und Literaturergebnisse	59

Abkürzungsverzeichnis

AA	Arrhythmia Absoluta
AUR	Ausscheidungsrenographie
BMI	Body-Mass-Index
CaOx	Calciumoxalat
Charr.	Charière
CROES	Clinical Research Office of the Endourological Society
CT	Computertomographie
DRU	Digital rektale Untersuchung
ESWL	extrakorporale Stoßwellenlithotripsie
Fa	Firma
HWI	Harnwegsinfekt
INR	International Normalized Ratio
µm	micrometer
KM	Kontrastmittel
Mini-PCNL	Minimal invasive perkutane Nephrolitholapaxie/ Nephrolithotomy
MKG	Mittlere Kelchgruppe
MRT	Magnetresonanztomographie
NB	Nierenbecken
OKG	Obere Kelchgruppe
PCNL	perkutane Nephrolitholapaxie / Nephrolithotomy
PTT	Partielle Thromboplastinzeit
RIRS	Retrograde Intrarenal Surgery
SFR	Steinfreiheitsrate
UK	Ureterkatheter
UKG	Untere Kelchgruppe
URS	Ureterorenoskopie
YAG	Yttrium-Aluminium-Granat

1 Einleitung

1.1 Geschichte des Harnsteinleidens

Das Harnsteinleiden gehört zu den Erkrankungen, welche mit Beginn der Erfindung der Schrift am häufigsten in den historischen Aufzeichnungen dokumentiert wurden (1). Der Fund eines Harnblasensteins in einer Mumie in El Amrah aus der prädynastischen Zeit um 3000 vor Christus durch den australischen Anthropologen und Ägyptologen Grafton Elliot Smith (1871-1937) belegt, dass diese Erkrankung mit ihren Symptomen, wie Koliken, Dysurie und Hämaturie, die Menschheit bereits in der Antike begleitet hat. Die sogenannte „Steinschnittlagerung“, welche heute durch mehrere Fachdisziplinen angewandt wird, diente bereits im 1. Jahrhundert nach Christus chirurgischen Interventionen. Dieser auf anatomischen Erkenntnissen basierende operative Eingriff diente der Entfernung von Harnblasensteinen über den Damm. Nach der klassischen Methode von Cornelius Celsus (1. Jahrhundert nach Christus) wurde der Stein vom Rektum her gegen den Damm gedrückt; hiernach erfolgte die Steinentfernung durch eine direkte Inzision auf den Stein vom Damm aus. Die Lagerung erfolgte mit angewinkelten Beinen in Rückenlage. Die Erkenntnisgewinnung in Pathogenese und Therapie des Harnsteinleidens war bereits seit längerer Zeit ein Anliegen der Medizin, da die Erkrankung aufgrund der mangelnden Behandlungsoptionen lebensbedrohliche Konsequenzen nach sich ziehen konnte. So ist auch eine Blasensteinentfernung des Kaisers Heinrich II. im Kloster Montecassino im Jahr 1022 nach Christus durchgeführt worden. Desweiteren beschäftigte sich bereits Hildegard von Bingen (1098-1179), Benediktinerin in Rupertsberg, mit der Entstehung des Harnsteinleidens sowie der konservativen Therapie von Nieren- und Blasensteinen.

Im Jahr 1163 verbot ein päpstliches Edikt die Durchführung chirurgischer Eingriffe, da die Ärzte dem geistlichen Stand angehörten. Darauf kam zunehmend die Uroskopie (Harnschau), welche im 11. Jahrhundert an Bekanntheit gewann, zum Einsatz. Mithilfe der so genannten Matula, dem Harnglas, gelangten die Therapeuten zur jeweiligen Diagnosestellung (2; 3). In den folgenden Jahrhun-

derten entwickelte sich die auf Spekulationen beruhende Medizin zunehmend hin zu einer auf Naturbeobachtungen basierenden Medizin. Die erstmals dokumentierte Nierensteinoperation wurde 1550 durch Gerolamo Cardano durchgeführt, indem er bei Eröffnung eines Lumbalabszesses 18 Steine entfernte (4). Mit Beginn des 17. Jahrhunderts sind zahlreiche technische Innovationen hinsichtlich der Therapie des Harnsteinleidens zu verzeichnen. Bozzini entwickelte 1806 den Lichtleiter, unter der Vorstellung, Harnblase und Harnleiter darstellen zu können. 1826 entwickelte Civiale den ersten Lithotripter zur Steinertrümmung, wobei eine Greifzange und eine Fräse den Stein zerkleinerten. Ein weiterer Meilenstein war 1877 die Entwicklung des ersten Urethroskops und Zystoskops durch M. Nitze. Desweiteren erbrachte die Entwicklung der Röntgentechnik durch K. Röntgen (1895) sowie die Einführung der Kontrastmitteldarstellung durch A. von Lichtenberg (1929) einen entscheidenden Fortschritt in der Diagnostik und Therapie der Urolithiasis (2). Ab den 1960er Jahren beschäftigte man sich zunehmend mit der Steinpathogenese und der Steinzusammensetzung (5). Im Jahr 1976 hat Fernström und Johanson einen Nierenstein bei einem Patienten mit einliegendem Nephrostomiekatheter entfernt (6). In Zusammenarbeit mit der Firma Karl Storz entwickelte E. Perez 1980 das erste starre Ureterorenoskop. Erste endoskopische Operationen des oberen Harntraktes konnten realisiert werden. Infolge dieser Innovation entwickelte sich auch die perkutane Steinentfernung. Ende der 1980er-Jahre wurde die Lasertechnik erfolgreich eingeführt (7). Ein weiterer wichtiger Fortschritt in der Steintherapie ist die Einführung der extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie (ESWL), deren Wirkung auf Nierensteine seit 1974 getestet wurde und nimmt seit Februar 1980 einen hohen Stellenwert in der Harnsteinbehandlung ein (8; 9).

1.2 Epidemiologie

Die Harnsteinerkrankung stellt ein häufiges medizinisches Problem in der Allgemeinbevölkerung dar. In Deutschland liegt die Prävalenz, d.h die Häufigkeit, im Laufe eines Lebens einen oder mehrere Harnsteine gehabt zu haben, aktuell bei 4,7%. Während im Jahr 1979 die Inzidenz bei 0,54 % lag, beträgt diese aktuell 1,47% (10). Das Rezidivrisiko über einen Zeitraum von 10 Jahren beträgt

ca. 50%. Männer erkranken häufiger als Frauen im Verhältnis 2-3:1 (11; 12). Kinder und Adoleszente weisen die niedrigste Steinzinzidenz auf, unabhängig von der Steinzusammensetzung. In einer deutschen Studie, in der 200.000 Harnsteine analysiert wurden, zeigte einen Peak des Steinleidens bei Frauen zwischen 60-69 Jahren, wogegen dieser bei Männern zwischen 30-69 Jahren lag. Dabei finden sich bei beiden Geschlechtern am häufigsten Calciumoxalatsteine (10). Die variierenden Prävalenzraten im internationalen Vergleich von 4-20 % lassen sich auf verschiedene Faktoren zurückführen, wie unterschiedliche Ernährungsgewohnheiten, Klima, Umwelt, Ethnizität, Heredität und persönliche Verhaltensweisen. Als Risikofaktor für das Steinleiden wird hauptsächlich eine reich an tierischem Fett und Eiweiß und zugleich ballaststoffarme Ernährung angesehen. Damit verbunden gilt die Adipositas ebenfalls als prädisponierend (13).

Volkswirtschaftlich betrachtet spielt die Harnsteinerkrankung eine wichtige Rolle, da in Abhängigkeit von der Behandlungsmethode die Kosten für eine Steinbehandlung zwischen 2 500 bis 3 500 Euro liegen. Dies führt jährlich zu Behandlungskosten von circa 600 Millionen Euro (14). Die meisten Steine befinden sich mit 97% im oberen Harntrakt und mit 3% im unteren Harntrakt (12).

1.3 Pathogenese der Harnsteine

Die Steinbildung ist ein komplexes Phänomen, welches bisher noch nicht vollständig aufgeklärt ist. Dabei existieren allerdings unterschiedliche Theorien, die in zwei Kategorien unterteilt sind. Während eine Kategorie die Ursachen der Steinentstehung auf eine lokalisierte Zellläsion in der Niere zurückführt, beschreibt die andere die Steinbildung ausschließlich durch einen Komplex aus Hypersekretion, Übersättigung und Kristallisation (15).

Es ist belegt, dass aus mehreren Kristallen ein Nukleus gebildet werden kann. Dieser vermehrt sich durch weitere Aggregation von Kristallen, welche folglich zum Harnstein heranwachsen. Die Bildung von Harnsäure- und Zystinsteinen ist typischerweise Folge dieser homogenen Nukleation. Im Gegensatz dazu basiert die Formation von Infekt- und Calciumsteinen auf einer heterogenen

Formation, wobei die Kristallisation neben der Urinübersättigung durch Kristallkeime oder Zelltrümmer ausgelöst wird.

Prinzipiell entstehen Steine durch ein gestörtes Gleichgewicht zwischen lithogenen (Calcium, Oxalat, Phosphat, Harnsäure, Ammonium, Cystin) und inhibitorischen (Citrat, Magnesium, Glykoaminoklykane) Harnsubstanzen (12).

1.4 Steinzusammensetzung

Im menschlichen Urin ist das Vorkommen unterschiedlichster Mikrokristalle zunächst physiologisch und deutet nicht auf einen Krankheitswert hin (16). Für die Bildung von Harnsteinen ist die über eine lange Zeit bestehende Übersättigung des Urins mit einer steinbildenden Substanz vorausgesetzt. Bei Steinbildnern ist die Tendenz zur verstärkten Bildung größerer Harnsteinaggregate sehr hoch. Abhängig von Ernährungs- und Trinkgewohnheiten variiert die Urinzusammensetzung. Darin sind bisher über 100 chemische und kristalline Komponenten identifiziert worden, wobei das Calciumoxalat epidemiologisch betrachtet die weltweit am häufigsten vorkommende Form ist. Daneben weisen Steinbildner auch Magnesiumammoniumphosphat, Carbonapatit, Cystin auf. Gelegentlich können Steine auch iatrogen durch bestimmte Medikamente entstehen (17; 18; 12). Tabelle 1 zeigt die häufigsten Steinarten und deren Auftreten.

Harnsteinart	Chemische Zusammensetzung	Mineral	Hauptkomponente in % der Fälle	monomineralisch in % der Fälle
Oxalate	Calciumoxalatmonohydrate	Whewellit	70,4	20,8
	Calciumoxalatdihydrat	Weddellit		
Harnsäure und Urate	Harnsäure	Uricit	11,0	8,0
	Harnsäuredihydrat		1,03	
	Monoammoniumurat		0,5	0,1
Phosphate	Magnesiumammoniumphosphatdihydrat	Struvit	6,0	2,1
	Carbonapatit	Dahlit	4,8	1,1
	Calciumhydrogenphosphatdihydrat	Brushit	1,0	1,0
genetisch determinierte Steine	Cystin		0,4	0,4
	Xanthin			
	2,8-Dihydroxyadenin			
iatrogene Steine	Indinavir			
	Sulfonamide			

Tabelle 1: Harnsteinarten und –häufigkeiten (16)

1.4.1 Calciumsteine

Calciumsteine kommen in Form von Calciumoxalat- oder Calciumphosphatsteinen vor. Calciumoxalat (CaOx), das in den Mineralformen Whedellit (Calciumoxalatdihydrat) und Whewellit (Calciumoxalatmonohydrat) auftreten kann, macht 70 % aller Steinarten aus. Die Entstehung von CaOx -Steinen ist multifaktoriell, wie u.a. Stoffwechseldefekt, eine primäre Hyperoxalurie, renale tubuläre Azidose sowie Hyperparathyreoidismus. Jedoch tritt die Steinbildung bei 60-70% idiopathisch auf. Bei diesen Steinbildern wird allerdings vermutet, dass es sich als Symptom des metabolischen Syndroms darstellt (16).

Calciumphosphatsteine treten in sehr unterschiedlicher Komposition und Morphologie auf. Diese bestehen typischerweise aus Brushit- und Karbonatapatitkristallen. Brushitsteine gehen bei einem Urin-pH von $>6,8$ in Karbonatapatitsteine über und sind gekennzeichnet durch schnelles Wachstum sowie eine sehr harte schwer zu lithotripsierende Konsistenz. Diese Steinart tritt häufiger bei Frauen als bei Männern auf (12; 17).

1.4.2 Zystinsteine

Zystinsteine machen 1-2% aller Harnsteine aus. Eine erhöhte Zystinkonzentration, welche folglich zur Steinbildung führt, wird auf eine autosomal-rezessiv vererbte, enterale und renale Transportstörung zurückgeführt. Neben den bereits genannten Störungen spielt auch der Urin $\text{pH} < 7,5$ eine große Rolle. Dieser führt zur schlechten Löslichkeit von Zystin, wonach es zur Auskristallisierung und demzufolge zur Harnsteinbildung kommt (12; 19).

1.4.3 Harnsäuresteine

Harnsäure ist ein Endprodukt des Stoffwechsels, welches nicht weiter metabolisiert werden kann. Für die Bildung von Harnsäuresteinen wird der niedrige Urin-pH $< 5,5$ und die Harnsäureerhöhung als ursächlich betrachtet. Die hohe Harnsäurekonzentration sowohl im Serum als auch im Urin kann durch vermehrte exogene Aufnahme über die Nahrung, gestörte renale Ausscheidung, vermehrte endogene Produktion z.B. Zellzerfall bei Tumorerkrankungen

oder Chemotherapie sowie durch Alkoholkonsum, hervorgerufen werden. Die Häufigkeit der Harnsäuresteine beträgt bis zu 15 % aller Harnsteine. Männer sind häufiger betroffen als Frauen. Die Mehrheit der betroffenen Patienten sind im Alter von über 60 Jahren (20; 16; 12).

1.4.4 Infektsteine

Die chronische Infektsituation durch ureasepositive Keime wie z.B. Proteus, Pseudomonas, Klebsiella, Ureaplasma urealyticum und Providencia verursacht die Spaltung des Urinharnstoffs in Ammoniak und Bikarbonat, wodurch der Urin alkalisch wird mit einem pH > 7. Diese führt zur erhöhten Konzentration von Magnesium Ammoniak Phosphat (MgNH_4PO_4), und Karbonatapatit [$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{CO}_3$] mit daraus resultierender Steinbildung (16; 12; 18; 20).

1.4.5 Sonstige Harnsteine

Iatrogene Harnstein können durch die Therapie mit lithogen wirksamen Medikamenten hervorgerufen werden. Die iatrogene Steinbildung kann durch Auskristallisierung von Medikamentensubstanzen, z.B. Indinavir, Sulfonamide und Ciprofloxacin hervorgerufen werden. Andererseits können Steine durch metabolische Effekte der Medikamentensubstanz, z.B. Allupurinol und Calcium, gebildet werden.

Die 2,8-Dihydroxiadeninsteine kommen selten vor und werden als Folge eines autosomal-rezessiv vererbten Defekts des Enzyms Adeninphosphoribosyltransferase angesehen. Dadurch erhöht sich die renale Ausscheidung von 2,8- Dihydroxiadenin, welche sich im Urin auskristallisiert.

Den Xanthinsteinen liegt ein autosomal-rezessiv vererbter Defekt der Xanthinoxidase zugrunde, welcher zur vermehrten Ausscheidung von Xanthin führt (12; 18; 20).

1.4.6 Indikationen zur aktiven Harnsteintherapie

Jedes Vorgehen, welches dazu dient, den Stein aus dem Harntrakt zu entfernen, wird als aktive Harnsteintherapie bezeichnet. Diese umfasst medikamentöse, physikalische und operative Therapieoptionen. Symptomatische und

asymptomatische Nierensteine benötigen eine aktive Therapie, da die Wahrscheinlichkeit einer Größenzunahme sowie von Schmerzen, Obstruktionen, Infektionen und einer Hämaturie besteht. Im Gegensatz zu den häufig asymptomatischen Nierensteinen verursachen Harnleitersteine für gewöhnlich Symptome einer akuten Nierenkolik, Urosepsis, Niereninsuffizienz oder –versagen und persistierende Schmerzen. Die Indikation für eine aktive Steinbehandlung von Steinen des oberen Harntraktes ist abhängig von der Steingröße, -lokalisation und den Symptomen. Bei einer Steingröße > 7 mm ist die Wahrscheinlichkeit des Spontanabgangs gering. Rezidivierende Harnwegsinfekte, Einzelniere, Rezidivsteine, Harnstauungsniere beidseits und persistierende Schmerzen sind ebenfalls weitere Indikationen zur aktiven Harnsteinbehandlung (21; 22).

1.5 Geschichte der minimal invasiven perkutanen Nephrolitholapaxie (Mini-PCNL)

Die perkutane Nephrostomie wurde erstmals im Jahr 1955 durch Goodwin beschrieben und durchgeführt. Bemerkenswerterweise ist diese ohne Sichtkontrolle eingebracht worden. Im Jahr 1976 wurde ein Stein bei einem Patienten mit einliegendem Nephrostomiekatheter durch Fernström und Johansson erfolgreich extrahiert (6). Darauf wurde das Verfahren ab 1980 durch Alken und Mitarbeiter durch den Einsatz einer Teleskop-Bougies für die Dilatation, einer Ultraschall-Lithotripsie für die Steindesintegration und eines Nephroskops mit Irrigation weiterentwickelt (23). Infolge dieses Fortschritts etablierte sich das perkutane Verfahren zunehmend als Therapie der Wahl bei großen Nierensteinen, Ausgusssteinen und bei erfolgloser ESWL Harnsteintherapie (24). Von einer Standard-PCNL spricht man bei Systemen mit Durchmessern von 24-36 Charr. Da die Komplikationen bei der PCNL hauptsächlich als zugangsassoziiert bewertet wurden, bestand das Ziel in der Reduktion der Komplikationen sowie des Operationstraumas im Sinne einer Miniaturisierung der Instrumente (24). Die erste miniaturisierte perkutane Steinentfernung wurde 1997 von Helal und Mitarbeitern bei einem 2-jährigen Kind mit einem Körpergewicht von 10 kg unter

Anwendung der PCNL mit einem 10 Charr. Kinderzystoskop und 15 Charr. Peel-away Schaft beschrieben. Im gleichen Jahr führten Jackman et al. eine PCNL- Operation bei Kindern durch. Dabei wurde als Außenschaft eine 12 Charr. Ureterschleuse angewandt. Im Jahr 2001 wurde erstmals durch Lahme in Zusammenarbeit mit der Firma Richard Wolf GmbH das rigide 12-Charr. Nephroskop mit einem 15 Charr. Amplatzschaft zur Steinentfernung von großen Nierensteinen zwischen 1- 2 cm bei 19 Patienten publiziert. Dieses System wurde prinzipiell zur Steinentfernung bei Erwachsenen entwickelt mit dem Zweck, eine hohe Steinfreiheitsrate bei möglichst geringer die Komplikationsrate zu erzielen. Dieses System wurde als Mini-PCNL bezeichnet (24; 25).

1.6 Instrumentarium und Technik der Mini-PCNL

1.6.1 Instrumentarium

Die klassische Mini-PCNL zeichnet sich durch einen maximalen Außenschaft-Durchmesser von ≤ 20 Charr. aus. Das miniaturisierte System nach Lahme beinhaltet ein Nephroskop mit einem Durchmesser von 12 Charr. mit einem Arbeitskanal von 6 Charr., sowie einen Amplatzschaft von 15 Charr. Innendurchmesser und 18 Charr. Außendurchmesser von der Firma Richard Wolf GmbH, Deutschland. Dabei liegt ein halboffenes System vor. Im Gegensatz dazu verfügt die Mini-PCNL von der Firma Storz über ein vollkommen offenes System. Bei beiden Systemen kommen unterschiedliche passende Dilatatoren, flexible Nephroskope und Greifwerkzeuge zur Anwendung (24; 25)

1.6.2 Ablauf der Prozedur

1.6.2.1 Anästhesie

Der Eingriff kann sowohl in Allgemeinnarkose, Lokal- als auch in Periduralanästhesie erfolgen. Da die Hauptursache der Schmerzentstehung auf der Dilatation der Nierenkapsel und der Punktion der Haut beruht und nicht auf der Steindesintegration, ist eine Lokalanästhesie mit Infiltration der Haut und Nierenkapsel, durchaus als vorteilhaft anzusehen. Zudem ist sie kostengünstig.

ger, da weitere Ausgaben für die Allgemeinanästhesie wegfallen. Desweiteren ergab ein Vergleich zwischen der Allgemein- und Periduralanästhesie keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich Effizienz und Sicherheit der Technik. Jedoch stellt die Technik in Lokalanästhesie eine Alternative bei multimorbiden Patienten dar (26; 27).

1.6.2.2 Punktion und Bougierung des Zugangs

Prinzipiell wird die Punktion in Bauchlage des Patienten in der hinteren Axillarlinie zwischen der 12. Rippe und dem Beckenkamm in das Ende der unteren dorsalen Kelchgruppe vorgenommen. Zuvor erfolgt die Stichinzision der Haut, da sonst die Gefahr der Verbiegung der Nadel beim Durchtritt dieser durch die Haut besteht. Die Punktion wird durch bildgebende Verfahren sowohl sonographisch als auch radiologisch unterstützt. Die sonographisch assistierte Punktion erfolgt unter Verwendung einer mit dem Ultraschallkopf fest verbundenen Punktionshilfe, wodurch die Punktionsnadel zielgerichtet geführt werden kann. Bei fehlender Dilatation des Kelchsystems kann die Anwendung einer rein ultraschallgesteuerten Punktion erschwert sein. Hier empfiehlt es sich, das Nierenbecken mit Kontrastmittel (KM) gemischt mit Methylenblau durch den bereits eingelegten Ureterkatheter (UK) mit Okklusionsballon aufzufüllen. Dieser wird regelkonform zystoskopisch in Rückenlage des Patienten in den entsprechenden Ureter zur retrograden Darstellung und Blockung eingebracht, damit keine Steinfragmente akzidentell in den Harnleiter verbracht werden (28). Der UK wird in der Regel mit 0,5-1,5 ml Kochsalzlösung im proximalen Harnleiter geblockt. Die Durchführung der Ureterographie dient ebenfalls zum Ausschluss einer Pathologie des Ureters, wie z.B. Harnleiter- und Nierenbeckenabgangsenge, Tumoren sowie Harnleitersteine. Zudem wird ein 14 Charr. Katheter in die Blase eingebracht.

Bevorzugt wird die Punktion der dorsalen unteren Kelchgruppe gewählt, da hier im Parenchym über dem Kelch weniger Blutgefäße verlaufen und ein geringeres Blutungsrisiko besteht die sog. Brödel's bloodless line of incision (29). Je höher der Zugangsweg gewählt wird, desto wahrscheinlicher ist das Risiko einer Pleuraverletzung. Bei korrekter Punktion sollte Urin bzw. KM über die Hohl-

nadel abtropfen. Mithilfe eines Spezialedestahlbougies oder alternativ durch Kunststoffbougies wird der Punktionskanal im Sinne einer „single step dilation“ bougiert. (6; 30; 31; 32).

Die Bestimmung der Steingröße anhand der Nierenleeraufnahme ist nur begrenzt aussagekräftig, da viele Steine nicht schattengebend sind. Die Sonographie hat sich als Primärdiagnostikum etabliert, jedoch kann die exakte Größe messtechnisch problematisch realisiert werden wegen verschiedener Angulation. Der Ultraschall bleibt die bildgebende Diagnostik der ersten Wahl in der allgemein Diagnostik und in der Akutsituation (33; 34). Die exakte Steingröße kann nur mittels eines 3D-CT's präzise festgelegt werden (35).

1.6.2.3 Einführung des Instruments und Steinertrümmerung

Hiernach kann die Einlage eines 15/18 Charr. Amplatzschafte erfolgen. Der Amplatzschaft sichert permanent den Zugang zum Hohlsystem. Das 12 Charr. Nephroskop wird durch den Schaft geführt und vermeidet durch einen anhaltenden Abfluss der Spülflüssigkeit hohe intrarenale Drücke (31; 32). Für die Steindesintegration können verschiedene intrakorporale Methoden eingesetzt werden. Bei der sog. Ultraschalllithotripsie wird die Ultraschallenergie zur Steinertrümmerung genutzt. 1997 wurde eine erfolgreiche intrakorporale Ultraschalllithotripsie mit einer Energie zwischen 23-26 kHz durchgeführt. Durch elektrische Energie wird ein piezokeramisches Element zur Schwingung im Frequenzbereich zwischen 20-27 kHz angeregt. Durch Übertragung der Schwingungen auf eine Metallsonde und direkten Kontakt zum Stein kommt es über eine Resonanzfrequenz zur Desintegration des Steins durch die Entstehung einer Bohrwirkung (36). Desweiteren steht für die Lithotripsie die pneumatisch-ballistische Lithotripsie (LithoClast) zur Verfügung. Die durch einen Druckluftgenerator erzeugte Energie wird über eine Metallsonde auf den Stein übertragen, wodurch es zur Zertrümmerung kommt. Diese Form hat sich besonders bei harten Steinen als effektiv bewiesen. Im Rahmen der Mini-PCNL wird vorwiegend die Laserlithotripsie mit Holmium:YAG-Laser (Yttrium-Aluminium-Granat) verwendet. Die Steinfragmentation wird durch photothermische Effekte realisiert. Bei Kontakt der Faserspitze mit dem Stein kommt es zur Bohrung ei-

nes Lochs in den Stein bzw. zur Absplitterung von Steinfragmenten. Jedoch sind verschiedene Techniken der Lasereinstellung beschrieben: durch hohe Energie und niedrige Frequenz wird die Fragmentierung des Steins erreicht. Ebenso wird durch niedrige Energie und hohe Frequenz die sog. Stone dusting erzielt. Der Popkorn-Effekt entsteht durch hohe Energie und hohe Frequenz. Der Holmiumlaser kann in flexiblen und starren Endoskopen eingesetzt werden (37). Zur Steinextraktion ist weder ein Körbchen noch eine Fasszange erforderlich, da diese durch den Spülstrom, den sog. „Staubsaugeffekt“, ausgespült werden. Im Falle eines nicht erreichbaren Steins mit dem semirigidem Nephroskop kann ein flexibles Nephroskop eingebracht werden oder auch eine flexible Ureterorenoskopie (URS) erforderlich sein. Schließlich wird ein perkutaner Nephrostomiekatheter mit 12 Charr. zur Nierendrainage und Kompression des Nierenparenchyms und des Arbeitskanals nach Abschluss der Steinextraktion eingebracht. Bei korrekter Lage wird der Ballon mit 2ml Aqua dest. gefüllt. Hiernach ist eine Bilddokumentation mit KM angezeigt, um ein Paravasat auszuschließen und die Katheterlage abschließend zu beurteilen. Der Nephrostomiekatheter wird zur Vermeidung einer Dislokation mit einer Annaht im Hautniveau fixiert. Eine Second-look Operation kann bei Reststeinen oder nach Abbruch wegen Komplikationen, z.B. Extravasation bzw. Blutungen, notwendig werden (28; 32).

1.6.2.4 Postoperativer Verlauf

Der Nephrostomiekatheter dient als Sicherung des Urinabflusses im Falle einer Abflussbehinderung. Neben der Reduktion des Risikos einer Pyelonephritis stellt diese zudem eine Tamponade einer Blutung aus dem Arbeitskanal dar. Außerdem bietet die Nephrostomie einen günstigen Zugang zu den Kelchen bei einer Second-look-Operation bei bestehenden Restkonkrementen (32). Die präoperativ begonnene Antibiotikatherapie soll bis zur Entfernung der Nephrostomie weiter fortgeführt werden. Nach unauffälliger Nierenübersicht und antegrader Pyelographie erfolgt die Entfernung des Nephrostomiekatheters in der Regel am zweiten postoperativen Tag (38).

1.7 Fragestellung

Ziel dieser Arbeit ist die retrospektive Auswertung der therapeutischen Behandlungsmodalität der Nephrourolithiasis auf der Grundlage der durchgeführten minimal invasiven perkutanen Nephrolitholapaxie im Siloah St. Trudpert Klinikum im zeitlichen Verlauf von 2004 – 2014.

Ein Schwerpunkt der Untersuchung liegt darin, die Fragestellung zu klären, ob sich in diesem nicht selektierten Patientenkollektiv die Behandlung mit Mini-PCNL als effizient erweist. Hierbei sollen besonders die Indikation, Effizienz der Primärtherapie, Steingröße und –lokalisierung sowie Eingriffswiederholungsraten und Komplikationsraten betrachtet werden.

2 Patienten, Material und Methode

2.1 Studienpopulation

Es wurde eine retrospektive Analyse anonymisierter Daten aller konsekutiven Patienten, welche von 2004 bis 2014 an der urologischen Klinik des Siloah St. Trudpert Klinikums Pforzheim mit einer minimal invasiven Nephrolitholapaxie behandelt wurden. Die Patientenpopulation umfasste 970 Patienten aller Altersgruppen, welche als an Harnsteinleiden des oberen Harntraktes erkrankt identifiziert und mit Mini-PCNL therapiert wurde. Es ist kein Patient aus der Studie ausgeschlossen worden.

Die präoperative Evaluierung umfasste die Eigen-, Sozial- und Familienanamnese hinsichtlich Steinerkrankungen, bisher erfolgter Interventionen und des aktuell vorherrschenden Beschwerdebildes, welches sich durch den Stein abzeichnet. Daran schließt sich die gesamte körperliche Untersuchung, vorwiegend der Nierenlager beidseits, des Harnblasenscheitels, die inspektorische und palpatorische Untersuchung des äußeren Genitales sowie die digital rektale Untersuchung (DRU). Des Weiteren wird der Body-Mass-Index (BMI) miterfasst, welche die Relation zwischen Körpergewicht und Körpergröße eines Menschen anzeigt. Mithilfe folgender Formel kann diese Maßzahl errechnet werden:

$$BMI = \frac{\text{Körpergewicht (kg)}}{\text{Körpergröße (m)}^2}$$

Bei jedem Patienten wurde vor dem Eingriff ein Urinstatus ermittelt. Im Falle einer Bakteriurie wurde eine Urinkultur angelegt und testgerecht anbehandelt. Auch bei fehlendem Nachweis einer Bakteriurie wurden prophylaktisch einem Breitbandantibiotikum z.B. Cefuroxim gegeben. Die Labordiagnostik umfasst Parameter des kleinen Blutbildes, der Hämostaseologie mit Quick-Wert, PTT und INR, sowie der klinischen Chemie mit Retentionsparametern und Elektrolythaushalt.

Um das perioperative Risiko einzuschätzen, wurde bei jedem Patienten die sogenannte ASA-Klassifikation (American Society of Anaesthesiologists) herangezogen. Anhand dieses Scores wurden die Nebenerkrankungen in Schweregrade von 1-5 eingeteilt, welche in Tabelle 2 abgebildet werden.

Schweregrade	Symptome
ASA I	Normaler, gesunder Patient
ASA II	Leichte Allgemeinerkrankung ohne Leistungseinschränkung
ASA III	Schwere Allgemeinerkrankung mit Leistungseinschränkung
ASA IV	Schwere Allgemeinerkrankung, die mit oder ohne Operation das Leben des Patienten bedroht.
ASA V	Moribund, Tod innerhalb von 24 h mit oder ohne Operation zu erwarten

Tabelle 2: ASA-Klassifikation

2.2 Bildgebende Verfahren

Die Sonographie der Harnwege gibt Aufschluss über die Nierenlage, Steinlokalisation und –Größe und zeigt eine eventuell vorliegende Harnstauungsniere, Raumforderungen sowie Anomalien. Anhand dieser Untersuchungsart können der Harnblasenfüllungsstand, das Vorliegen eines Steines bzw. Tumors oder eines Divertikels erkannt werden. Zusätzlich kann mittels der Doppler-Funktion die Perfusion der Niere dargestellt werden.

Eine weitere wichtige Untersuchung im Rahmen der Diagnostik ist das Ausscheidungsrenographie (AUR), welches unter Zugabe von jodhaltigem KM durchgeführt wurde. Diese Untersuchung dient zur Beurteilung der Steingröße und Lokalisation sowie einer Harnabflussstörung, Anomalien oder Aussparungen.

In seltenen Fällen wurde zudem eine Computertomographie bei Vorhandensein einer KM-Allergie, bei Verdacht auf röntgen-negativen Stein oder bei besonderer Fragestellung und zur Reevaluierung des Steinzustandes nach einem primären Eingriff angefertigt.

2.3 Instrumentarium

Ein 12 Charr. Mini-Nephoskop mit einem Blickwinkel von 12 Grad wurde in allen Fällen angewandt. Der Amplatzschaft hat einen Innendurchmesser von 15 Charr. und einen Außendurchmesser von 18 Charr. Dieses Gerät wird von der Firma Richard Wolf, Knittlingen, Deutschland hergestellt. Die Lithotripsie erfolgte überwiegend mit einem Holmium YAG 600 μm . Desweiteren werden der „single-step“ Dilatator 15 Charr., ein Ureterballonkatheter 5 Charr. und 75 cm lang (Fa. Urotech), ein Lunderquist oder Terumo-Draht, Kontrastmittel versetzt mit Methylenblau sowie eine Ballonnephrostomie mit in der Regel 12 Charr. (Fa. Rüschi) benutzt. Fakultativ kam ein flexibles Nephroskop zur Anwendung. Das Ultraschallgerät mit integriertem Punktionskanal ist ein wichtiger Bestandteil zur Durchführung der Mini-PCNL. Insbesondere bei Vorliegen einer abnormen Lage der Niere, kann mit der Dopplerfunktion eine bessere Darstellung der Nierengefäße erfolgen.

2.4 Indikationen zur Mini-PCNL

Die Indikation zur Mini-PCNL als Primärtherapie wurde bei Nierensteinen ab einer Größe von >10 mm gestellt. Zudem kam das Verfahren bei Divertikelsteinen nach erfolgloser ESWL als Alternative zur flexible URS oder auch nach erfolgloser Therapie mit flexibler URS zum Einsatz.

2.5 Bestimmung der Steingröße

Der Begriff Steingröße wurde als der maximale Durchmesser des Steines definiert. Für die Bestimmung der Steingröße konnte die Sonographie, Nierenleeraufnahme und CT nativ angewandt werden. Die Steingröße dieser Arbeit wurde überwiegend anhand der Übersichtsaufnahme und Sonographie in Länge und Breite berechnet. Im seltenen Fall wurde die Messung durch natives Spiral-CT des Abdomen realisiert. Weitere bildgebende Verfahren z.B. retrograde Pyelographie und Kernspintomographie wurden nicht zur Bestimmung der Steingröße angewandt.

2.6 Durchführung der Mini-PCNL

Die Durchführung der Mini-PCNL erfolgte in zwei Schritten. Der erste Teil beinhaltete die retrograde Pyelographie mit dem Einbringen eines Ureterballonkatheters. Dieser Schritt erfolgte prinzipiell in Steinschnittlage. Nach Umlagerung des Patienten begann der zweite Teil, in welchem die perkutane Steinbehandlung durchgeführt wurde. Hier wurde der perkutane Zugang hergestellt und anschließend das Steinmaterial desintegriert und entfernt.

2.6.1 Retrograde Pyelographie in Rückenlage

Die retrograde Pyelographie wurde in Steinschnittlage nach sterilem Abwaschen und Abdecken des äußeren Genitales durchgeführt. Dadurch wurden weitere Pathologien, z.B. Harnleiterstrikturen, Dystopien, Tumoren, extrinsische Kompressionen oder auch das Vorhandensein von weiteren Steinen ausgeschlossen. Zuvor erfolgte die diagnostische Urethrozystoskopie zum Ausschluss einer pathologischen Veränderung der Harnblase. Der eingebrachte Ureterballonkatheter wurde mit 0,5-1 ml Kochsalz oberhalb des pyeloureteralem Übergangs oder im Einzelfall im proximalen Harnleiter geblockt, damit Steindesintergrate nicht in den Harnleiter dislozieren konnten. Nach der Urethrozystoskopie mit Einbringen eines Ureterballonkatheter wurde ein Harnblasenkatheter von 16 Charr. eingelegt (Siehe Abbildung 1). Als Röntgeneinheit wurde ein Uroskop Omina mit Fluorospot Compact (SPL5-350.621.02.01.01) mit einem Siemens Röntgenstrahler OPTITOP 150/40/80 HC-100 eingesetzt.

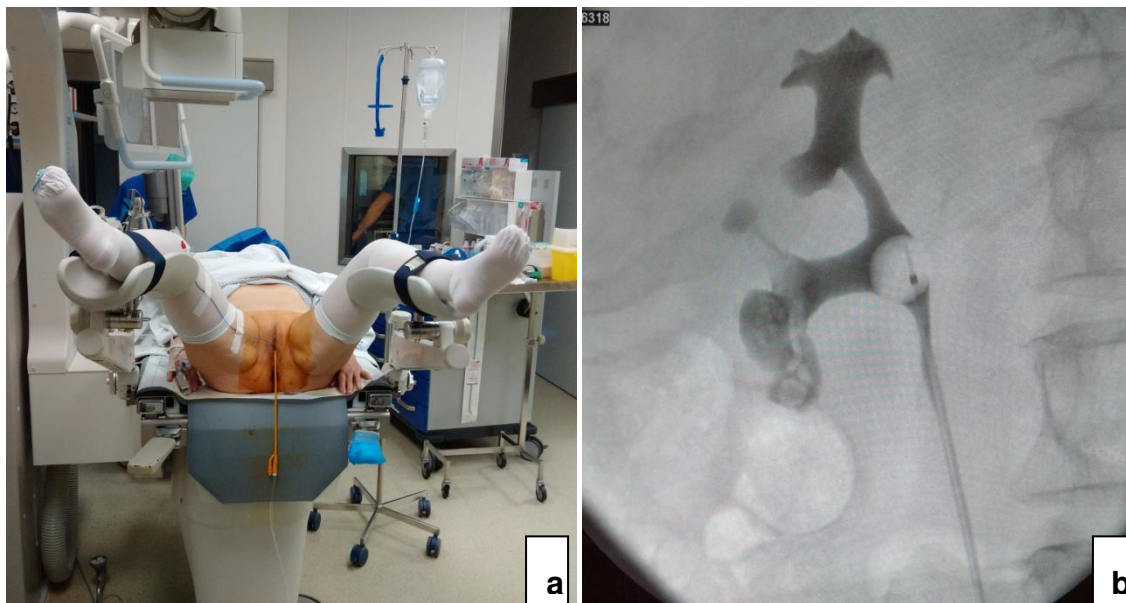


Abbildung 1: Lagerung und Durchleuchtung **a**: Lagerung in Steinschnittposition **b**: Retrograde Pyelographie rechts mit eingebrachtem Ureterballonkatheter.

2.6.2 Etablierung des Arbeitskanals

Nun wurde der Patient in Bauchlage mit Anhebung des Abdomens durch ein aufgeblasenes Rollenposter gelagert, was zur Aufwölbung des Rückens führte. Wichtig dabei ist, dass der Rücken sich aufwölbt, wodurch ein maximaler Abstand zwischen Spina iliaca posterior superior und 12. Rippe entsteht. Nach sterilem Abwaschen und Abdecken des Operationsfeldes erfolgten die sonographische Ortung der Niere sowie die Darstellung des Punktionswinkels (Siehe Abbildung 2). Prinzipiell wurde unter Durchleuchtung die Nadel auf die Haut gelegt und die Stichrichtung auf das gewünschte Kelchende festgelegt. Hiernach wurde eine Stichinzision der Haut vorgenommen und die Punktionsnadel in die untere Kelchgruppe unter andauernder sonographischer und radiologischer Kontrolle eingebracht. Die Punktion erfolgte in der hinteren Axillarlinie zwischen 12. Rippe und Beckenkamm in das Ende der unteren dorsalen Kelchgruppe. Zur Verifizierung der Punktion applizierten wir über den bereits liegenden UK das mit Methylenblau gemischte KM. Bei korrekter Punktion konnte KM über die Punktionsnadel ins Nierenbecken injiziert und gleichermaßen der Führungsdraht bis ins Nierenbecken vorgeschoben werden. Nun folgte das Einbrin-

gen des Single-Step-Dilatators unter Röntgenkontrolle zur Aufbougieung des Punktionskanals. Darüber wurde der Amplatz-Schaft eingebracht, woraufhin der Dilatator wieder entfernt werden konnte. Die Inspektion der Kelche wurde durch das Einführen des 12-Charr. Mini-Nephroskops durch den bereits platzierten Amplatz-Schaft gewährleistet.

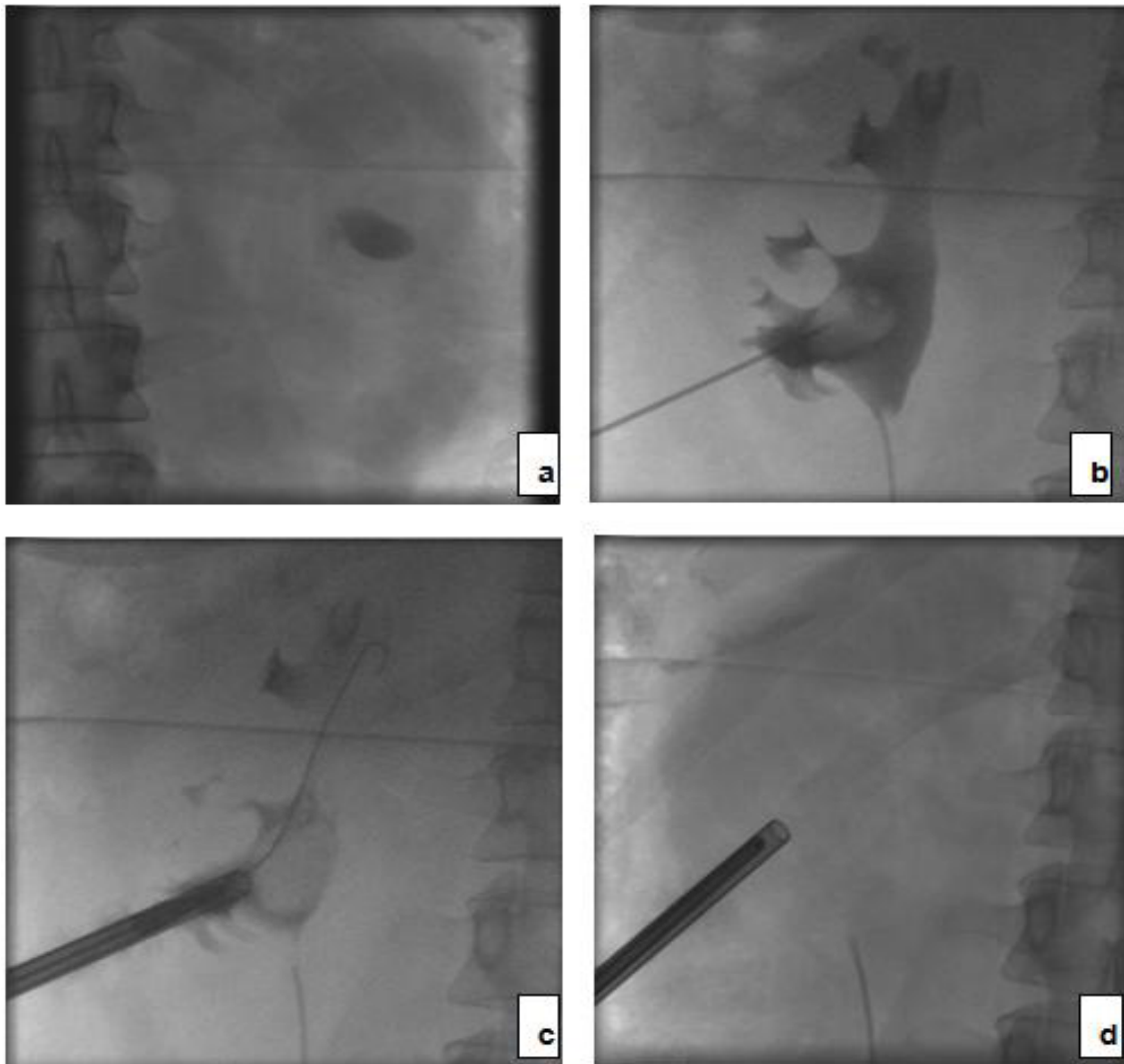


Abbildung 2: Punktion und Durchführung der Mini-PCNL **a**: Nierenbeckenstein links **b**: korrekte Punktion **c**: Führungsdraht und Einbringen des Gerätes **d**: Steinfrei nach Mini-PCNL.

Nach Darstellung des Steines erfolgte die intrakorporale Lithotripsie mittels Holmium-YAG-Laser. Die Steine wurden dabei in kleine Fragmente zertrümmert

und durch den Spülstrom hinaus gespült. War der Stein mit dem rigiden Mini-Nephroskop nicht erreichbar, wurde eine flexible URS durch den Amplatzschaff eingeführt. Anhand dieser konnten alle Kelche erreicht werden. In einigen Fällen kam die Multi-Trakt-PCNL zum Einsatz, indem ein weiterer Zugang etabliert wurde; insbesondere bei Patienten mit großer Steinlast. Nach der Steindesintegration und Entfernung applizierten wir erneut KM, um Reststeine auszuschließen. Hiernach konnte der Patient als endoskopisch und radiologisch steinfrei deklariert werden. Abschließend wurde ein Nephrostomie-Katheter, i.d.R. von 12 Charr., eingelegt, welcher dem Harnabfluss diente und gleichzeitig konnte der Zugang für den Fall eines Wiederholungseingriffs offen gehalten werden.

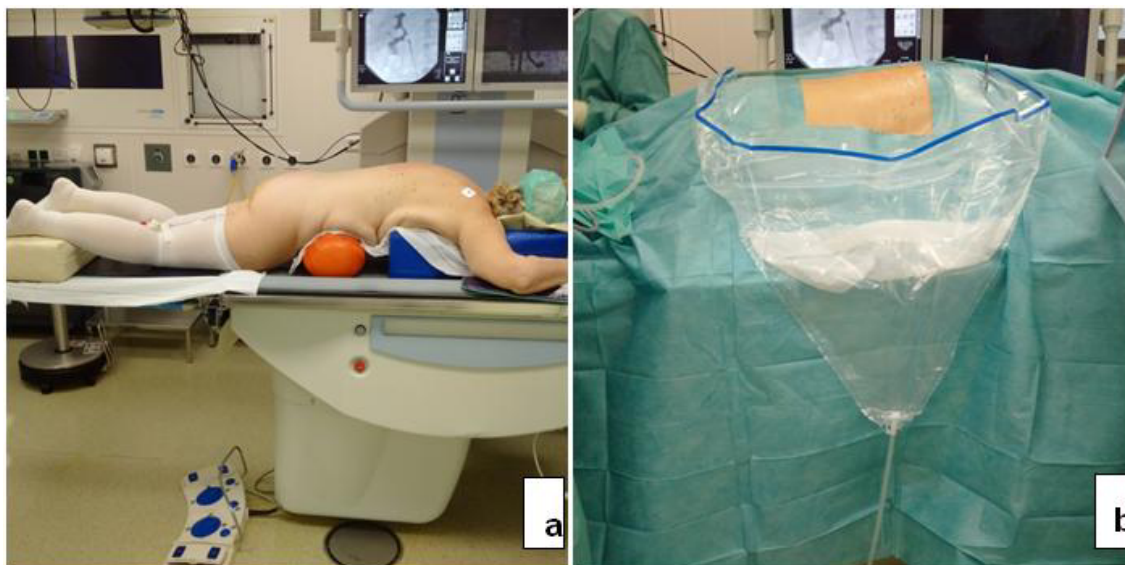


Abbildung 3: Bauchlagerung und Abdeckung
a: Aufwölbung des Rückens durch aufgeblasenes Rollposter **b:** Steriles Abdecken des Operationsfeldes.

2.6.3 Datenerfassungsbogen zur perkutanen Operationsverfahren

Anhand eines klinikintern erstellten Fragebogens wurden folgenden Aspekte direkt nach der Operation erfasst: Patientenaufkleber, Operationsdatum und –dauer, Art des Eingriffes, Erst- oder Folgeeingriff, Steinlokalisierung, Steingröße, verwendete Instrumentarium und seine Größe, Art der Harnableitung, Angaben

zur Steinfreiheit sowie Besonderheiten bezüglich der Operation. (Siehe Anhang)

2.6.4 Definition der Operationsdauer

Die Operationsdauer bezieht sich auf die Zeit ab der Stichinzision der Haut nach der Umlagerung des Patienten auf den Bauch bis ausschließlich die Einlage einer Ballon-Nephrostomie (in der Regel 12 Charr.).

2.6.5 Postoperativer Verlauf

Nach Durchführung der Mini-PCNL wurde jeder Patient für 24 h im urologischen Wachzimmer unter Monitoring der Vitalparameter überwacht. Der Nephrostomie-Katheter wurde zwei Tage in situ belassen und am 1. postoperativen Tag verschlossen, sowie der Harnblasendauerkatheter entfernt. Zudem erfolgte am 1. postoperativen Tag eine Nierenleeraufnahme zum Ausschluss von Reststeinen. Gegebenenfalls wurde, besonders bei röntgen-negativen Steinen, eine Computertomographie (CT) vorgenommen. Die sonographische Kontrolle diente desweiteren zum Ausschluss von Reststeinen, eines Hämatoms oder Urinoms. Bei Beschwerdefreiheit wurde bei jedem Patienten am zweiten postoperativen Tag die antegrade Pyelographie zum Ausschluss einer Harnabflussstörung bzw. von Reststeinen durchgeführt. Bei unauffälligem Befund konnte der Nephrostomie-Katheter entfernt werden. Wenn ein Restkonkrement bei einem Patienten nachgewiesen wurde, schloss sich ein Wiederholungseingriff an. Ebenso konnte bei bestehender Harnabflussstörung infolge eines Steines im Harnleiter eine DJ-Schiene eingelegt werden. Hiernach wurde der Wiederholungseingriff zur Entfernung des Reststeines geplant worden, welcher als sogenannter „Second-Look“-Eingriff bezeichnet wird. Prinzipiell sollte der Wiederholungseingriff frühestens nach 48 Stunden erfolgen. In diesem Fall kamen das rigide Mini-Nephroskop oder die flexible URS durch den Amplatzschaft zum Einsatz. Bei Vorliegen von Steinen im Harnleiter konnten diese durch die retrograde URS entfernt oder zurück in die Niere verbracht werden, welche anschließend mit dem Mini-Nephroskop oder mit der antegraden flexiblen URS entfernt wurden.

2.6.6 Intra- und postoperative Komplikationen

Komplikationen sind unerwünschte Folgen des Eingriffs, welche den intra- und postoperativen Verlauf unvorteilhaft beeinflussen können.

Die Perforation des Nierenbeckens ohne Verletzung von Nachbarorganen trat am meisten bei der Punktion, beim Aufbougieieren des Arbeitskanals, während der Nephrostomieplatzierung oder bei der Steinertrümmerung auf. Als therapeutische Maßnahme ist darauf der Nephrostomie-Katheter 2-3 Tage länger als üblich belassen worden. Sehr selten traten während oder nach der Mini-PCNL starke Blutungen auf. Waren diese nicht konservativ beherrschbar, wurde ein interventioneller radiologischer Eingriff im Sinne einer Embolisation herangezogen. Zu den intraoperativen Komplikationen gehörten die Einschwemmung von Spülflüssigkeit, Drahtbruch sowie die Dislokation des Amplatzschafes mit fehlender Drainage des Hohlsystems.

Die häufigste postoperative Komplikation war das Auftreten von fieberhaften Pyelonephritiden, welche in einigen Fällen in eine Urosepsis übergingen. Bei einer signifikanten postoperativen Blutung mit Hämoglobinabfall unter 8,0 g/dl schloss sich nach vorheriger Prüfung des präoperativen Zustandes eine Transfusion von Erythrozytenkonzentraten an. Bei einem Patienten trat am ersten postoperativen Tag ein ischämischer Insult auf. Dieser seltene Fall wurde interdisziplinär therapiert. Ferner wurde eine Abszessbildung im Bereich der Punktionstelle beobachtet. Eine Schwellung des pyeloureteralen Übergangs wurde ebenfalls dokumentiert, worauf eine DJ-Schiene eingelegt wurde. Zu den späteren Komplikationen gehörte die Bildung einer Harnleiterstriktur mit Flankenschmerzen und Harnabflusstörung.

2.7 Pflegestandard

Der Pflegestandard stellt die perioperative Chronographie der Aufgaben des Pflegepersonals dar, dessen Ziel es ist, dem Patienten Sicherheit durch kompetente Betreuung und Pflege zu vermitteln. Zudem wurden u.a. die postoperativen Komplikationen z.B. Nachblutung, Blutdruckentgleisung, Hämatom und Infektionen vermieden bzw. rechtzeitig erkannt und entsprechend behandelt.

Anordnung durch Arzt	Pflegestandard
<p><u>Vorstationär</u></p> <p>komplettes Labor</p> <p>Ausscheidungsurogramm</p> <p>Antibiotische Therapie</p> <p>Niedermolekulares Heparin subkutan</p>	<p><u>Vorstationär</u></p> <p>Blutabnahme</p> <p>Ausscheidungsurogramm</p> <p>Vitalzeichenkontrolle mit Blutdruckmessung, Pulsmessung, Temperaturmessung</p> <p>EKG, Röntgen-Thorax (Bei Patienten über 40 Jahre alt)</p> <p>Urinstatus eventuell Urinkultur</p>
<p><u>Operationstag</u></p> <p>Infusion mit Nacl 0,9% oder Jono steril</p> <p>Laborkontrolle</p> <p>Schmerztherapie mit Novaminsulfon 2,5g, 2 Ampullen Buscopan in 250 ml Nacl 0,9%.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3-6 mg Dipidolor i.v als Bolus oder 15 mg Dipidolor in 1000 ml Nacl 0,9% <p>Visite nach dem Eingriff</p>	<p><u>Operationstag</u></p> <p>Patientenidentifikationsband</p> <p>Vitalzeichenkontrolle mit Blutdruckmessung, Pulsmessung, Temperaturmessung</p> <p>Tragen von Antithrombosestrümpfen bis zur Entlassung</p> <p>Rasur des Operationsfeldes</p> <p>Prämedikation mit Lorazepam</p> <p>Postoperativ: Intensivüberwachungseinheit im urologischen Wachzimmer</p> <p>Monitoring</p> <p>Temperaturkontrolle zweimal täglich</p> <p>Ein- und Ausfuhrkontrolle</p> <p>Wundverbandkontrolle</p> <p>Schmerzüberwachung</p> <p>Kontrolle der Urinverhältnisse (Auf Koagel wird geachtet) ggf. Anspülen mit Nacl 0,9 %</p>
<p><u>1.postoperativer Tag</u></p> <p>Visite</p> <p>Blasendauerkatheter Entfernung mit Verschluss des Nierenfistelkatheters</p>	<p><u>1. postoperativer Tag</u></p> <p>Wundverbandkontrolle</p> <p>Schmerzüberwachung</p> <p>Monitoring</p>

Analgetika bei Bedarf Fortführung des Antibiotikum Verlegung in die Normalstation	Temperaturkontrolle zweimal täglich Ein- und Ausfuhrkontrolle Individuelle Unterstützung bei der Mobilisation Pneumonie, Thromboembolie- bzw. Dekubitusprophylaxe Blasendauerkatheterentfernung und Ver- schluss des Nierenfistelkatheters
<u>2. postoperativer Tag</u> Antegrade Pyelographie mit Entfernung des Nierenfistelkatheters	<u>2. postoperativer Tag</u> Vitalzeichenkontrolle Verbandkontrolle und Wechsel Sandsack auf Austrittsstelle
<u>3. postoperativer Tag</u> Entlassung aus der stationären Behand- lung	<u>3. postoperativer Tag</u> Vitalzeichenkontrolle Verbandkontrolle und Wechsel

Tabelle 3: Pflegestandard bei Mini-PCNL

2.8 Definition der Steinfreiheit

Der Begriff Steinfreiheit bezieht sich auf einen nach der Therapie mit Mini-PCNL nicht mehr nachweisbaren Stein in der Harntraktübersichtsaufnahme oder antegraden Nephrographie bzw. endoskopisch sowie computertomographisch gesicherte kleinste technisch nicht extrahierbare Steine. Dies erfolgte vor der Entlassung aus der stationären Behandlung. Patienten mit Steinen dieser Größe wurden als steinfrei deklariert, da diese klinisch insignifikant und spontan abgangsfähig waren. Die Harntraktübersichtsaufnahme war die Methode der Wahl, da der Patient weniger Strahlung ausgesetzt ist und sie des weiteren kostengünstiger, weniger aufwendig und schneller verfügbar war.

2.9 Weitere Aspekte

Als Primärbehandlung wurde die erste Mini-PCNL des zu behandelnden Steines angesehen. Jeder nachfolgende Eingriff wurde als Wiederholungseingriff angesehen.

Unter den adjuvanten Maßnahmen wurden Prozeduren erfasst, die postoperativ durchgeführt wurden und im Zusammenhang mit der Primärbehandlung standen, wie z.B. DJ- Einlage wegen Harnabflussstörung infolge eines Steines, Blutkoagels oder auch einer Verschwelung.

2.10 Statistik

Alle studienrelevanten Daten wurden in einer Excel-Datenbank aufgenommen und ausgewertet. Die Auswertungen wurden mit der Software R (R Core 2016) <https://www.r-project.org/> durchgeführt (39). Die deskriptive Datenauswertung der Statistik wurde berechnet. Die Darstellung der Daten erfolgte entsprechend in Prozentangaben und Zahlenwerten in Bezug zum Gesamtkollektiv.

3 Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die ermittelten Ergebnisse beschrieben und dargestellt.

3.1 Anzahl der ausgewerteten Fälle pro Jahr

Die Gesamtzahl der über die Software R (R Core 2016) ausgewerteten Fälle für den Beobachtungszeitraum von 2004 bis 2014 betrug 970 durchgeführte Mini-PCNL bei 928 Patienten. Davon wurden 42 Patienten wegen eines Steinrezidivs mehrfach primär behandelt. Dabei erfolgten bei 21 Patienten aufgrund eines beidseitigen Rezidivsteinleidens, sowie bei 21 Patienten wegen eines ipsilateralen (8 rechts, 13 links) Rezidivsteines in dem genannten Zeitraum behandelt. Die Patientenanzahl pro Jahr zeigte sich schwankend, jedoch mit insgesamt steigendem Trend (Abb. 3, Tab. 4).

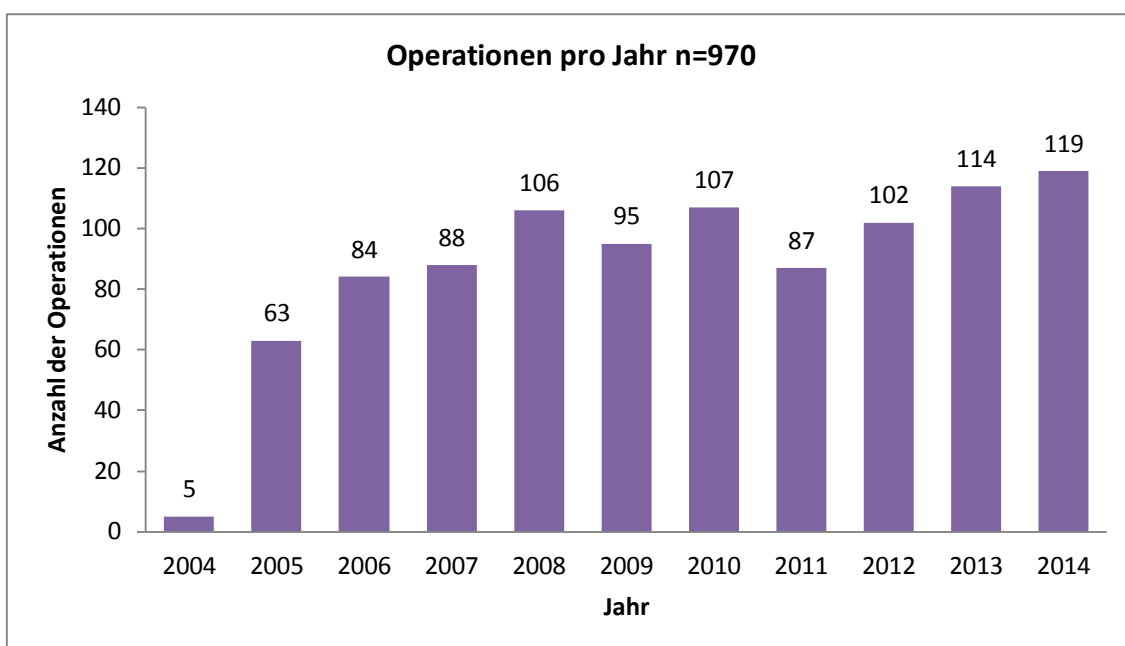


Abbildung 4: Anzahl aller untersuchten Fälle pro Jahr

Jahr	Fallzahl	Fallzahl %	Trend %
2004	5	0,52	0,52
2005	63	6,49	5,98
2006	84	8,66	2,16
2007	88	9,07	0,41
2008	106	10,93	1,86
2009	95	9,79	-1,13
2010	107	11,03	1,24
2011	87	8,97	-2,06
2012	102	10,52	1,55
2013	114	11,75	1,24
2014	119	12,27	0,52

Tabelle 4: Fallzahl pro Jahr

3.2 Wiederbehandlung durch Mini-PCNL wegen Rezidivsteinen

Insgesamt kam es bei 42 Patienten (4,3%) zur erneuten Behandlung aufgrund von Rezidivsteinen. Davon waren 22 Frauen und 20 Männer mit Mini-PCNL behandelt worden. Ein Patient stellt sich zehn Mal erneut vor, ein Patient fünfmal, 2 Patienten jeweils viermal, 2 Patienten je dreimal und 36 Patienten je zweimal (Abb. 4)

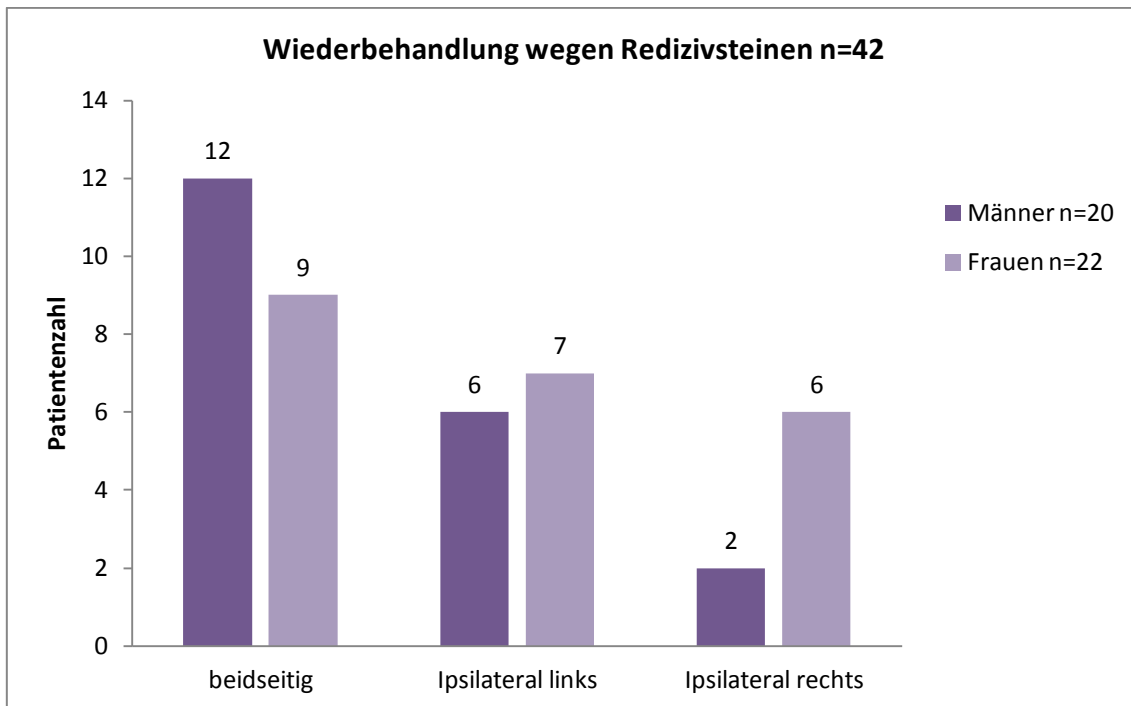


Abbildung 5: Anzahl der operierten Rezidivsteinbildner

3.3 Geschlechts- und Altersverteilung

Von den 970 untersuchten Fällen waren 570 (58,8%) männlichen und 400 (41,2%) weiblichen Geschlechts. Der jüngste Patient war 6 Jahre alt und der älteste 89 Jahre alt. Das Durchschnittsalter insgesamt lag bei 55,3 Jahren. Bei Männern betrug das Durchschnittsalter 55,1 Jahre, bei Frauen lag dieses bei 55,3 Jahren (Abb. 5)

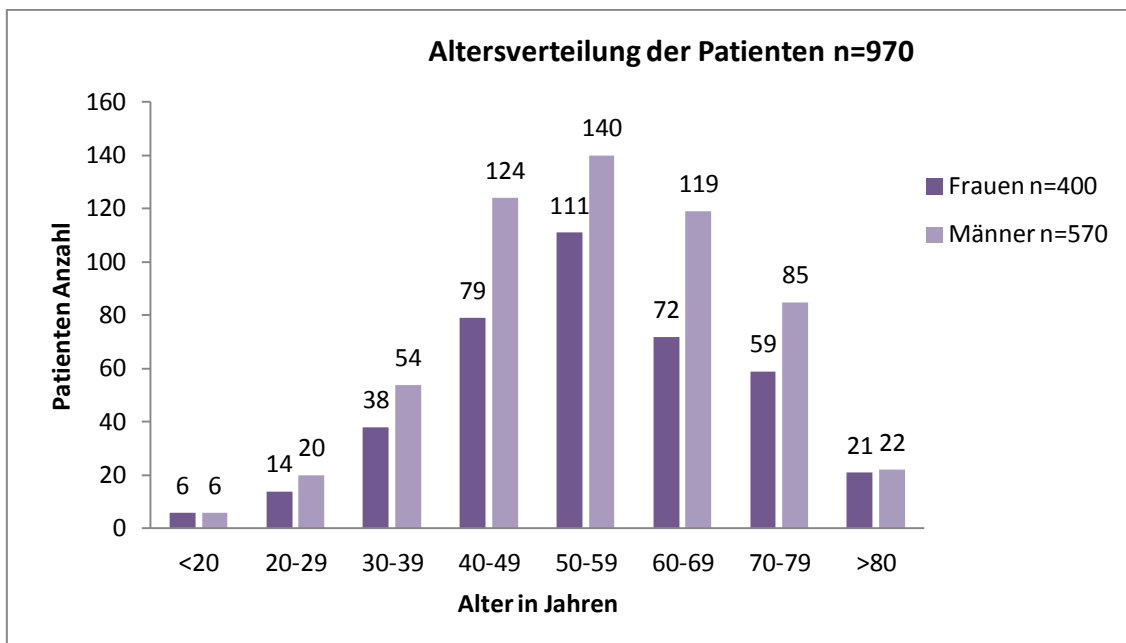


Abbildung 6: Alters- und Geschlechtsverteilung der operierten Patienten

3.3.1 Body Maß Index

Bei 274 Patienten wurde der BMI anhand folgender Formel ermittelt: Körpergewicht (kg) / Körpergröße (m)². Bei den meisten Patienten lag der BMI über 25 kg/m² und damit sind sie laut WHO Definition übergewichtig Ein BMI >30 kg/m² wird als Adipositas bezeichnet (Abb.6). Die gesamte Anzahl betrug 76 Patienten. Davon wurden 2 Patienten (2,6%) nicht steinfrei. Bei 15 Patienten (19,7%) wurde mindestens ein Wiederholungseingriff vorgenommen. Die Durchschnittliche Operationszeit bei diesen Patienten lag bei 65 ± 33 min und bei den übrigen Patienten 62 ± 31 min.

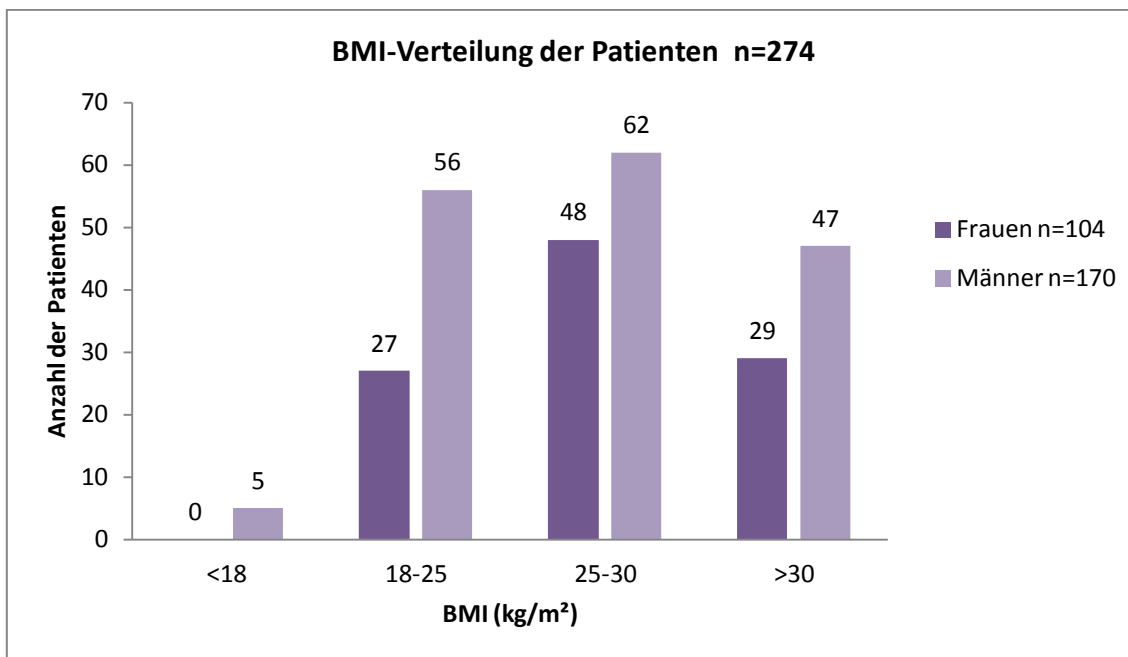


Abbildung 7: Verteilung des Patienten-BMI

3.4 Steingröße und -verteilung

Die durchschnittliche Steinfläche belief sich auf 4,7 cm², wobei der größte Stein 6,3 cm² maß und der kleinste 0,04 cm². Steine mit einer Fläche von ≤ 5 cm² kamen in 661 Fällen vor und in 309 Fällen waren Steine über 5 cm² zu verzeichnen. Die Steine traten bei den untersuchten Fällen überwiegend linksseitig auf, sowohl bei Frauen 217 (22,4%) als auch bei Männern 354 (36,5%) (Tab.5)

Geschlecht	linke Seite	rechte Seite
Frauen	217	183
Männer	354	216
Gesamt	571	399

Tabelle 5: Seitenlokalisierung

Bezüglich der Steinlokalisierung waren die meisten Steine mit einer Anzahl von 436 (44,9 %) in den Nierenkelchen vorzufinden. Davon waren 282 solitär und

154 multiple Steine. Der Begriff multiple Kelchsteine umfasst dabei die Kombination von zwei oder mehr der folgenden Lokalisationen: Obere (OKG), mittlere (MKG), untere Kelchgruppe (UKG) sowie Nierenbecken (NB). Die Divertikelsteine kamen in 38 Fällen (4 %) vor. 289 (29,8 %) wurden im Nierenbecken vorgefunden (Abb.7)

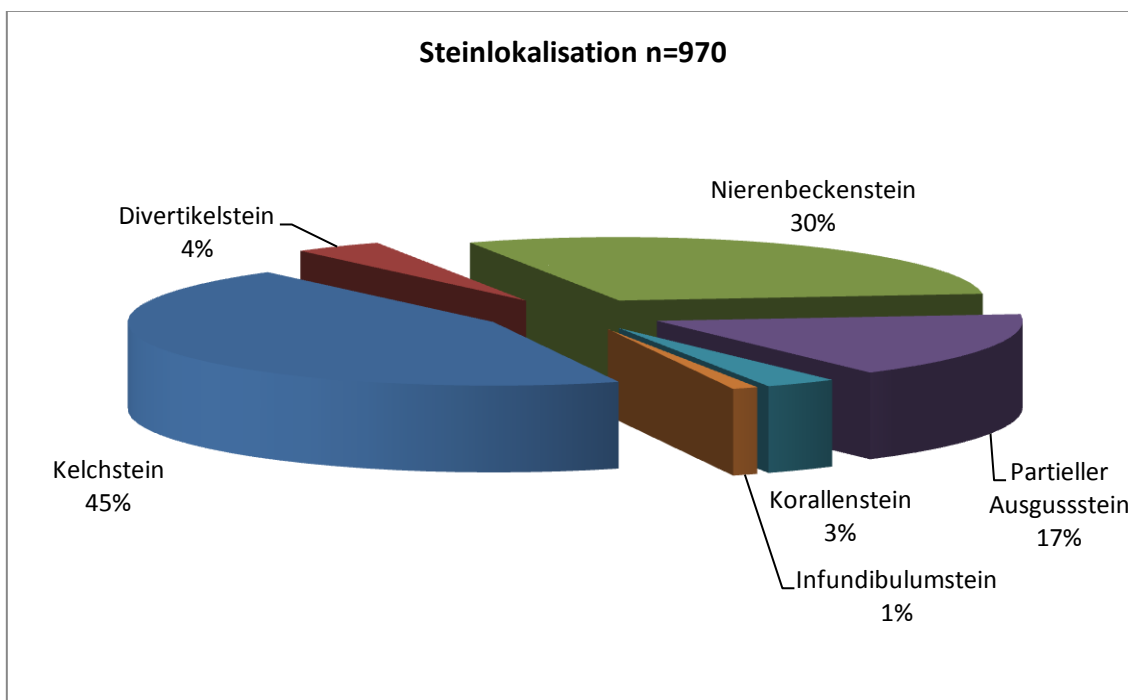


Abbildung 8: Steinlokalisierung bei Primärbehandlung

Die Summe der gesamten partiellen Ausgusssteine belief sich auf 163 (16,8 %). Diese setzen sich aus den partiellen Ausgusssteinen der OKG (21 Fälle), den partiellen Ausgusssteinen der MKG (10 Fälle), partiellen Ausgusssteinen der UKG (46 Fälle) und den partiellen Nierenbeckenausgusssteinen (86 Fälle).

Steinlokalisierung	Zahl	Prozent (%)
solitäre Nierenkelchsteine	282	29,1
multiple Nierenkelchsteine	154	15,9
Nierenbeckenstein	291	30,0
partielle OKG-Steine	21	2,2
partielle MKG-Steine	10	1,0
partielle UKG-Steine	46	4,7
partielle NB-Steine	86	8,9
Infundibulumsteine	11	1,1
Divertikelsteine	38	3,9
Korallensteine	31	3,2

Tabelle 6: Steinlokalisierung

Partielle Ausgusssteine wurden am meisten im Nierenbecken vorgefunden und am wenigsten in der mittleren Kelchgruppen. Korallensteine zeigten sich in 31 (3,2%) sowie Infundibulumsteine in 11 Fällen (1,1 %) (Tabelle 6). Insgesamt waren 194 Fälle mit Ausgussstein zu verzeichnen. Davon konnte bei 9 Patienten keine Steinfreiheit erzielt werden und 64 Fälle hatten mindestens einen Wiederholungseingriff.

3.5 Operationsdauer

Im Patientenkollektiv $n= 970$ betrug die durchschnittliche Operationsdauer $62,39 \pm 31$ min. Dabei lag die niedrigste Operationsdauer bei 10 min. und die höchste bei 210 min. Alle Eingriffe wurden in Bauchlage durchgeführt. Die Operationsdauer variierte in Abhängigkeit von der Steingroße (Abb.8).

Die durchschnittliche Operationszeit bei Steinen $<5 \text{ cm}^2$ betrug $55,2 \pm 26,4 \text{ min.}$, während dieser bei Steinen $>5 \text{ cm}^2$ $73,8 \pm 34,2 \text{ min.}$ lag. Unter Anwendung von Multitrakt Mini-PCNL betrug die durchschnittliche Operationszeit $94,5 \pm 28,9 \text{ min.}$

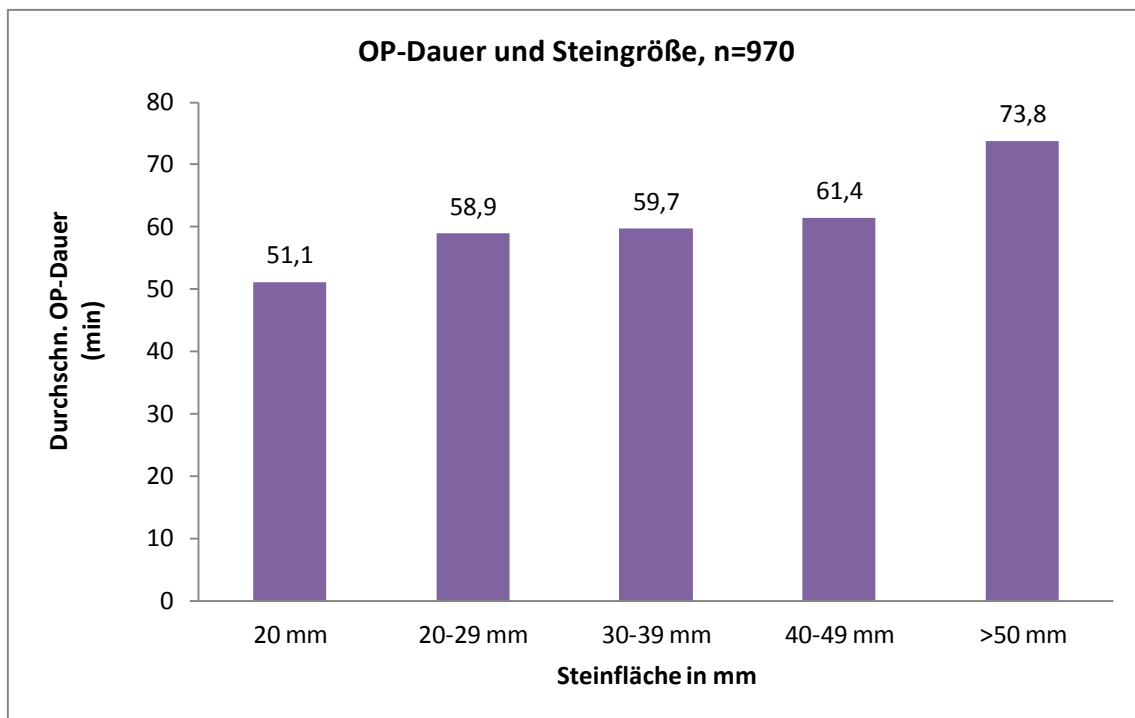


Abbildung 9: Operationsdauer in Relation zur Steingröße

Es traten Steine $< 20 \text{ mm}$ bei 309 Patienten, Steine $20\text{-}29 \text{ mm}$ bei 118 Patienten, Steine $30\text{-}39 \text{ mm}$ bei 101 Patienten, Steine $40\text{-}49 \text{ mm}$ bei 64 Patienten und Steine $> 50 \text{ mm}$ bei 378 Patienten, auf. Die Operationsdauer nimmt mit steigender Steingröße zu (Tab.7).

Steingröße (mm)	Patientenzahl	durchschnittliche Operationsdauer (min)
<20	309	51,1 ± 24,4
20-29	118	58,9 ± 27,3
30-39	101	59,7 ± 27,4
40-49	64	61,4 ± 29,7
>50	378	73,8 ± 34,2

Tabelle 7: Durchschnittliche Operationsdauer bezüglich der Steingröße

3.6 Steinfreiheit und Wiederholungseingriffe

Insgesamt konnte Steinfreiheit bei 948 Patienten (97,7%) erreicht werden. Bei 755 Patienten (77,8%) erfolgte die Mini-PCNL ohne dass ein Wiederholungseingriff notwendig wurde. In 741 Fällen (76,4%) wurde mit einem Eingriff eine endoskopisch sowie radiologisch verifizierte Steinfreiheit hergestellt. Bei 14 Patienten (1,4%) konnte keine Steinfreiheit erzielt werden.

Die Wiederholungseingriffe erfolgten bei 215 Patienten (22,2%). Davon wurde in 207 Fällen Steinfreiheit erreicht. In 166 Fällen wurde ein Wiederholungseingriff, in 37 Fällen 2, in 9 Fällen 3, einmal 4, einmal 5 sowie einmal 7 Wiederholungseingriffe notwendig. Bei 166 Fällen erfolgte ein Wiederholungseingriff im Sinne einer Mini-PCNL mit erzielter Steinfreiheit. In 39 Fällen wurde die Steinfreiheit zusätzlich mithilfe einer URS erzielt (29 flexible URS, 10 rigide URS). Eine konventionelle PCNL führte als Wiederholungseingriff führte bei einem Patienten zur Steinfreiheit. Bei einem Patienten war der Einsatz einer ESWL mit erzielter Steinfreiheit notwendig (Abb. 9).

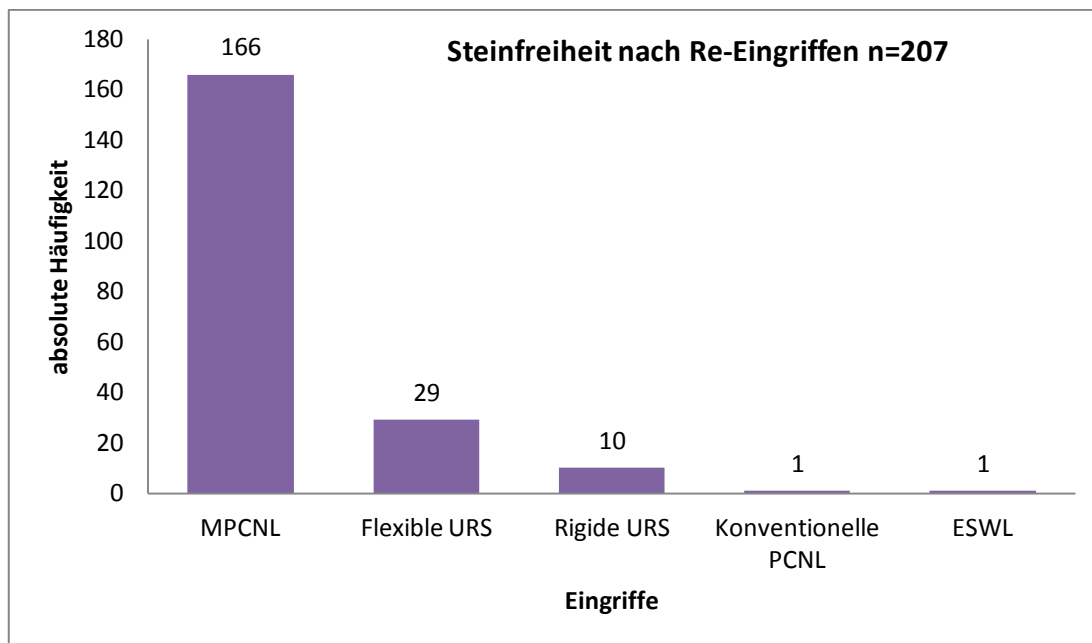


Abbildung 10: Art der Re-Eingriffe mit Steinfreiheit

Insgesamt erhielten 11 Patienten im Rahmen der Wiederholungseingriffe eine Kombinationstherapie. Davon wurde bei 9 Patienten eine Kombination aus Mini-PCNL und flexibler URS, in einem Fall aus Mini-PCNL und rigider URS und in einem Fall aus Mini-PCNL und ESWL angewandt. Bei allen Divertikelsteinen konnte Steinfreiheit erreicht werden. Dabei wurde ein einmaliger Wiederholungseingriff mittels Mini-PCNL bei 4 Fällen durchgeführt.

Eine Multitrakt Mini-PCNL erfolgte in 10 Fällen. Mittels einer Zwei-Trakt Mini-PCNL wurde in 8 Fällen erfolgreich Steinfreiheit erreicht und konnte in einem Fall nicht erreicht werden. Die Drei-Trakt Mini-PCNL wurde einmal erfolgreich mit erzielter Steinfreiheit, eingesetzt (Abb. 10). In 5 Fällen einer Drei-Trakt Mini-PCNL wurden Wiederholungseingriffe notwendig.

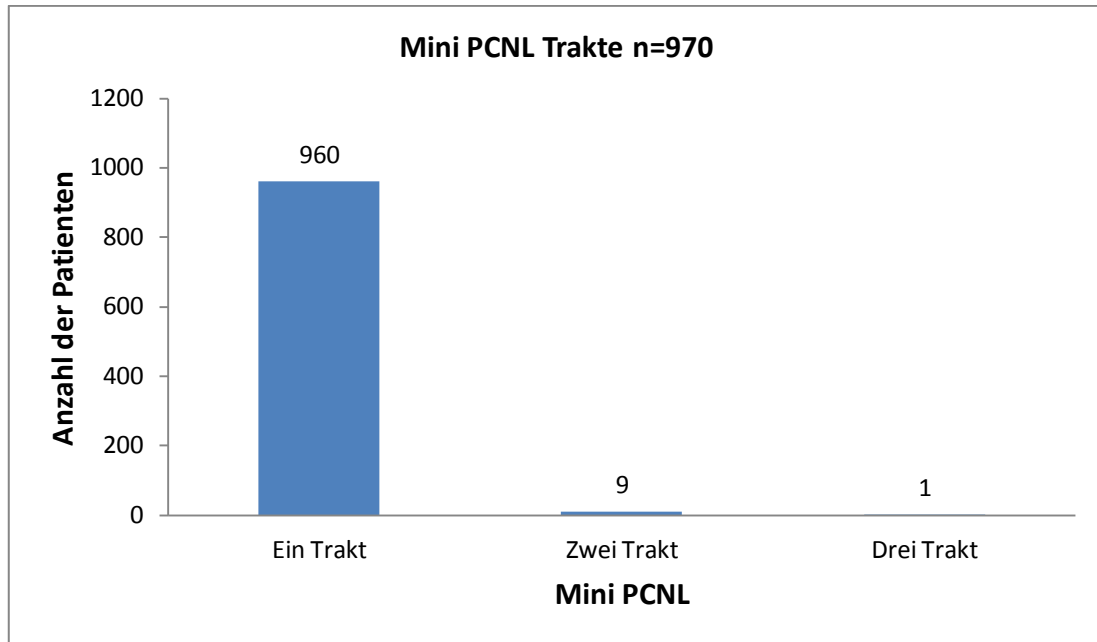


Abbildung 11: Mini-PCNL Trakte

3.7 Stationäre Verweildauer

Die Krankenhausverweildauer belief sich im Durchschnitt auf 9,4 Tage. Im untersuchten Zeitraum zeigt sich zunehmend ein Trend zur kürzeren Verweildauer, wie die Abbildung 11 verdeutlicht. Die durchschnittliche Krankhausdauer bei Multitrakt Mini-PCNL betrug 13,2 Tage.

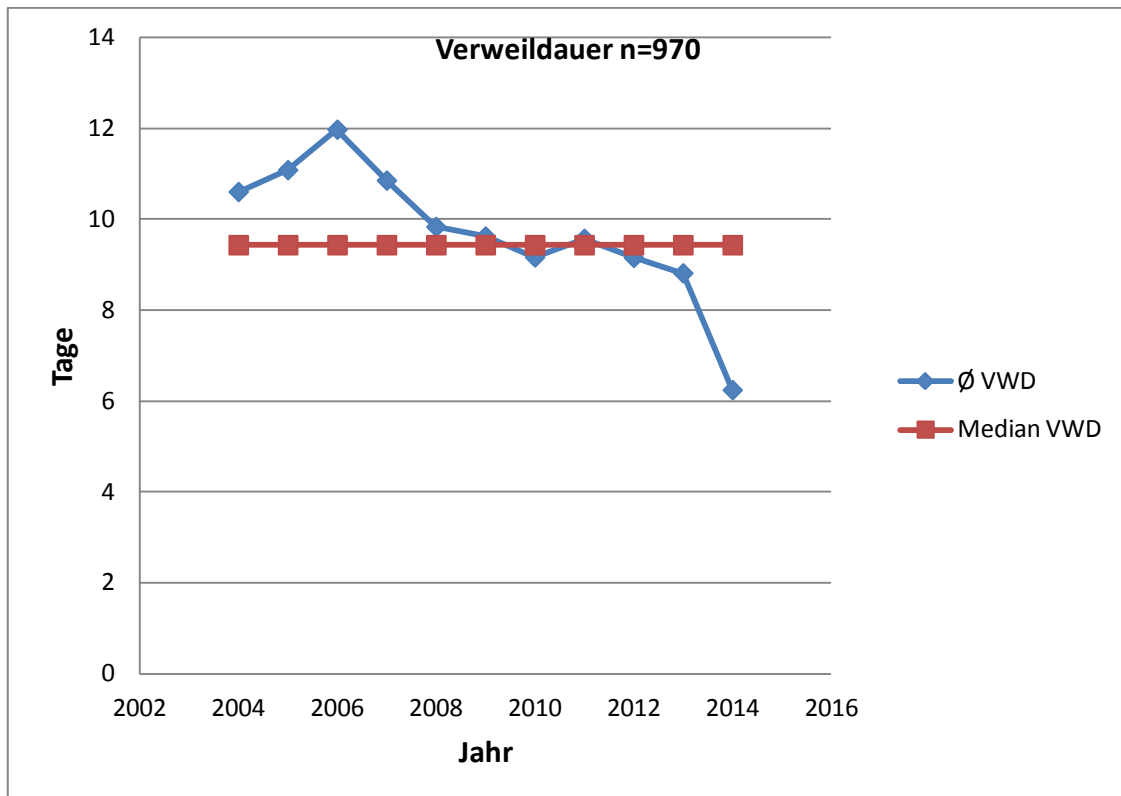


Abbildung 12: Krankenhausverweildauer der Patienten pro Jahr

3.8 Perioperative Harnableitung

Bei 51 Patienten (5,3%) wurde im Rahmen des perioperativen Verlaufes eine DJ-Schiene eingelegt. Davon war in 14 Fällen (1,4%) die Einlage einer DJ-Schiene präoperativ, in 3 Fällen (0,3%) intraoperativ sowie in 34 Fällen (3,5%) postoperativ erforderlich (Abb. 12). Alle Patienten erhielten postoperativ einen Nephrostomie- Katheter. Dieser wurde in der Regel am zweiten postoperativen Tag entfernt.

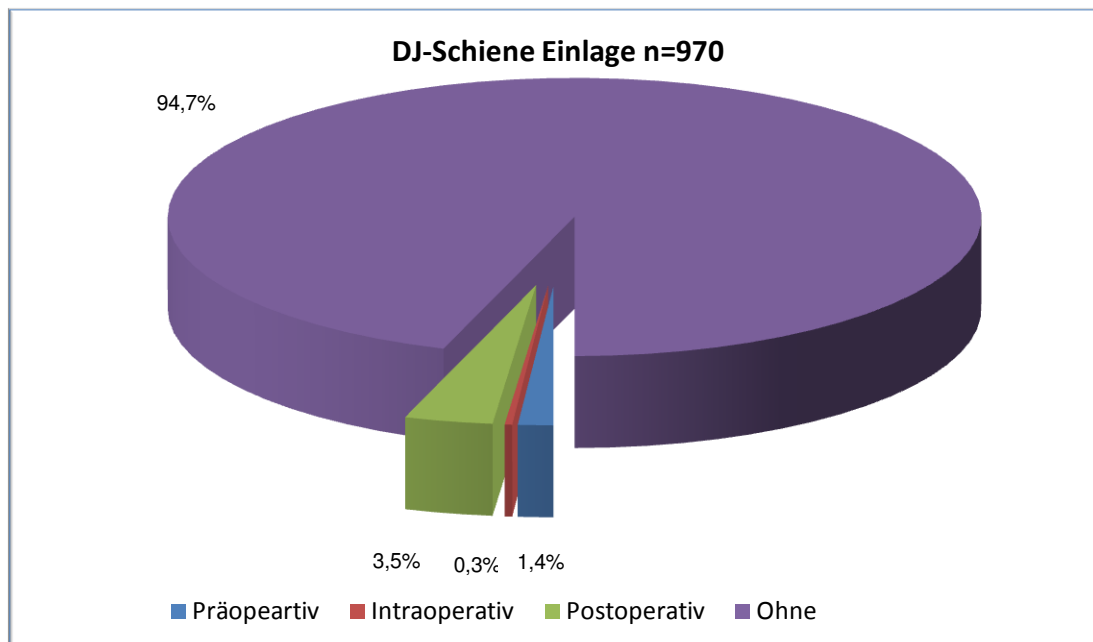


Abbildung 13: Perioperative Harnleiterstent-Versorgung

3.9 Komplikationen

Die gesamten intra- und postoperativen Komplikationen waren in 121 Fällen (12,5%) festzustellen. Davon traten 21 intraoperativ und 100 postoperativ auf.

3.9.1 Intraoperativen Komplikationen

In 24 Fällen (2,4%) traten intraoperativ Komplikationen auf. Bei 10 Patienten (1,0%) wurde eine intraoperative Blutung beobachtet. In 3 Fällen (0,3%) wurde der Eingriff wegen starker Blutung mit daraus resultierenden mangelnden Sichtverhältnissen abgebrochen. Bei 8 Patienten (0,8%) wurde im Rahmen des Eingriffes der Harnleiter perforiert. Drahtbrüche aufgrund eines Materialfehlers ereigneten sich in 2 (0,2%) Fällen. In einem Fall ergab sich Verlust des perkutanen Zuganges (Abb. 13).

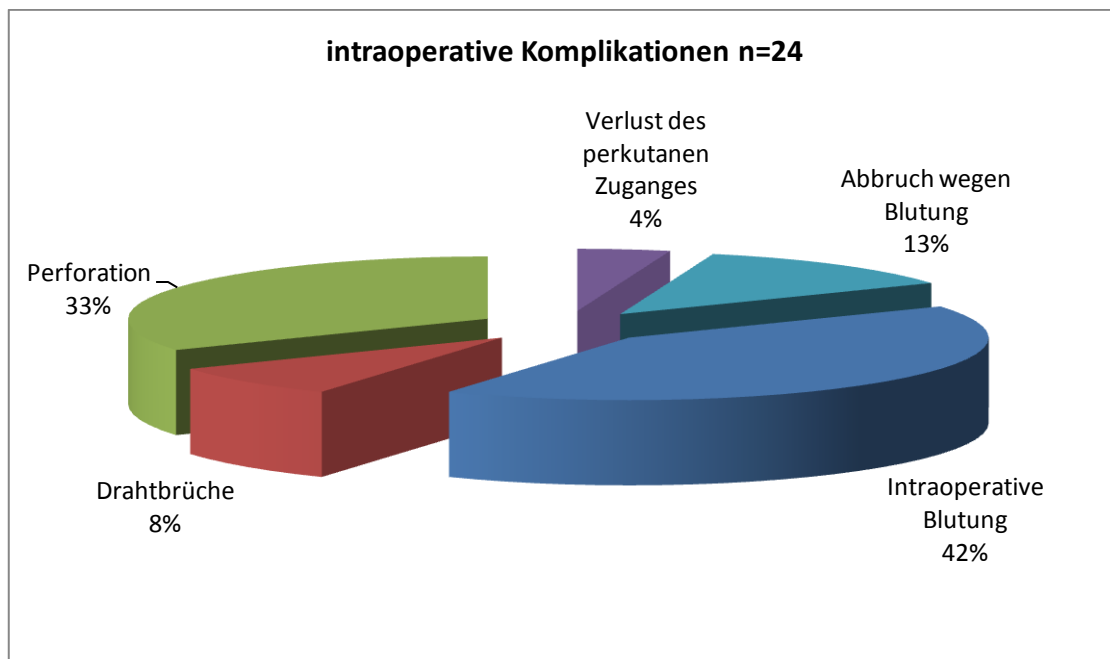


Abbildung 14: intraoperative Komplikationen

3.9.2 Postoperative Komplikationen

Insgesamt wurden in 100 Fällen (10,3%) postoperative Komplikationen beobachtet. Postoperativ kam es bei einem Patienten zu einem zerebralen Insult. In einem Fall entwickelte sich ein Abszess im Bereich der Punktionsstelle und in 2 (0,2%) Fällen trat eine Urosepsis sowie in 80 (8,2%) Fällen ein fieberhafter Harnwegsinfekt (HWI). Bei 2 Patienten (0,2%) wurde eine Arrhythmia Absoluta (AA) beobachtet, davon wurde einer auf der internistischen Abteilung versorgt. In 14 Fällen (1,4%) wurde eine postoperative Blutung beobachtet, wobei in 2 Fällen eine radiologische Intervention mit Embolisation notwendig wurde (Abb. 14).

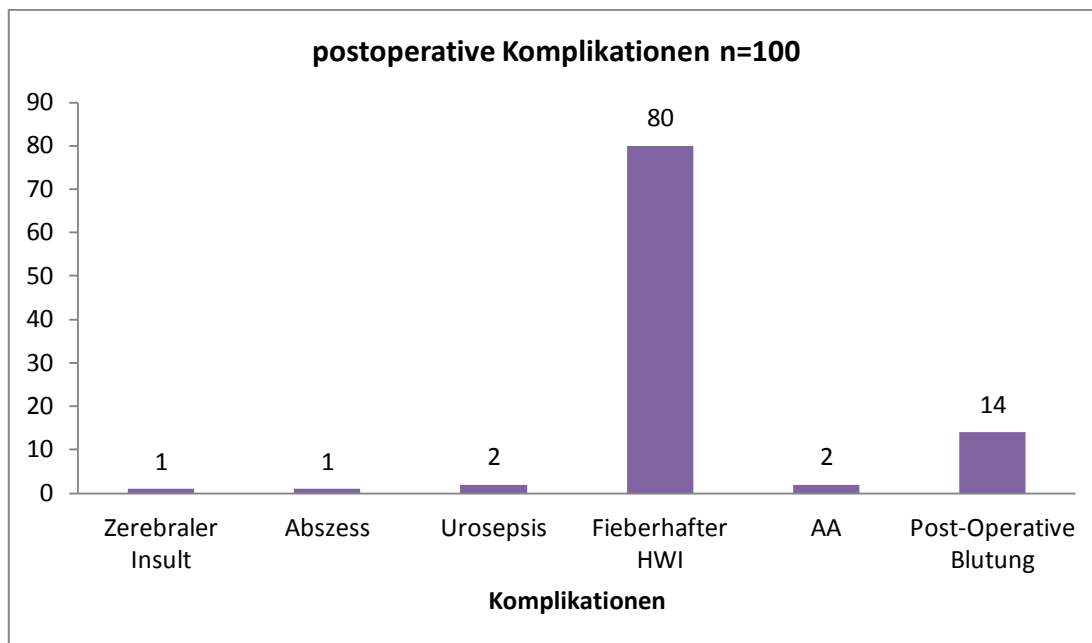


Abbildung 15: Verteilung der postoperativen Komplikationen

3.10 Mini-PCNL bei anatomischer Normvariante

Einige Patienten wiesen eine besondere Anatomie des oberen Harntraktes auf. Diese umfasste 38 Patienten mit Divertikelsteine, 17 Patienten mit voroperierten Nieren, 8 Patienten mit Hufeisennieren, 7 Patienten mit Doppelnieren, 5 Patienten mit malrotierten Nieren, 5 Patienten mit Einzelnnieren, 3 Patienten mit Beckennieren, ein Patient mit Morbus Ormond, eine Transplantatniere, eine Markschwammniere. In allen Fällen konnte endoskopisch und radiologisch verifizierte Steinfreiheit hergestellt werden (Tab. 8).

Besondere Anatomie	Anzahl	Steinfreiheit	Anzahl Patient mit Re-Eingriff
Divertikelsteine	38	38	4
voroperierte Niere	17	17	6
Hufeisennierte	8	8	1
Doppelniere	7	7	2
Malrotierte Niere	5	5	0

Einzelniere	5	5	0
Beckenniere	3	3	0
Transplantatniere	1	1	0
Markschwammniere	1	1	0
Morbus Ormond	1	1	0

Tabelle 8: Übersicht über die anatomische Normvariante

3.11 Steinzusammensetzung

Die Steinzusammensetzung konnte bei 650 Patienten erhoben werden. Dabei zeigten sich 439 Mischsteine und die übrigen 211 Steine aus einheitlicher Zusammensetzung. Die Mischsteine waren Steine, welche aus verschiedenen chemischen und kristallinen Komponenten bestanden. Die Zusammensetzung der verschiedenen Steinkomponenten ist in (Abb. 15) dargestellt.

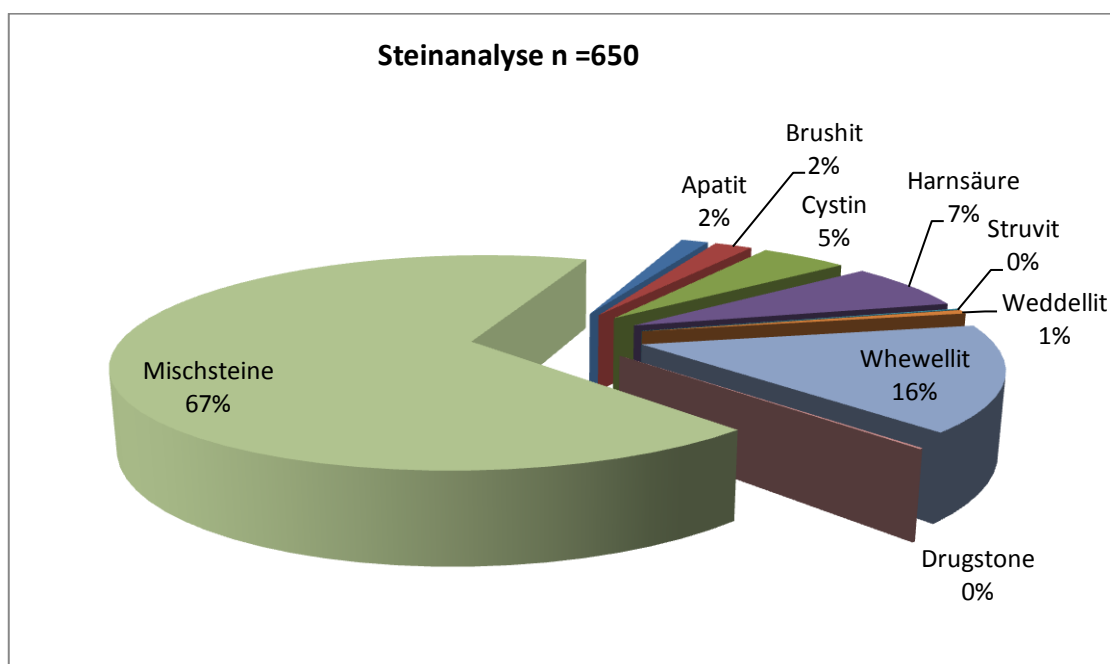


Abbildung 16: Prozentuale Verteilung der Komponenten von Harnsteinen

4 Diskussion

Es handelt sich um eine retrospektive Analyse anhand von prospektiv erhobenen Daten, welche eine große Datenzahl aus einer nicht selektionierten Patientengruppe gewährt.

Die Auswertung der Daten erfolgte retrospektiv im Siloah St. Trudpert Klinikum vom Dezember 2004 bis Dezember 2014 bei allen Patienten, die mit Mini-PCNL therapiert wurden. Die Klinik verfügt über eine hohe Anzahl von endourologischen und perkutanen Operationen, die regelhaft eine Aktualisierung der Datenbank erfordert. Ein besonderer Schwerpunkt liegt in der Harnsteintherapie, welcher sich in einer hohen Anzahl der Patienten widerspiegelt. Das Augenmerk der Auswertung wurde auf jeden Patienten gelegt, der mit Mini-PCNL in dem genannten Beobachtungszeitraum aufgrund von Nierensteinen versorgt wurde.

Als nachteilig bei der Verwendung retrospektiver Daten erweist sich die mangelnde Überprüfbarkeit der Korrektheit der vorliegenden Informationen sowie teilweise fehlenden Daten. Zudem ergibt sich die begrenzte Auswahl an Abfragemöglichkeit.

4.1 Patienten

Bei den Patienten handelt es sich um ein nicht selektioniertes Patientenkollektiv bei denen eine Mini-PCNL indiziert war und durchgeführt wurde. Urolithiasis ist ein häufiges Gesundheitsproblem mit einem Altersgipfel zwischen 40 und 60 Lebensjahr. In Deutschland ist aktuell eine Prävalenz des Harnsteinleidens, d.h die Häufigkeit, im Laufe eines Lebens einen oder mehrere Harnsteine gehabt zu haben, von 3,2 % und eine Inzidenz von 0,4 % zu verzeichnen (40). In den USA wurde in 2007 ein Anstieg von 10,6% bei Männern und 7,1% bei Frauen belegt (41). Volkswirtschaftlich betrachtet spielt die Harnsteinerkrankung eine wichtige Rolle, da in Abhängigkeit von der Behandlungsmethode die Kosten für eine Steinbehandlung zwischen 2 500 bis 3 500 Euro liegen. Dies führt jährlich zu Behandlungskosten von mehr als 600 Millionen Euro (14). Epidemiologisch sowie wirtschaftlich betrachtet stellt das Harnsteinleiden eine kos-

tenrelevante Volkskrankheit dar. Hierzu ist die Wahl der Behandlungsmethode genauer zu eruieren.

Insgesamt sind die Prävalenz und Inzidenz der Urolithiasis bei Männern höher als bei Frauen (17). Zudem wies eine multizentrische Studie um Knoll et al. nach der Evaluation von über 200, 000 Steinpatienten auf, dass der Peak der Steinbildung bei Frauen zwischen 60 und 69 Jahren und bei Männern im Alter von 30-69 Jahren lag (10). In einer weiteren epidemiologischen Studie von über 7000 Patienten mit einer Urolithiasis in der Türkei fand sich ebenfalls mit 65% ein Überwiegen des männlichen Geschlechtes gegenüber des weiblichen mit 35%. Der Peak lag hier bei Männern sowie bei Frauen zwischen dem 30. und 40. Lebensjahr (42). Gleichermaßen zeigte in einer Studie von Armitage et al. in England zur perkutanen Nephrolithotomie das Überwiegen des männlichen Geschlecht mit 54% gegenüber des weiblichen 46% bei 987 Patienten (43). Korrelierend mit den Ergebnissen anderer Autoren findet sich in der vorliegenden retrospektiven Untersuchung eine überwiegend männliche Patientenzahl mit 570 (58,76%) gegenüber den weiblichen Patienten mit einer Anzahl von 400 (41,24%). Zum Zeitpunkt der Operation lag der Häufigkeitsgipfel bei Männern (n=140) und Frauen (n=111) gleichermaßen zwischen 50-59 Jahren. Wobei das Durchschnittsalter bei beiden Geschlecht 55 Jahre betrug.

Das Rezidivrisiko mit angemessener Sekundärprävention liegt je nach Harnsteinart zwischen 10 % bis 15% und ohne Sekundärprävention zwischen 50 % bis 100% (12). Innerhalb von 10 Jahren nach der ersten Episode, erkrankt erneut circa 50% der Patient mindestens einmal an Harnsteinleiden, sogar bei 10 - 20% der Patienten mit drei oder mehr (44). Müller et al beschrieben eine Rezidivrate von 22 % innerhalb von zwei Jahren (14). Ebenfalls beschrieben Zechner et al. ein Patientenkollektiv von 345 Individuen, von denen 170 zumindest eine Harnsteinrezidivbildung erfahren hatten (45). In dieser Arbeit ist hierzu keine eindeutige Aussage zu treffen, da dieser Aspekt nicht untersucht wurde.

Es wird ein Zusammenhang zwischen der Harnsteinbildung und Übergewicht bzw. Adipositas gesehen. Obwohl der Pathomechanismus nicht vollständig geklärt ist, lässt sich eine renale Manifestation infolge einer Insulinresistenz postu-

lieren, was wiederum zum metabolischen Syndrom mit Harnsteinbildung führt (10). Adipositas ist ein prädisponierender Faktor für die Harnsteinbildung infolge verschiedener metabolischer Mechanismen. Jedoch erhöht diese weder die Komplikationsrate noch zeigt sich ein nachteiliger Einfluss hinsichtlich der Ergebnisse im Rahmen der perkutanen Steinextraktion. Die Operationsdauer steigt mit einer höheren BMI (46). Eine CROES Studie zur perkutanen Nephrolithotomie zeigt, dass die Ergebnisse bezüglich der Steinfreiheit und Komplikationen ähnlich bei adipösen Patienten und den übrigen Patienten sind (47). In dieser retrospektiven Auswertung konnten nach Aktenlage 76 adipöse Patienten ermittelt werden, wobei die Ergebnisse hinsichtlich Komplikationsrate und Steinfreiheit den übrigen Ergebnissen nicht unterlegen waren. In Bezug auf die Operationszeit zeigte sich bei Patienten mit BMI >30 kg/m² keine signifikante Erhöhung.

In Bezug auf die Steingröße erwies sich die genaue Ermittlung der Größe als schwierig. Die Steinlast wird lediglich durch Einschätzung der Größe und Zahl anhand der Übersichtsaufnahme und Sonographie in Länge und Breite festgelegt. Die genaue Steingröße kann nur anhand eines 3D-CT's determiniert werden. Jedoch wird dieser Technologie wegen hoher Kosten, Komplexität, Strahlenbelastung sowie eingeschränkter Verfügbarkeit eher selten angewandt (48). Das Ausscheidungsurogramm dient nicht nur der Steinsuche, sondern gibt auch Aufschluss über den oberen Harntrakt, wie z.B. über das Vorliegen einer eingeschränkten Nierenfunktion mit verzögerter Ausscheidung im Seitenvergleich, stumme Niere sowie Dilatation des Nierenkelchsystems (40). In dieser durchgeführten Arbeit wurde die Steingröße radiologisch mit konventionellem Ausscheidungsurogramm, retrograder Pyelographie sowie Übersichtsaufnahme und sonographisch ermittelt. Vorwiegend wurde die Steingröße nach ihrer Extraktion kalkuliert eingeschätzt. In seltenen Fällen erfolgte die Messung durch ein natives Spiral-CT des Abdomen. Dies kann zu Abweichung von der tatsächlichen Größe durch ein ungenaueres Messverfahren führen. Aus medizinökonomischer Sicht ist die Anwendung des 3D-CT's kostenintensiver und aufwändiger.

4.2 Indikationsstellung und Durchführung der Mini-PCNL

Die Indikation zur interventionellen Therapie hängt von der Steinlokalisierung, Steingröße und den Symptomen ab. Zudem spielen der Allgemeinzustand des Patienten sowie die Verfügbarkeit der Therapieverfahren in der betreffenden Institution eine große Rolle (49).

Nach aktuellen Leitlinien sowohl der EAU als auch der DGU von 2016 ist die Therapieoption der ersten Wahl bei Steinen >20 mm die PCNL, Option der zweiten Wahl stellen die RIRS oder die ESWL dar. Steine zwischen 10 und 20 mm sollen leitliniengerecht mittels ESWL zertrümmert oder endo-urologisch extrahiert werden. Kleinere Steine <10 mm stehen als erste Option die ESWL und als zweite die PCNL zur Auswahl. Dabei gilt die PCNL aufgrund der Einführung von miniaturisierten Instrumenten nicht mehr als allgemeingültiger Standard (33; 50).

Größe	>20 mm		10-20 mm		< 10 mm	
	DGU	EAU	DGU	EAU	DGU	EAU
1.Wahl	PCNL	PCNL	ESWL	ESWL	ESWL/ RIRS	ESWL/ RIRS
2.Wahl	RIRS/ ESWL	RIRS/ ESWL	ESWL/ Endourologie	ESWL/ Endourologie	PCNL	PCNL

Tabelle 9: Therapieempfehlungen nach DGU und EAU-Leitlinien bei Urolithiasis ohne Unterpolsteine. Endourologie= PNL und URS (33; 50)

Größe	>20 mm		10-20 mm		< 10 mm	
	DGU	EAU	DGU	EAU	DGU	EAU
1.Wahl	PCNL	PCNL	ESWL/ Endourologie	ESWL/ Endourologie	ESWL/ RIRS	ESWL/ RIRS
2.Wahl	RIRS/ ESWL	RIRS/ ESWL	ESWL	ESWL	PCNL	PCNL

Tabelle 10: Therapieempfehlungen nach DGU und EAU-Leitlinien bei Unterepolsteinen (33; 50)

Die ESWL ist nach wie vor zur Therapie der meisten Nierensteine das Verfahren der Wahl. Dies begründet sich dadurch, dass bei der ESWL mit einem nicht invasiven Verfahren gute Ergebnisse erreicht werden (30). Das Auftreten einer transfusionspflichtigen Blutung bei der Durchführung von ESWL liegt bei 1 von 1000. Darüber hinaus tritt bei 3 von 100 Fällen eine Septikämie auf, welche heutzutage durch die präoperative Gabe von adäquaten Antibiotika vermieden bzw. reduziert werden kann. Jedoch ist die Bildung einer Steinstraße bei Steinen < 1 cm bei ca. 5 % beschrieben (51). Dabei zeigen sich jedoch Grenzen insbesondere bei einer Steinlokalisation in der unteren Kelchgruppe sowie bei Divertikelsteinen (31). Ferner ist die ESWL bei abnormer Anatomie, z.B. bei der Hufeisenniere nicht indiziert. Aufgrund der tiefer liegenden Hufeisenniere und der dadurch bedingten knöchernen Überlagerung durch die Beckenknochen und die Wirbelsäule gestaltet sich die Anwendung der ESWL schwierig. Darüber hinaus ist der Steinabgang nach Zertrümmerung erschwert, da die hohe Harnleiterinsertion zur Behinderung des Abflusses führt (52). Restkongremente bergen das Risiko einer erneuten symptomatischen Steinbildung bei 50-86 % der Patienten (53). Für die Durchführung der ESWL ist zur Steinidentifikation eine Ultraschall- oder Röntgendarstellung erforderlich. Da Harnsäuresteine nicht schattengebend bzw. nicht röntgendicht sind, können diese nur anhand einer sonographischen Ortung identifiziert werden. Die Lokalisierung des Steines mithilfe von Ultraschall setzt eine hohe Expertise des Anwenders voraus und erweist sich als sehr aufwändig, insbesondere bei adipösen Patienten. Die

Zertrümmerung mit Stoßwellen ist weiterhin nicht bei allen Steinzusammensetzungen erfolgreich. So zeigten sich Calciumoxalat-Monohydrat-Steine, Cystin- und Brushitsteine gegenüber der ESWL resistent (54).

Die Anwendung der Ureterorenoskopie, insbesondere der flexiblen URS, hat sich in den letzten Jahren stark weiter entwickelt. Prinzipiell können durch die hohe Flexibilität (270°) der Instrumente alle Nierenkelch bzw. Nierensteine, die auch für perkutanes Verfahren zugänglich sind, erreicht werden. Jedoch zeigen sich Grenzen bei Anomalien der Harnwege z.B. Harnleiterstriktur, Divertikel sowie bei steilem Abgangswinkel eines Unterkelchs. Bei großen Steinen stellt die URS keine günstige Therapiealternative zum perkutanen Verfahren dar, da es trotz großer Flexibilität und einfachem Zugang zum Stein zu einer deutlich verlängerten Operationszeit kommt (30; 55).

Bei der vorliegenden Untersuchung ergaben sich keine Einschränkungen bezüglich der Mini-PCNL bei Anomalien der Nieren. Eine Indikationseinschränkung hat sich weder bei der Durchführung der Mini-PCNL noch in den Ergebnissen gezeigt. Die Steinfreiheit wurde bei allen Divertikelsteinen erzielt. Davon war ein Wiederholungseingriff einmalig mittels Mini-PCNL in 4 Fällen erforderlich. Insgesamt wurde die Mini-PCNL mit erzielter Steinfreiheit bei 8 Patienten mit Hufeisenniere durchgeführt. Bei einem war ein Wiederholungseingriff erforderlich. Zudem wird von einigen Autoren die Kombination aus Laparoskopie und perkutaner Steinbehandlung bei Beckennieren beschrieben. Hier wird die Etablierung des perkutanen Zuganges laparoskopisch assistiert durchgeführt (34). In der vorliegenden Arbeit konnte der perkutane Zugang ohne Einsatz der Laparoskopie etabliert werden.

Die erste laparoskopische Pyelolithotomie mit Steinextraktion aus einer Beckenniere wurde in 1996 von Chang und Dretller beschrieben. Die Indikation für die laparoskopische Steinextraktion besteht insbesondere bei Vorliegen einer dystopen Niere (56). El-Kappany et al. veröffentlichten 2007 eine Studie über 5 Patienten, welche mit dieser Methode erfolgreich behandelt wurden (53). In der vorliegenden Arbeit wurden Patienten, bei denen eine dystope Niere (Hufeisenniere n=8, Beckenniere n=3, Transplantatnieren n=1, Malrotierte Niere

n=5) vorlag, ebenfalls in die Indikation zur Mini-PCNL eingeschlossen und gleichermaßen therapiert.

Dort wo die ESWL also ihre Grenzen zeigt, wie bei der Steinlokalisierung, -größe, -zusammensetzung oder aufgrund von Anomalien der Niere und ableitenden Harnwege, sollte der perkutanen Steintherapie der Vorzug gewährt werden (30). Wie Tabelle 9 veranschaulicht, wird die Indikation laut aktuellen DGU- und EAU-Leitlinien bei Steinen über 20 mm als Therapie der ersten Wahl und bei Steinen unter 10 mm als Therapie der zweiten Wahl empfohlen (50; 33). Weitere Indikationen für die PCNL sind Ausgusssteine, Divertikelsteine, Infundibulumsteine und eine Dystopie der Niere, z.B. die Beckenniere, sowie Transplantat- und Hufeisenniere. Desweiteren kommt sie zum Einsatz bei erfolgloser URS oder ESWL (29). In der Vergangenheit war der Begriff PCNL verbunden mit Endoskopen mit einem Schaftaußendurchmesser von 24-32 Charrière. In den letzten Jahren wurde die Technologie weiterentwickelt und es etablierten sich zunehmend miniaturisierte Instrumente, deren Größe stark variieren kann: Mini-PCNL 14-22 Charr., Ultra-Mini-PCNL 11-13 Charr. und Mikro PCNL 4,8-11 Charrière. Daher kann bei der PCNL nicht mehr von einem allgemeingültigen Standard gesprochen werden (6; 33).

In dieser Untersuchung deckt sich die Indikation zur Anwendung des perkutanen Verfahrens mit den aktuellen Leitlinien unter Verwendung der Mini-PCNL mit einem Schaftaußendurchmesser von 18 Charrière. Das gesamte Patientenkollektiv von 970 Patienten wurde ausnahmslos mit dieser Methode behandelt. Davon lagen 194 Ausgusssteine, 38 Divertikelsteine, 8 Hufeisennieren, 7 Doppelnieren, 5 malrotierte Nieren, 3 Beckennieren, eine Transplantat- und eine Markschwammnieren vor.

Die Durchführung der Mini-PCNL erfolgte bei allen Patienten der Studie standardmäßig in Bauchlagerung. Zunächst erfolgte durch den Operateur die Etablierung des Zuganges zum Hohlraum durch Punktion der unteren Kelchgruppe. Die Bougierung des Punktionskanals wurde im Sinne einer sog. „single step dilation“ mittels eines speziellen Edelstahlbougies durchgeführt. Daran schlossen sich die Einführung des Schaftes und das Einbringen des Nephroskops mit Steinidentifikation, -zertrümmerung und -extraktion an.

Der bevorzugte Zugang zum Hohlsystem ist die Punktion durch den postero-inferioren Kelch, da dieser am wenigsten mit Blutgefäßen versorgt ist und sich im Bereich zwischen den vorderen und hinteren Segmenten der Nierengefäße befindet, der als sog. Brödel's bloodless line of incision bezeichnet wird (29).

Im Rahmen der konventionellen PCNL erfolgt im Gegensatz zur „single step dilation“ die Bougierung des Arbeitskanals durch sequenzielle Kunststoffbougies oder Ballondilatatoren (30). In England ist es üblich, dass der Radiologe die Punktion vornimmt, was nach einer Untersuchung von Armitage et al. keine wesentlichen Unterschiede in der Komplikationsrate bei der Punktion ergab (43). Üblicherweise wird die PCNL in Bauchlage vorgenommen und wurde zuerst durch Valdevia et al. beschrieben. Der Vorteil dieser Lagerung ist der günstige Zugang zum dorsalen unteren Kelch sowie die geringere Wahrscheinlichkeit einer Darmverletzung. Im Gegensatz dazu ist die Rückenlagerung zeitsparender und erweist sich als weniger komplikationsträchtig hinsichtlich anästhesiologischer Aspekte, insbesondere der erschwerten Ventilation bei adipösen Patienten in Bauchlage (6). In einer Studie von Zhan et al. wurde die Mini-PCNL in Rückenlagerung durchgeführt. Hier zeigte sich in den Ergebnissen hinsichtlich der Steinfreiheits- und Komplikationsrate ein ähnliches Outcome wie in der Durchführung in Bauchlage. Daneben wurde eine kürzere Operationszeit in Rückenlage erreicht (57). Ein weiterer Vorteil der Rückenlage ist die Möglichkeit, eine retrograde Exploration während der perkutanen Nephrolithotomie durchzuführen (58).

In einer prospektiven Studie um Knoll et al. mit insgesamt 50 konsekutiven Patienten, welche die Ergebnisse der Mini-PCNL und die der konventionellen PCNL verglich, konnte eine ähnliche durchschnittliche Operationszeit bei der Durchführung der Mini-PCNL (18 Charr. Außendurchmesser) von 48 ± 17 min. wie bei der konventionellen PCNL (26 Charr. Schaftaußendurchmesser) von 57 ± 22 min. beobachtet werden (59). Des Weiteren ergab sich in einer Mini-PCNL Studie um Abdelhafez et al. (n=172) eine durchschnittliche Operationszeit von $82,9 \pm 44,4$ min. Bei Steinen ≥ 2 cm war die Operationszeit $97,4 \pm 48,7$ min. länger als bei Steinen < 2 cm mit einer durchschnittlichen Operationszeit von $69,2 \pm 34,8$ min (60). In einer anderen Studie um Cheng et al., lag die Operationszeit

für die Mini-PCNL mit 69 Patienten bei $134,3 \pm 19,7$ min. für Ausgusssteine, $89,4 \pm 21,5$ min. für Nierenbeckensteine, $113,9 \pm 20,3$ min. für multiple Kelchsteine und für die konventionelle PCNL (111 Patienten) bei $118,9 \pm 21,5$ min. für Ausgusssteine, $77 \pm 17,6$ für Nierenbeckensteine und $101,2 \pm 19,1$ min. für multiple Kelchsteine(61). In einer Mini-PCNL Studie von Lahme et al. (n=335) lag die durchschnittliche Operationszeit für das Gesamtkollektiv bei 67 ± 30 min. und bei großen bzw. komplexen Steinen $> 4 \text{ cm}^2$ bei 76 ± 30 min. (31). Bei einer Mini-PCNL Studie um Xu et al. (n=1200) lag die durchschnittliche Operationszeit bei $71 \pm 11,5$ min. (62).

In der vorliegenden Studie betrug die allgemeine durchschnittliche Operationszeit $62,39 \pm 31$ min. Bei Steinen $\geq 5 \text{ cm}^2$ lag diese bei $73,8 \pm 34,2$ min. Im Vergleich zu der Studie von Knoll et al. ist demnach eine vergleichbare Operationszeit festzustellen. Ebenfalls ist eine vergleichbare Operationszeit zu der Mini-PCNL Studie von Lahme et al. sowohl für das Gesamtkollektiv als auch bei großen bzw. komplexen Steinen zu beobachten. Bei großen bzw. komplexen Steinen fiel die Operationszeit in unserem Patientenkollektiv im Vergleich zu Mini-PCNL der Studie von Cheng et al. kürzer aus. Dieser Unterschied könnte sich durch eine unterschiedliche Operationstechnik bzw. durch die Erfahrung des Operateurs erklären lassen. Zudem kann die Operationsdauer je nach Steinzusammensetzung variieren. Hingegen fällt die Operationszeit im eigenen Kollektiv mit Steinen $\geq 5 \text{ cm}^2$ verglichen mit der konventionellen PCNL von Cheng kürzer aus. Zudem zeigt die Mini-PCNL keine Einschränkungen bei abnormer Anatomie sowie bei großen und komplexen Steinen.

Laut Leitlinien ist die PCNL bei Steinen über 20 mm die erste Therapieoption, wobei die URS die Option der zweiten Wahl darstellt. In einer Vergleichsstudie der Mini-PCNL mit der URS von Pan et al. wurde belegt, dass die Mini-PCNL sowie die URS bei Steinen 20 – 30 mm erfolgreich zum Einsatz kommen kann. Unterschiede bestehen in der kürzeren Operationszeit mit erzielter Steinfreiheit, der komplikationsärmeren Durchführung sowie in der geringeren Re-Eingriffsrate der Mini-PCNL gegenüber der URS (63). Gleichermäßen erwies sich in einer ähnlichen Vergleichsstudie mit Steinen über 20 mm um Zeng et al.

die Mini-PCNL als eine effektivere Therapiealternative bei großen und multiplen Nierensteinen (64).

4.3 Intra- und postoperative Komplikationen

Zur Einteilung der Komplikationen und zur besseren Vergleichbarkeit mit anderen Ergebnissen ist es sinnvoll, eine standardisierte Klassifikation einzusetzen. Die Dindo-Clavien-Klassifikation ist ein Instrument zur Evaluation perioperativer Komplikationen in der Chirurgie (65). Die Verwendung dieser Klassifikation zeigt bei der perkutanen Steintherapie ihre Grenzen, da adjuvante Eingriffe, wie z.B. die Verwendung der URS, Second-look-Perkutantherapie oder der ESWL zur Routine in der Steintherapie gehören und nicht als Komplikationen angesehen werden müssen. Hierzu müsste eine modifizierte Einteilung etabliert werden, welche die genannten Aspekte berücksichtigt. Dennoch nutzten einige Autoren dieses Einteilungsinstrument bei der Untersuchung der perkutanen Steintherapie, wie u.a. De la Rosette et al. mit 244 Patienten sowie eine prospektive CROES-Studie mit Ergebnissen aus >5800 Patienten aus 96 Zentren (66).

Grad	Beschreibung
I	Jede Abweichung vom normalen postoperativen Verlauf ohne Notwendigkeit pharmakologischer Behandlung oder chirurgischer, radiologischer, endoskopischer Interventionen. Erlaubte Behandlungsoptionen: Medikamente wie: Antiemetika, Antipyretika, Analgetika, Diuretika, Elektrolyte; in diese Gruppe fallen ebenfalls Wundinfektionen, die am Patientenbett eröffnet werden.
II	Notwendigkeit pharmakologischer Behandlung mit anderen als bei Grad I erlaubten Medikamenten
III	Notwendigkeit chirurgischer, radiologischer oder endoskopischer Interventionen
IIIa	
IIIb	In Lokalanästhesie

	Allgemeinanästhesie
IV	Lebensbedrohliche Komplikationen (inklusive zentralnervöser Komplikationen) die Behandlung auf der Intensivstation notwendig macht
IVa	Versagen eines Organsystems (inklusive Dialyse)
IVb	Multiorganversagen
V	Tod des Patienten
„d“	Leidet der Patient an einer Komplikation zum Zeitpunkt der Entlassung, so wird das Suffix „d“ dem entsprechenden Grad angefügt. Diese Kategorie erfordert Nachsorge des Patienten um den Verlauf vollständig zu evaluieren

Tabelle 11: Modifizierte Clavien-Klassifikation für perioperative Komplikationen (vgl. (66))

Signifikante Komplikationen bei perkutaner Steinbehandlung werden in Komplikationen, die mit dem Zugang verbunden sind und solche, die sich auf die Steinextraktion beziehen, eingeteilt. Die intraoperativen Komplikationen sind häufig auf eine falsche Patientenselektion, das Fehlen eines adäquaten Instrumentariums oder technische Fehler zurückzuführen (67).

Die häufigsten in der Literatur beschriebenen intraoperativen Komplikationen bei der konventionellen PCNL bestehen in renalen Blutungen, welche im Zusammenhang mit der Größe des Zuganges, Perforation des Nierenbeckens, präoperativer Anämie sowie mit multiplen Punktionen stehen (66). Allerdings sind Komplikationen wie Blutungen in Zentren mit einer höheren Anzahl an Steinpatienten niedriger als in Zentren mit weniger Steinpatienten (68). In der CROES-Studie ($n > 5800$), welche Komplikationen bei der konventionellen PCNL untersuchte, hatten 7,8 % der Patienten signifikante Blutungen und 5,8% davon war eine Bluttransfusion notwendig. Bei 3,4 % Patienten kam es intraoperativ zu einer Perforation des Nierenbeckens. Ein Hydrothorax trat bei 1,8 % der Patienten und eine Fieberhafte Pyelonephritis traten bei 10,5% der Patienten auf (69). Daneben ergab eine ähnliche Studie von Turney et al. in England

mit 1028 durchgeführten Standard PCNL eine Transfusionsrate von 2,5 %. 0,4% der Patienten erhielten zusätzlich eine radiologische Intervention mittels Embolisation (70; 43). Eine retrospektive Analyse von 150 vorgenommenen PCNL identifizierte in 25 (25 %) Fällen eine transfusionspflichtige Blutung (71). In einer Mannheimer konventionellen PCNL Studie (n=315) waren in 7,6 % der Fälle eine signifikante Blutung ohne Transfusion, in 27,6 % Fieber, in 2,9 % obere Harnwegobstruktion, in 3,5 % Harnwegsinfekt ohne Zeichen von Urosepsis, zu verzeichnen. 0,3% entwickelte eine akute Pankreatitis, ein Patient hat eine selektive Embolisation benötigt und ein Patient starb an Urosepsis (72). In der Publikation von Hentschel et al. (n=131) lag die gesamte Komplikationsrate bei 16,5 %. Dabei traten eine fulminante Lungenembolie, eine Sepsis, vier Bluttransfusionen und drei offene Revisionen (darunter war eine Nephrektomie) auf (73).

Zur Behandlung von Steinen des oberen Harntraktes kommen heute vielfach neue miniaturisierte Instrumente zur Anwendung. Unter deren Einsatz zeichnete sich eine Mini-PCNL Studie um Brodie et al. (n=46) ohne das Auftreten von operationsassoziierten Komplikationen aus (74). Bilen et al (n=17) wies ebenfalls keine Blutübertragung unter Anwendung der Mini-PCNL aus (75). Zudem wurden bei einer Mini-PCNL Studie um Lahme et al. (n=335) ein fieberhafter Harnwegsinfekt bei 6,5 % der Patienten beobachtet. Die Transfusionsrate lag bei 1,9 % des Gesamtkollektivs und 1,0 % bei großen Steinen > 4cm². In nur einem einzigen Fall wurde eine arteriovenöse Fistelbildung beobachtet, welche mittels interventioneller Radiologie erfolgreich behandelt wurde (31). Erwähnenswert ist, dass die Rate an transfusionspflichtigen Blutungen bei Steinen > 4cm² unter der Rate im Gesamtkollektiv lag. Einige Autoren, wie Traxer et al., postulieren eine geringere Parenchymverletzung und eine damit verbundene geringere Blutungs- sowie Transfusionsrate (1,4 %) bei Anwendung der Mini-PCNL als bei der konventionellen PCNL (10,4 %). Dies liegt im Wesentlichen an der Miniaturisierung des Zuganges (76). Zeng et al. beschrieben in einer Untersuchung von über 12,000 Patienten, welche mit Mini-PCNL therapiert wurden, eine Gesamtkomplikationsrate von 18,53 %. Davon erhielten 2,8 % der Patienten eine Bluttransfusion, 0,90 % erlitten eine Pleuraverletzung, eine Per-

foration des Nierenbeckens trat bei 0,08 % auf, eine Verletzung des Kolons bei 0,02 % , eine Nephrektomie war bei 0,01 % der Patienten notwendig und 4,34 % der Patienten entwickelten eine fieberhafte Pyelonephritis. Zudem war eine radiologische Intervention mit Embolisation bei 0,51% der Patienten erforderlich (77).

Eine signifikante Blutung während einer URS kann die Sicht beeinträchtigen dadurch zum Abbruch der Operation. Dies ereignete sich in nur 0,3 % aller URS. Die meisten Blutungen während der Durchführung von URS gleiben in einem geringen Ausmaß (78). In einer URS Studie (=290) um Abdel-Razzak et al. wurde in 2,1 % die Operation abgebrochen wegen signifikanter Blutung mit entsprechend schlechter Sicht, jedoch war eine Transfusion in keinem Fall notwendig (79). In einer URS Studie (n=238) von Francesca et al. traten in 22,5% ein fieberhafter Harnwegsinfekt, Via Falsa in 24,5%, Harnleiterperforation 11,2% und eine Steinmigration ins Retroperitoneum in 0,4% auf (80).

Postoperativ ist der fieberhafte Harnwegsinfekt bei einer perkutanen Behandlung als häufigste Komplikation zu beobachten. An Zweithäufigsten treten Makrohämaturien auf wobei diese meist transient sind und konservativ behandelt werden. Nichtsdestotrotz kann bei signifikanter oder prolongierter Blutung eine Transfusion notwendig werden (81). In der MPCNL Studie von Xu et al. wurde in 1,6 % eine signifikante Blutung beobachtet, in 0,5% wurde eine Bluttransfusion notwendig, eine Angio-embolisation fand in 0,3% statt, bei 5,6% entwickelte sich Fieber und bei 0,8% wurde eine Sepsis beobachtet (62). In der CROES Studie (n>5800) hatten 7,5 % der Patienten eine signifikante Blutung, bei 5,8 % der Patienten war eine Transfusion notwendig. Fieberhafte Harnwegsinfekte wurden bei 10,5 % der Patienten beobachtet (69). In einer anderen Studie von Armitage et al. (n=968) fiel ein fieberhafter Harnwegsinfekt in 16% und eine Sepsis in 2,4 % der Patienten auf (43). Ebenso trat in einer statistischen Analyse über 6 Jahre im vereinigten Königreich (n>5700) ein fieberhafter Harnwegsinfekt in 3,8 %, eine Sepsis in 0,7% sowie eine Blutung in 1,4 % der Patienten auf (82). Die Häufigkeit einer fieberhaften Harnwegsinfektion wurde in einer Studie von Lahme et al. (n=335) mit 6,5 % beziffert (31).

Auch wenn die ESWL ein nicht invasives Verfahren darstellt, können trotzdem Komplikationen auftreten. Innerhalb von 24 Stunden nach einer ESWL Behandlung weisen 63 bis 85 % der Nieren ein Ödem oder auch Hämorrhagien auf welche in den meisten Fällen subklinisch verlaufen (83). In einer multizentrischen Studie (n=12,901) von 54 Kliniken wurde bei 64 Patienten ein intra- und perirenales Hämatom beobachtet, davon mussten 3 Patienten nephrektomiert werden (84). In einer Studie (n=100) um Ktari et al. hatten 29 % der Patienten starke Schmerzen, sodass eine analgetische Therapie eingeleitet wurde (85). Die Wahrscheinlichkeit eines Sepsis nach ESWL Behandlung liegt bei < 1% jedoch besteht bei größeren Steinen z.B. Ausgusssteinen eine signifikante Anstieg von 2,7- 56 % (83). In einigen experimentellen Studien zeigte sich eine fruchtschädigende Wirkung sowie klinisch relevante Schäden der Nachbarorganen (z.B. Ruptur der Milz, kardiale Rhythmusstörungen, gastrointestinale Erosionen) (86).

Bei einer URS-Studie von Francesca et al. trat in 22,5% ein fieberhafter Harnwegsinfekt und in 1,6% eine Harnleiterstenose auf (80). In einer URS-Studie (n= 80) von Aboutaleb et al. wiesen 5 % der Patienten einen fieberhaften Harnwegsinfekt auf und in 35 % war eine analgetische Behandlung erforderlich (87).

In der vorliegenden Arbeit wurden die Komplikationen in intra- und postoperative Komplikationen eingeteilt. Dabei lag die Komplikationsrate insgesamt bei 12,5 %. Die Rate der signifikanten Blutungen lag bei 2,5 %. Davon ereigneten sich 1,0 % intra- und 1,4 % postoperativ. Bei 1,6 % war eine Bluttransfusion notwendig. In 0,3% wurde der Eingriff wegen starker Blutung mit daraus resultierenden mangelnden Sichtverhältnissen abgebrochen. Bei 0,2 % wurde eine Arrhythmia Absoluta beobachtet, davon wurde einer auf der internistischen Abteilung behandelt. In einem Fall wurde die Bildung eines Abszesses an der Punktionsstelle beobachtet. Weitere intraoperative Komplikationen waren Harnleiterperforationen (0,8 %) und Drahtbruch bei 0,2 %. Auch bei einer Perforation während der Operation muss diese nicht unbedingt abgebrochen werden, da durch den niedrigen Druck im System der Austritt von Spülflüssigkeit in das Retroperitoneum limitiert wird. Jedoch ist die Operation bei größerer Perforation

zu beenden(29). Eine viszerale Verletzung trat im Rahmen unserer Studie nicht auf. Postoperativ traten in den meisten Fällen fieberhafte Harnwegsinfekte oder Blutungen auf. Alle Operationen erfolgten unter antibiotischer Prophylaxe bzw. bei Keimnachweis unter Behandlung mit einem testgerechten Antibiotikum. Der fieberhafte Harnwegsinfekt wurde definiert mit Temperaturen von über 38 °C nach dem ersten postoperativen Tag. In diesem Fall erfolgte eine entsprechende weitere Fokussuche, wie z.B. der Ausschluss einer Pneumonie. Bei 8,2% der Patienten entwickelte sich ein fieberhafter Harnwegsinfekt, bei 0,2% wurde eine Urosepsis festgestellt. Patienten mit postoperativer hämodynamisch wirksamer Blutung erhielten eine Bluttransfusion. Postoperativ wurde eine signifikante Blutung bei 1,4 % der Patienten beobachtet, wobei in 0,2% eine radiologische Intervention notwendig wurde. Bei allen Patienten, welche präoperativ eine medikamentöse Antikoagulationstherapie erhielten, wurde diese wenn möglich vorübergehend pausiert.

Insgesamt ist die Komplikationsrate in dieser Arbeit im Vergleich zu anderen publizierten Untersuchungen der konventionellen PCNL und anderer Mini-PCNL-Studien geringer. Unter Verwendung der Mini-PCNL sind die zugangsassoziierten Komplikationen sowie transfusionspflichtige Blutungen im Vergleich zur konventionellen PCNL deutlich geringer, was auf die Reduktion des Instrumentenquerschnitts um die Hälfte zurückzuführen ist. Auch wenn die ESWL ein nichtinvasives Verfahren mit geringer Komplikationsrate darstellt, liegt die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Sepsis <1 %; jedoch ist bei der Behandlung von größeren Steinen ein bemerkenswerter Anstieg von 2,7-56 % zu verzeichnen. Auch wenn die Steinextraktion bei der URS einen physiologischen Weg nimmt, treten dabei Komplikationen wie z.B. Via Falsa mit Steinimmigration sowie Harnleiterperforationen häufiger als bei der Mini-PCNL auf.

In der vorliegenden Arbeit wurde zum Abschluss des Eingriffs ein 12 Charr. Nierenfistelkatheter für 2 Tage eingelegt. Nach einer Multitrakt Mini-PCNL wurde je nach Anzahl der Zugänge mehr als ein Nephrostomiekatheter eingebracht. Darüber hinaus wurde insgesamt im Rahmen des perioperativen Verlaufes in einem Fall die Einlage einer DJ-Schiene wegen steinbedingter Harnabflussstörung, Blutgerinnseln oder einer Verschwellung notwendig. In einer Vergleichs-

studie (n=3 968) von Cormio et al. bezüglich der Größe des Nephrostomiekatheters (≤ 18 Charr. vs. ≥ 18 Charr), wurden geringere Blutung, kürzere Krankenhausverweildauer, weniger Schmerzen sowie weniger Komplikationen bei kleineren Nephrostomiekathetern im Gegensatz zu größeren Nephrostomiekathetern nachgewiesen (88). In einer Studie (n=115) von Resorlu et al. wurde bei Patienten mit einem Nephrostomiekatheter im Vergleich zu 2 oder mehr Kathetern eine kürzere Krankenhausverweildauer sowie ein geringerer Schmerzmittelgebrauch dargestellt (89).

4.4 Steinfreiheitsrate

Zweck der Durchführung einer Mini-PCNL ist die Erzielung der Steinfreiheit durch einen kleineren Zugang unter dabei möglichst gering gehaltenen Komplikationen. Der Begriff Steinfreiheit wird aufgrund der variierenden Operationstechniken unterschiedlich definiert. Auch die bildgebenden Verfahren zur Beurteilung der Steinfreiheit unterscheiden sich in den jeweiligen Kliniken. Viele Autoren beschreiben die Verwendung der Sonographie oder die Nierenleeraufnahme (Sensitivität von 47 %) und nur die wenigsten wenden ein CT des Abdomens an, welches aber die höchste Aussagekraft besitzt (27). Nach einer ESWL-Behandlung werden Reststeine unter Sonographie und Röntgenkontrolle bis 4 mm als Steinfreiheit deklariert, während bei der perkutanen Steinbehandlung zusätzlich eine endoskopische Feststellung der Steinfreiheit erfolgte. Die endoskopische Überprüfung der Steinfreiheit besitzt dabei den höheren Stellenwert (31).

In dieser Arbeit wurde die Steinfreiheit endoskopisch und radiologisch verifiziert. Zudem wurden am ersten postoperativen Tag eine Röntgenkontrolle sowie eine antegrade Pyelographie am 2. postoperativen Tag durchgeführt. Insgesamt wurde die Steinfreiheit endoskopisch und radiologisch bei 948 Patienten (97,7%) verifiziert. Bei 755 Patienten (77,8%) erfolgte die Mini-PCNL ohne Wiederholungseingriff, dabei wurde in 741 Fällen (76,4) % eine endoskopisch sowie radiologisch verifizierte Steinfreiheit erreicht. Wiederholungseingriffe fanden bei 215 Patienten (22,2%) statt, davon wurde bei 207 Patienten Steinfreiheit erzielt. Die Multitrakt Mini-PCNL wurde erfolgreich mit erzielter Steinfreiheit

in 9 von 10 Fällen eingesetzt. Gleichermaßen zeigte sich bezüglich der Steinfreiheit bei Anomalien der Niere (z.B. Hufeisenniere 8 Patienten (0,8%), Malrotierte Niere 5 Patienten (0,5 %), Doppelnieren 7 Patienten (0,7%), Einzelnieren 5 Patienten (0,5%), eine Transplantat Niere, 3 Beckennieren) zur normalen Niere kein Unterschied.

In einer Mannheimer konventionellen PCNL Studie (n=315) wurde insgesamt eine Steinfreiheitsrate (SFR) von 96,5% erreicht. In 45,7 % wurde eine Steinfreiheit ohne Wiederholungseingriffe erzielt. Insignifikante Restfragmente wurden in 21,3 % beobachtet, welche innerhalb von 4 Wochen nach der konventionellen PCNL spontan abgingen. Bei 33% der Patienten wurde ein Wiederholungseingriff vorgenommen (72). Im vereinigten Königreich ist im Rahmen von 1000 Patienten aus 50 Zentren, welche sich einer konventionellen PCNL Behandlung unterzogen hatten, eine Steinfreiheit von 68 % beschrieben worden (58). In einer konventionellen PCNL Arbeit (n=2318) von Olvera-Posada et al. wurde eine Steinfreiheitsrate von 81,6% beschrieben (90). Ebenfalls wurde in einer konventionellen PCNL CROES Studie von Kamphuis et al. insgesamt eine Steinfreiheitsrate von 76% erreicht. Folgebehandlungen waren in 15% der Fälle erforderlich (47).

In einer Vergleichsstudie (n=50) von Knoll et al. wurde am ersten postoperativen Tag unter Anwendung der Mini-PCNL eine Steinfreiheitsrate von 96% und eine Steinfreiheitsrate von 92% unter Anwendung der konventionellen PCNL erzielt (59). Ebenfalls wurde in einer Vergleichsstudie von Bilan et al. mit der Mini-PCNL eine Steinfreiheitsrate von 90 % erzielt, wohingegen mit der konventionellen PCNL eine Steinfreiheitsrate von 69,5% erzielt wurde (75). Weiterhin lässt sich in einer Mini-PCNL Studie (n=335) von Lahme et al. eine Steinfreiheitsrate von 91% sowie eine Rate an Wiederholungseingriffen von 32% beobachten (31). Schuster et al. beschrieb in seiner Mini-PCNL Studie (n=102) eine Steinfreiheitsrate von 92% (91).

Unter Anwendung der ESWL bei Nierensteinen von 1-2 cm wurde eine Steinfreiheitsrate von 64% erreicht. Nach zwei bzw. drei Behandlungen zeigten sich jeweils eine Steinfreiheitsrate von 76 % und 77% (83). Abdel-Khalek et al. beschrieb in den Ergebnissen in ihrer ESWL Studie (n=2954) mit einmaliger Sit-

zung eine Steinfreiheitsrate von 86,7% mit einem Follow-up von 3 Monaten. Ein Wiederholungseingriff war jedoch bei 53% Patienten notwendig (92). In einer ESWL Studie (=146) von Telli et al. wurde eine Steinfreiheitsrate von 82,1% im Beobachtungszeitraum von 31 Tagen erzielt (93).

In einer weiteren klinischen Untersuchung von Patienten (n=80) mit einer URS-Behandlung von Aboutaleb et al. wurde eine Steinfreiheitsrate von 87,9% nach einer Sitzung erreicht (87). Sofer et al. gaben unter Anwendung der URS (n=598) bei Nierensteinen eine Steinfreiheitsrate von 84% nach einmaliger Therapie an (94). Breda et al. beschrieb in den Ergebnissen in ihrer URS Studie (n=51) mit einmaliger Sitzung eine Steinfreiheitsrate von 64,7% und nach einer Zweitsitzung 92,2% mit einem Follow-up von 30 Tagen (95).

Unter Anwendung der Mini-PCNL kann eine angemessene Steinfreiheitsrate von > 90% erzielt werden, jedoch unter Zuhilfenahme von Wiederholungseingriffen. Der Anteil der Patienten ohne Wiederholungseingriff belief sich auf ca. 76%. Die Wiederholungseingriffe fanden in 22,2 % der Fälle statt. Die nicht im ersten Eingriff erreichte Steinfreiheit kann auf eine abnorme Konstellation der Niere, die Steingröße sowie auf die Steinzusammensetzung oder auf eine ungewöhnliche Anatomie des Patienten zurückgeführt werden. Die Wiederholungseingriffe beziehen sich auf unterschiedliche Verfahren der Steinentfernung, wobei in diesem Zusammenhang betont werden muss, dass die Mini-PCNL, die sogenannte „Second-Look Mini-PCNL“, bis zu 80% der gesamten Wiederholungseingriffe ausmachte. Unabhängig von der Steinzusammensetzung und Größe insbesondere bei Steinen > 5 cm² kann die Mini-PCNL ohne erhöhte Morbidität und mit guter Effizienz angewandt werden. Die ESWL als ein nichtinvasives Verfahren hat eine akzeptable Steinfreiheitsrate, jedoch ist die Wahrscheinlichkeit der Ausbildung einer Steinstraße hoch, welches adjuvante Therapien bzw. vermehrte Wiederholungseingriffe erfordert. Zudem ist die Anwendung bei abnormer Anatomie bzw. Pathologien mit einer morphologischen Obstruktion nicht indiziert. Die gleichen Limitationen gelten auch für die Verwendung der URS.

In Tabelle 12 wird die Steinfreiheitsrate der eigenen Studie mit den Ergebnissen anderer Arbeiten hinsichtlich der Steinfreiheit nach Mini-PCNL, konventioneller

PCNL, ESWL sowie URS verglichen. Es zeichnet sich bei der Mini MPCNL und konventionellen PCNL eine ähnliche Steinfreiheit ab, wobei in letzterer die Rate an Wiederholungseingriffen höher ausfällt.

Autoren/Prozeduren	Patientenzahl	Primäre SFR (%)	Re-Eingriffe (%)	SFR nach Re-Eingriff
Eigene Daten (Mini-PCNL)	970	76,4	22,2	97,7
Lahme et al. (Mini-PCNL)	335	Keine Angabe	32	91
Schuster et al. (Mini-PCNL)	102	Keine Angabe	Keine Angabe	92
Mannheimer-Studie von Osman et al. (konventionelle PCNL)	315	45,7	33	96,5
Abdel-Khalek et al. (ESWL)	2954	86,7	53	Keine Angabe
Breda et al. (URS)	51	64,7	Keine Angabe	92,2

Tabelle 12: Darstellung der eigenen Ergebnisse und Literaturergebnisse zur Steinfreiheit

4.4.1 Multitrakt Mini-PCNL

Die vollständige Steinextraktion ist von großer Bedeutung, um einen Rezidiv vermeiden zu können. Die perkutane Steinbehandlung hat eine höhere Steinfreiheitsrate, jedoch wird die Anwendung von multiplen Trakten weiter debattiert. In dieser Arbeit wurden insgesamt 970 Patienten mit Mini-PCNL versorgt, wobei in 10 Fällen (1.0%) mehr als ein perkutaner Zugang, die sogenannte Mul-

titrakt Mini-PCNL, notwendig war. Das Ziel der Multitrakt Mini-PCNL war Steinfreiheit zu erzielen. Die meisten Patienten hatten Steine $> 5\text{cm}^2$, bei einem war ein verzweigtes Hohlsystem zu beobachten, in 2 Fällen waren Divertikelsteine nachzuweisen. In 9 Fällen wurde eine Zwei-Trakt Mini-PCNL durchgeführt und in einem Fall wurden 3 Trakte erforderlich. Insgesamt wurde in 9 von 10 durchgeführten Multitrakt Mini-PCNL eine endoskopisch sowie radiologisch verifizierte Steinfreiheit hergestellt. 2 Patienten entwickelten einen fieberhaften Harnwegsinfekt. Eine Bluttransfusion war nicht erforderlich. Weitere Komplikationen ergaben sich nicht und es kam zu keinem Todesfall im Beobachtungszeitraum. Der durchschnittliche Krankenhausaufenthalt betrug 13,2 Tage und die Operationszeit $94,5 \pm 28,9$ min.

In einer Multitrakt Mini-PCNL Studie (n=149) von Singla et al. wurde mit einer Sitzung eine Steinfreiheit von 70,7 % und nach Zweitsitzung von 89% erzielt. Durchschnittlich wurden 3 perkutane Zugänge hergestellt. Bei 46 Patienten war eine Bluttransfusion notwendig. Zudem wurde ein Hydrothorax in 7 Fällen, Sepsis in 8 Fällen, Hämatothorax in einem Fall beobachtet (96). In einer anderen Multitrakt Mini-PCNL (n=100) von Guohua et al. konnte mit einer Sitzung eine Steinfreiheit von 72% erzielt werden. Jedoch wurde insgesamt eine Steinfreiheit von 93% nach Wiederholungseingriffen erreicht. Die durchschnittliche Operationszeit betrug 107 min und der durchschnittliche Krankenhausaufenthalt 9,4 Tage. 3 Patienten erhielten eine Bluttransfusion, bei einem Patienten war eine radiologische Intervention mit Embolisation erforderlich. Zudem entwickelten 7 Patienten eine Temperatur $> 38,5^\circ\text{C}$ und 4 Patienten hatten eine Hydropneumothorax (97). Aron et al. beschrieb in einer Studie zur Multitrakt PCNL (n=103) eine Steinfreiheitsrate mit einer Sitzung von 84% und nach Wiederholungseingriff von 94%. Bei 18 Patienten wurde eine Bluttransfusion notwendig, bei einem wurde ein Hydrothorax beobachtet, 22 Patienten entwickelten Fieber und einer davon geriet in einen septischen Schock (98).

Die Anwendung der Multitrakt Mini-PCNL ist der Mini-PCNL mit einem Zugang hinsichtlich der Morbidität in dieser Arbeit nicht unterlegen. Die hier vorgelegten Daten zeigen, dass mittels einer Multitrakt Mini-PCNL mit gleicher Effizienz eine höhere Steinfreiheitsrate erzielt werden kann ohne eine signifikant höhere

Komplikationsrate. Allerdings muss akzeptiert werden, dass die Operations- und Krankenhausaufenthaltsdauer länger ausfallen.

Die vorliegende Arbeit zeigt im Beobachtungszeitraum von Jahr 2004 bis 2014 einen Rückgang des Krankenhausaufenthaltes. Im Verlauf des Untersuchungszeitraums zeichnete sich mit zunehmender Expertise der Operateure sowie einer stetig weiter entwickelten Operationstechnik eine geringe Krankenhausverweildauer ab. Auf Grund des allgemeinen wirtschaftlichen Drucks geht der Trend zu einer immer kürzeren Krankenhausverweildauer.

4.5 Steinzusammensetzung

Im Beobachtungszeitraum von 2004 bis 2014 betrug der Anteil der verfügbaren Steinanalysen 650. Das entspricht 67% aller untersuchten Fälle im angegebenen Zeitraum. Daten zur Steinanalyse sind nicht bei jedem Patienten eruiert. Bei den monomineralischen Steinen ergab die Analyse am häufigsten einen Kalziumoxalat-Monohydrat -Stein (16%). Der Kalziumoxalat-Dihydratstein machte 1% der monomineralischen Steine aus. Kalziumoxalat-Monohydrat (Whewellit) und Kalziumoxalat-Dihydrat (Weddellit) zählen zu den Kalziumoxalatsteinen. Unter den Mischsteinen war vorwiegend Kalziumoxalat der Hauptbestandteil. Dies korreliert mit den literarischen Angaben. In den Industrieländern ist die häufigste Steinart der Kalziumoxalat-Stein mit einem Vorkommen von über 70% aller gebildeten Steine (17). Ebenfalls sind in Europa die Kalziumoxalatsteine als die häufigste Steinart registriert (10).

4.6 Neuere Modifikationen der PCNL

Diverse Studien deuten darauf hin, dass die Größe des Zuganges stark mit dem Auftreten von Komplikationen korreliert. Daraus resultiert das Bestreben nach der weiteren Miniaturisierung der Instrumente, wodurch die Komplikationsrate reduziert werden soll. Dabei fallen in der Literatur besonders zwei Methoden auf: Zum einen die Ultra-Miniperc und zum anderen die Microperc (99).

Während die in dieser Arbeit untersuchte Mini-PCNL bereits eine geringe Rate an Komplikationen sowie eine hohe Steinfreiheitsrate erzielte, stellt sich die Fra-

ge, wie effektiv bzw. sicher diese Methoden sind und wie klein die modifizierten PCNL-Instrumente noch werden dürfen? Ziel der weiteren Miniaturisierung ist, die mit dem chirurgischen Eingriff verbundenen Komplikationen zu reduzieren.

Der Amplatzschaft der neueren modifizierten PCNL, der sog. Ultra-Miniperc, weist einen Durchmesser zwischen 11 und 13 Charr. auf mit einem Mini-Nephroskop von 6 Charr. Durchmesser. Die Steindesintegration erfolgt ebenfalls mit einem Holmium-Laser, anschließend werden die Fragmente durch den Spülstrom oder unter Verwendung eines Nitinol-Körbchens entfernt. Darauf folgt die Platzierung eines 10 Charr. Nephrostomie-Katheters (100). Diese Methode wird bei Steinen unter 1,5 cm, bei Divertikelsteinen sowie besonders auch bei Kindern mit Nierensteinen angewandt (99). Im Rahmen einer Studie zur Ultra-Miniperc von Dede et al. in einem Zeitraum von 2011-2014 bei 39 Kindern wurde eine vergleichbare Steinfreiheit wie bei der konventionellen PCNL erreicht. Zudem erwies sich die Methode bei Kindern laut Autoren als sicher und effektiv (101).

Mit 4,8 Charr. wird eine weitere deutliche Miniaturisierung erreicht, welche zuerst durch Markus Bader et al. beschrieben wurde. Diese Methode wurde durch Desai et al. weiter entwickelt und als Microperc bezeichnet. Sie kann bei Steinen unter 1 cm Anwendung finden. Jedoch können bei dieser Technik die fragmentierten Steine nur in pulverisierter Form entfernt werden (99). In einer Studie um Desai et al. mit 10 Patienten, zwei davon Kinder, wurde eine Steinfreiheitsrate von 88,9 % und eine hohe Sicherheit und Effizienz beschrieben. Jedoch befindet sich diese Technik aktuell noch in der Entwicklungsphase (102).

Eine andere erkennbare Modifizierung ist die sog. Super-Mini-PCNL mit einem Nephroskop von 7 Charr. Durchmesser sowie einem Amplatzschaft mit einem Durchmesser zwischen 10 und 14 Charr. . Hier erfolgt die Steinentfernung durch Aspiration nach Steindesintegration mit einem Holmium-Laser. In einer multizentrischen Studie um Zeng et al. mit 146 Patienten, wurde eine Steinfreiheit von 90,1% und eine hohe Sicherheit und Effizienz beschrieben (103).

Nachteil der Miniaturisierung ist die Entstehung eines erhöhten Drucks im Nierenbeckenkelchsystem und die eingeschränkte Entfernung von größeren Stein-

fragmenten. Anhand weiterer Innovationen und Entwicklungen konnten diese Probleme behoben werden (99).

5 Limitationen der Studie

Die vorliegende retrospektive Studie weist eine Anzahl von Limitationen auf, die für die Interpretation der Ergebnisse wichtig sein können. Die Studie ist eine retrospektive Auswertung, somit konnte nicht die Daten aller Patienten erhoben werden. Eine genauere Datenerhebung hätte wohl auch die Ergebnisse gesprengt.

In der Übersichtsaufnahme sowie anhand der Sonographie wurde die Steingröße in Länge und Breite berechnet. Dadurch ergeben sich Ungenauigkeiten bei der Bestimmung der Steingröße. Diese hätten unter Einsatz eines 3D-CT's minimiert werden können, um die genauere Steingröße zu ermitteln (35). Darüber hinaus ist die Steinfreiheit allein auf der Grundlage einer Nierenleeraufnahme am ersten postoperativen Tag festgestellt worden. Dahingegen hat eine CT-Abdomen-Untersuchung eine präzisere Aussagekraft über die tatsächliche Steinfreiheit. Das Spiral-CT Abdomen hat eine höhere Sensitivität und Spezifität als eine konventionelle Röntgenaufnahme (104; 105). Denkbar wäre z.B. ein Vergleich der Steinfreiheit durch Nierenleeraufnahme und Spiral-CT des Abdomens. Dies sollte Gegenstand künftiger Arbeiten sein.

Das Follow-up bzw. die Nachuntersuchung 3 Monate nach Steinbehandlung mittels CT Abdomen, um Restkonkremente auszuschließen, wurde in dieser Arbeit nicht berücksichtigt.

Es fehlt eine Kontrollgruppe von Patienten mit Nierensteinen, die mit anderen Behandlungsmodalitäten therapiert wurde. Somit kann keine endgültige Aussage hinsichtlich der Überlegenheit der angewandten Methode gegenüber anderen Verfahren getroffen werden.

Des Weiteren berücksichtigt diese Studie nicht die Rezidivrate des Steinleidens. Die Hälfte aller Steinpatienten entwickelt in einem Zeitraum von 10 Jahren erneut Steine (10). Die vorliegende Studie untersucht Patienten unabhängig davon, ob es sich Erstereignisse oder Rezidivsteine handelt. Eine Aussage zur Rezidivrate in diesem Patientenkollektiv ist nicht möglich. Insofern kann die vorliegende Arbeit keine Aussage zur Rezidivhäufigkeit nach Mini-PCNL liefern.

6 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit untersucht von 2004 bis 2014 retrospektiv 970 Fälle nach einer Mini-PCNL Behandlung. Davon sind 570 (58,76%) männlichen und 400 (41,24%) weiblichen Geschlechts. Das Durchschnittsalter liegt bei 55,27 (Spannweite 6 – 89) Jahren. Die Indikation zur Mini-PCNL wird bei Steinen ab 10 mm² oder nach erfolgloser Behandlung eines Divertikelsteines mit URS bzw. ESWL gestellt.

Mit der Einführung der perkutanen Steintherapie in den 70-er Jahren und der Weiterentwicklung durch die Miniaturisierung des Instrumentes (Mini-PCNL) seit 2001 hat sich die Therapie grundlegend verändert. Dieser Trend hat sich über die Jahre bewährt und wächst mit breiter werdender Akzeptanz. Die Behandlungszahlen waren im zeitlichen Verlauf eindeutig zunehmend. Im Beobachtungszeitraum wurde insgesamt Steinfreiheit bei 948 Patienten (97,7%) erzielt. Bemerkenswert ist, dass bei 741 Patienten (76,4%) nach einmaliger Sitzung Steinfreiheit hergestellt wurde. Wiederholungseingriffe wurden bei 215 (22,2%) Patienten durchgeführt, dabei wurde Steinfreiheit bei 207 Patienten erreicht. Die durchschnittliche Krankenhausverweildauer lag bei 9,43 Tagen. Im untersuchten Zeitraum ließ sich zunehmend ein Trend zur kürzeren Verweildauer feststellen. Auch bei Multitrakt Mini-PCNL lag der Aufenthalt bei 13,2 Tagen.

Hinsichtlich der Steinfreiheit und Komplikationen bei anatomischen Anomalien der Niere waren keine wesentlichen Unterschiede zur normalen Anatomie erkennbar. Auch bei der Anwendung der Multitrakt Mini-PCNL bei n=16 waren keine Major-Komplikationen zu verzeichnen. Die gesamten Ergebnisse sind mit ähnlichen Publikationen vergleichbar.

Mit der Anwendung der Mini-PCNL wurde bei geringer Komplikationsrate und hoher Steinfreiheitsrate, unabhängig von der Steingröße, eine effiziente und sichere Behandlungsmodalität eingeführt. Diese Methode bietet zusätzlich eine kürzere Operationszeit und zeigt keine Einschränkungen bei Steinen >5cm² sowie bei besonderer anatomischer Konstellation des oberen Harntraktes. Zweck der Durchführung der Mini-PCNL ist die vollständige Steinfreiheit mit geringer Rate an Wiederholungseingriffen zu erreichen. Aufgrund der nicht zu

unterschätzenden möglichen Komplikationen ist der Einsatz der Methode nur von erfahrenen Operateuren vorzunehmen.

7 Quellen- und Literaturverzeichnis

1. **Trinchieri A, Curhan G, Karlsen S, Jun Wu K.** Epidemiology. [Buchverf.] Conort P, Khoury S, Pak C, Preminger G.M., Tolley D Segura J. *Stone Disease*. Paris : Health Publications , 2003, S. 13 ff.
2. **Bichler KH, Strohmaier WL, Eipper E, Lahme S.** *Das Harnsteinleiden*. 52. Tübingen : Lehmanns Media-LOB.de, 2007. S. 13-28. 978-3-86541-165-5.
3. **Hausmann, H.** *Illustrierte Geschichte der Urologie*. [Hrsg.] Dietrich HG Konert J. Berlin Heidelberg : Springer-Verlag , 2004. S. 1-38. 3-540-08771-0.
4. **Desnos, E.** *The history of Urology*. [Hrsg.] LJ Murphy. Illinois : Springfield, 1972. S. 152-187.
5. **Bichler, KH.** *Urologie 1945-1990 - Entwicklung und Vernetzung der Medizin in beiden deutschen Staaten*. [Hrsg.] Moll FH, Fangerau H Halling T. Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2015. S. 253-265. 978-3-662-48178-3.
6. **Desai MR, Ganpule AP.** Percutaneous Nephrolithotomy (PCNL). [Buchverf.] Tiselius HG, Albala DM, Ye Z Talati JJ. *Urolithiasis - Basic Science and Clinical Practice*. London : Springer-Verlag, 2012, S. 417-426.
7. **von Knobloch, R.** *Endoskopische Urologie*. [Hrsg.] R Hoffmann. 2. Heidelberg : Springer Medizin Verlag, 2009. S. 205-226. 978-3-642-01166-5.
8. **Schmiedt E, Chaussy, C.** Die extrakorporale Stoßwellenlithotripsie von Nieren- und Harnleitersteinen. *Deutsches Ärzteblatt*. 82, 30. Januar 1985, Bd. 5, A, S. 247-251.
9. **Schnabel MJ, Brummeisl W, Burger M, Rassweiler JJ, Knoll T, Neisius A et al.** Stoßwellenlithotripsie in Deutschland - Ergebnisse einer deutschlandweiten Umfrage. *Der Urologe*. 31. Juli 2015, Bd. 54, 9, S. 1277-1282.
10. **Osther, P.J.S.** Epidemiology of Kidney Stones in the European Union. [Buchverf.] Albala DM, Ye Z, Talati JJ Tiselius HG. *Urolithiasis - Basic Science and Clinical Practice*. London : Springer-Verlag, 2012, S. 3-12.

11. **Greten, H.** *Innere Medizin Verstehen - Lernen - Anwenden*. 12. Stuttgart : Georg Thieme Verlag, 2005. S. 198-271. Bd. 1. 3-13-552212-1.
12. **Hautmann R, Straub M.** Urolithiasis-Harnsteinerkrankung. [Buchverf.] Hautmann. *Urologie*. Heidelberg : Springer Medizin Verlag Heidelberg, 2010, S. 270-297.
13. **Bichler KH, Strohmaier WL, Eipper E, Lahme S.** *Das Harnsteinleiden*. Berlin : Lehmanns Media- LOB.de, 2007. S. 31-375. 978-3-86541-165-5.
14. **Müller SC, Hofmann R, Köhmann KU, Hesse A.** Epidemiologie, instrumentelle Therapie und Metaphylaxe des Harnsteinleidens. *Deutsches Ärzteblatt*. 7. Mai 2004, Bd. 101, 19, S. 1331-1336.
15. **Strohmaier WL, Bichler KH.** Cellular Aspects of Stone Formation. [Buchverf.] Strohmaier WL, Wilbert DM, Mattauch W Bichler KH. *Urolithiasis*. Tübingen : Attempto Verlag, 1996, S. 1-12.
16. **Straub, M.** Pathogenese und konservative Therapie. [Buchverf.] Miller K Jocham D. *Praxis der Urologie*. 3. Stuttgart : Georg Thieme Verlag KG, 2007, Bd. 1, 40, S. 582-604.
17. **Daudon M, Jungers P.** Stone Composition and Morphology: A Window on Etiology. [Buchverf.] Albala DM, Ye Z, Talati JJ Tiselius HG. *Urolithiasis: Basic Science and Clinical Practice*. London : Springer-Verlag, 2012, 15, S. 113-140.
18. **Tiselius HG, Borghi L, Brändle E, Buck C, Coe FL, Hautmann R, Khan SR, Ryall RL, Schor N.** Biochemistry. [Buchverf.] Conort P, Khoury S, Pak C, Preminger GM, Tolley D Segura J. *Stone Disease*. Paris : Health Publications, 2003, S. 31-122.
19. **D.K, Ackermann.** Metaphylaxis of Organic Stones. [Buchverf.] Strohmaier WL, Wilbert DM, Mattauch W (eds.) Bichler KH. *Urolithiasis*. Tübingen : Attempto Verlag , 1996, S. 61-72.
20. **Hesse A, Tiselius HG, Jannen A.** *Urinary Stones Diagnose, Treatment, and Prevention of Recurrence*. 2. Basel : S. Karger AG, 2002. S. 7-227. 3-8055-7370-7.

21. **Seitz C, Fajkovic H.** Observation versus active Treatment. [Buchverf.] Pearls MS, Knoll T. *Clinical Management of Urolithiasis*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2013, 4, S. 29-42.
22. **Knoll T, Pearle MS.** Indication for Active Treatment and Procedure Selection. *Clinical Management of Urolithiasis*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2013, 5, S. 43-50.
23. **Wilbert, DM.** State of the Art: Percutaneous Nephrolithotomy. [Buchverf.] Strohmaier WL, Wilbert DM, Mattauch W Bichler KH. [Hrsg.] KH Bichler. *Urolithiasis*. Tübingen : Attempto-Verlag Gmbh, 1996, S. 95-100.
24. **Wilhelm K, Fritsche HM, Netsch C.** Perkutane Steintherapie heute: Standard-, Mini-, Mikro-, Ultramini-PCNL. *Aktuelle Urologie*. 2015, 46, S. 297-302.
25. **Zeng G, Zhong W, He Z.** Minimally Invasive Percutaneous Nephrolithotomy: The Chinese Approach. [Buchverf.] Albala DM, Ye Z, Talati JJ Tiselius HG. *Urolithiasis-Basic Science and Clinical Practice*. London : London Springer-Verlag, 2012, S. 433-438.
26. **Straub B, Miller K.** Interventionelle Steintherapie. [Buchverf.] Miller K Jocham D. *Praxis der Urologie*. Stuttgart : Georg Thieme Verlag, 2007, Bd. 1, 41, S. 605-624.
27. **Ritter M, Krombach P, Michel M.** Percutaneous Stone Removal. *European urology supplements*. 2011, 10, S. 433-439.
28. **Vagra, Z.** Perkutane endoskopische Therapieverfahren der Niere . [Buchverf.] R Hoffmann. *Endoskopische Urologie*. 2. Heidelberg : Springer Medizin Verlag, 2009, 20, S. 228-245.
29. **Miller NL, Matlaga BR, Kim SC, Lingeman JE.** Access Techniques for Percutaneous Renal Surgery. [Hrsg.] Ono Y Baba S. *Interventional Management of Urological Diseases*. Tokyo Berlin Heidelberg New York : Springer-Verlag , 2006, S. 1-23.

30. **Knoll T, Wendt-Nordahl G, Alken P.** Perkutane Nephrolithotomie - Indiaktionen, Durchführung und heutiger Stellenwert. *Der Urologe*. 1. März 2005, 44, S. 299-308.
31. **Lahme S, Zimmermanns V, Hochmuth A, Janitzki V.** Minimal-Invasive PCNL (Mini Perc) - Alternative oder Ersatz für konventionelle PCNL? *Der Urologe*. 5, 30. März 2008, 47, S. 563-568.
32. **Lahme, S.** Percutaneous Nephrolithotomy: Mini-Perc. [Buchverf.] Andreassen KH, Bach C, Bach T, Hesse A, Hess B, Buchholz N et al. *The Stone Handbook*. Milan : Edizioni Scripta Manent snc, 2013, S. 199-210.
33. **Knoll T, Bach T, Humke U, Neisus A, Stein R, Schönthaler M, Wendt-Nordahl G.** S2k-Leitlinie zur Diagnostik, Therapie und Metaphylaxe der Urolithiasis (AWMF 043/025). *Urologe*. 21. Juni 2016, Bd. 55, 7, S. 904-922.
34. *Leitlinien zur Diagnostik, Therapie und Metaphylaxe der Urolithiasis.* **T, Knoll.** Sindelfingen : s.n., Februar 2009, S. 1-144.
35. **Olcott EW, Sommer FG, Napel S.** Accuracy of detection and measurement of renal calculi: in vitro comparison of three-dimensional spiral CT, radiography and nephrotomography. *RNSA Radiology*. 204, July 1997, 1, S. 19-25.
36. **Denstedt J, Haupt G, Leveillee R, Moran M, Siegel Y, Watson G.** Intracorporel Lithotripsy. [Buchverf.] Conort P, Khoury S, Pak C, Preminger GM, Tolley D Segura J. *Stone Disease*. 21. Paris : Health Publications, 2003, S. 213-247.
37. **Olbert, P.** Lithotripsietechniken. [Buchverf.] R Hofmann. [Hrsg.] R Hofmann. *Endoskopische Urologie*. 2. Heidelberg : Springer Medizin Verlag, 2009, 17, S. 190-194.
38. **Hampel C, Thüroff JW.** Perkutane Nephrolitholapaxie. [Buchverf.] Heidenreich A Albers P. *Standardoperationen in der Urologie*. Stuttgart : Georg Thieme Verlag KG, 2006, S. 471-478.
39. **Team, R Core. R: A language and environment for statistical computing.** <https://www.R-project.org/>. [Online] R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2016.

40. **Knoll, T.** Urolithiasis. [Hrsg.] Sparwasser C, Weidner W Schmelz H U. *Facharztwissen Urologie*. s.l. : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014, 14, S. 121-136.
41. **Jr, Scales C D.** Epidemiology of Stone Disease. [Hrsg.] Pearle M S Knoll T. *Clinical Management of Urolithiasis*. Berlin Heidelberg : Springer -Verlag Berlin Heidelberg, 2013, S. 1-8.
42. **Nazly O, Ozyurt C, Günaydun G, Cüreklibatyr Y, Cykyly N, Gürsan A et al.** Epidemiological aspects of urinary lithiasis and results of stone analysis in the aegean region of turkey. [Buchverf.] Tiselius H G. *Urinary stone- aspects on their formation, removal and prevention*. Edsbruk : s.n., 1996, S. 65-66.
43. **Armitage J N, Irving S O, Burgess N A.** Percutaneous Nephrolithotomy in the united kingdom: Results of a prospective data registry. *European urology*. January 2012, 61, S. 1188-1193.
44. **Allen AR, Thompson EM, Williams G, Watts RW, Pusey CD.** Selective renal transplantation in promary hyperoxaluria type 1. *Am J Kidney Dis*. 1996, Bd. 27, S. 891-895.
45. **Zechner O, Pflüger H, Latal D, Scheiber V.** Der Einfluß epidemiologischer Faktor auf das Rezidivbildungsverhalten von Harnsteinen. [Buchverf.] Frohmüller H. Berlin Heidelberg New York : Springer-Verlag, 1981, S. 342-343.
46. **Ortiz C T, Meza Martinez A I, Vincens Morton, Villa Reyes H, Feixas S C, Suarez Novo J F et al.** Obesity in percutaneous Nephrolithotomy. Is Body Mass Index really Important. *Endourology Stone*. 2014, 84, S. 538-543.
47. **Kamphuls G M, Baard J, Westendarp M, de la Rosette J J M C H.** Lessons learned from the CROES percutaneous nephrolithotomy global study. *World Journal Urology*. 7. August 2014, 33, S. 223-233.
48. **Fahmy N, Denstedt J.** Patient Selection and Informed Consent. [Hrsg.] Rane A Monga M. *Percutaneous Renal Surgery*. United Kingdom : Wiley Blackwell, 2014, S. 46-58.
49. **T, Knoll.** S2-Leitlinien zur Diagnostik, Therapie und Metaphylaxe der Urolithiasis. *Urologe*. 9. Juli 2009, 48, S. 917-924.

50. **Türk C, Knoll T, Petrik A, Sarica K, Skolarikos A, Straub M, Seitz C.** uroweb.org. [Online] 2016. [Zitat vom: 2. September 2016.]
<http://uroweb.org/guideline/urolithiasis/#3>.
51. **Snow-Lisy, Monga M.** Ureterscopy for Ureteral Stones: Case Discussion of Impacted Stone. [Buchverf.] Pearle MS Nakada SY. *Surgical Management of Urolithiasis*. New York Heidelberg Dordrecht London : Springer Science + Business Media, 2013, 8, S. 91-111.
52. **Iqbal MW, Lipkin ME, Preminger GM.** Percutaneous Stone Removal: Case Discussion on Stones in a Horseshoe Kidney. [Buchverf.] Pearle MS Nakada SY. [Hrsg.] Pearle MS Nakada SY. *Surgical Management of Urolithiasis: Percutaneous, Shockwave and Ureteroscopy*. New York Heidelberg : Springer , 2013, 4, S. 31-46.
53. **Ei-Nahas AR, Shokeir AA.** Minimally Invasive Treatment of Calculi in Renal Anomalies. [Buchverf.] Talatai JJ et al. [Hrsg.] Talatai JJ et al. *Urolithiasis*. London : Springer -Verlag, 2012, 73, S. 575-585.
54. **Lingemann J, Bhojani N.** ESWL Principles. [Hrsg.] Pearle MS Nakada SY. *Surgical management of urolithiasis. Percutaneous, Shockwave and Ureteroscopy*. New York Heidelberg Dordrecht London : Springer Science + Business New York, 2013, 12, S. 151-158.
55. **Sivalingam S, Nakada SY.** Ureterscopy for Renal Stones with Case Discussion of Lower Pole Stones. [Buchverf.] Pearle MS Nakada SY. *Surgical Management of Urolithiasis*. New York Heidelberg Dordrecht London : Springer Science+Business Media, 2013, S. 113-124.
56. **Kamat N, Khandelwal P.** Laparoscopic pyelolithotomy - A technique for the management of stone on the ectopic pelvic kidney. *International Journal of Urology*. July 2004, Bd. 11, 7, S. 581-584.
57. **Zhan HL, Li Z, Zhou X, Yang F, Huang J, Lu M.** Supine Lithotomy versus Prone Position in Minimally Invasive Percutaneous Nephrolithotomy for Upper Urinary Tract Calculi[^]. *Urologia Internationals*. 13. April 2013, Bd. 91, S. 320-325.

58. **Ghani KR, Andonian S, Bultitude M, Desai M, Giusti G, Okhunov Z et al.** Percutaneous Nephrolithotomy: Update, Trends and Future Directions. *European Urology*. 28. January 2016, Bd. 70, S. 382-396.
59. **Knoll T, Wezel F, Michel MS, Honeck P, Wendt-Nordahl G.** Do Patients Benefit from Miniturized Tubeless Percutaneous Nephrolithotomy? A Comparative Prospective Study. *Journal of Endourology*. July 2010, Bd. 24, S. 1075-1079.
60. **Abdelhafez MF, Amend B, Bedke Jens, Kruck S, Nagele U, Stenzl A, Schilling D.** Minimally Invasive Percutaneous Nephrolithotomy: A Comparative Study of the Management of Small and Large Renal Stones. *Urology*. 2013, Bd. 81, 2, S. 241-245.
61. **Cheng F, Yu W, Zhang X, Yang Sixing, Xia Y, Ruan Y.** Minimally Invasive Tract in Percutaneous Nephrolithotomy for Renal Stones. *Journal of Endourology*. October 2010, Bd. 24, S. 1579-1582.
62. **Xu G, He Y, Zhao H, Jiang X, Feng G, Yang W, et al.** Mini-nephroscope combined with pressure suction: an effective tool in MPCNL for intrarenal stones in patients with urinary tract infections. *Urolithiasis*. February 2016, Bd. 44, 5, S. 445-450.
63. **Pan J, Chen Q, Xue W, Chen Y, Xia L, Chen H, Huang Y.** RIRS versus mPCNL for single renal stones of 2-3 cm: clinical outcome and cost-effective analysis in Chinese medical setting. *Urolithiasis*. 23. Dezember 2012, Bd. 41, S. 73-78.
64. **Zong G, Zhu W, Li J, Zhao Z, Zeng T, Liu C, Liu Y, Yuan J, Wan SP.** The comparison of minimally invasive percutaneous nephrolithotomy and retrograde intrarenal surgery for stones larger than 2 cm in patients with a solitary kidney: a matched-pair analysis. *World J Urol*. 9. Oktober 2014.
65. **Dindo D, Demartines N, Clavien PA.** Classification of Surgical Complications: A New Proposal With Evaluation in a Cohort of 6336 Patients and Results of a Survey. *Annals of Surgery*. August 2004, Bd. 240, 2, S. 205-213.

66. **Seitz C, Desai M, Häcker A, Hakenberg OW, Liatsikos E, Nagele U, Tolley D.** Incidence, Prevention and Management of Complications Following Percutaneous Nephrolitholapaxy. [Hrsg.] European Association of Urology. *European Urology*. 28. September 2011, Bd. 61, S. 146-158.
67. **Michel MS, Trojan L, Rassweiler JJ.** Complications in Percutaneous Nephrolithotomy. *European Urology*. 2007, Bd. 51, S. 899-906.
68. **Opondo D, Tefekli A, Esen T, Labate G, Sangam K, De Lisa A et al.** Impact of Case Volumes on the Outcome of Percutaneous Nephrolithotomy. *European Urology*. 15. March 2012, Bd. 62, S. 1181-1187.
69. **Ganpule AP, Desai MR.** Percutaneous Nephrolithotomy. [Buchverf.] Pearle MS Knoll T. [Hrsg.] Pearle MS Knoll T. *Clinical Management of Urolithiasis*. Heidelberg New York : Springer, 2013, 11, S. 105-116.
70. **Ghani KR, Sammon JD, Bhojani N, Karakiewicz I, Sun M, Sukumar S et al.** Trends in Percutaneous Nephrolithotomy Use and Outcomes in the United States. *The Journal of Urology*. August 2013, Bd. 190, S. 558-564.
71. **Davidoff R, Bellman GC.** Influence of technique of percutaneous tract creation on incidence of renal hemorrhage. *The Journal of Urology*. April 1997, Bd. 157, 4, S. 1229-1231.
72. **Osman M, Wendt-Nordahl G, Heger K, Michel MS, Alken P, Knoll T.** Percutaneous nephrolithotomy with ultrasonography-guided renal access: experience from over 300 cases. *BJU International*. 9. September 2005, Bd. 96, 6, S. 875-878.
73. **Hentschel H, Janitzky V, Weirich T.** Perkutane Nephrolitholapexie (PNL) - immer effektiv und komplikationslos? *Aktuelle Urologie*. 2007, Bd. 38, S. 232-236.
74. **Brodie KE, Lane VA, Lee TWJ, Roberts JP, Raghavan A, Hughes D, Godbole PP.** Outcome following `mini` percutaneous nephrolithotomy for renal calculi in children. A single-centre study. *Journal of Pediatric Urology*. June 2015, Bd. 11, 3, S. 120-125.

75. **Bilen CY, Kocak B, Kitirci G, Özkaya O, Sarikaya S.** Percutaneous Nephrolithotomy in Children: Lessons Learned in 5 Years at a Single Institution. *The Journal of Urology*. May 2007, Bd. 177, 5, S. 1867-1871.
76. **Ferakis N, Stavropoulos M.** Mini percutaneous nephrolithotomy in the treatment of renal and upper ureteral stones: Lessons learned from a review of the literature. *Urology Annals*. April 2015, Bd. 7, 2, S. 141-148.
77. **Zeng G, Mai Z, Zhao Z, Li X, Zhong W, Yuan J, Wu K, Wu W.** Treatment of upper urinary calculi with Chinese minimally invasive percutaneous nephrolithotomy: a single-center experience with 12 482 consecutive patients over 20 years. *Urolithiasis*. 8. Januar 2013, Bd. 41, S. 225-229.
78. **Pickens RB, Miller NL.** Complications of Ureteroscopy. [Hrsg.] Pearle MS Nakada SY. *Surgical Management of Urolithiasis Percutaneous, Shockwave and Ureteroscopy*. New York Heidelberg Dordrecht London : Springer Science+Business Media, 2013, S. 137-148.
79. **Abdel-Razzak OM, Bagley DH.** Clinical experience with flexible ureteropyeloscopy. *J Urol*. December 1992, Bd. 148, 6, S. 1788-1792.
80. **Francesca F, Scattoni V, Nava L, Pompa P, Grasso M, Rigatti P.** Failures and complications of tranurethral ureteroscopy in 297 cases: conventional rigid instrument vs. small caliber semirigid ureteroscopes. *Eur Urol*. 1995, Bd. 28, 2, S. 112-115.
81. **Haq Tu, Salam B.** Percutaneous Nephrostomy, Antegrade Stent Placement, and Radiological Control of Post-PCNL Bleeding. [Buchverf.] Talati JJ et al. *Urolithiasis*. London : Springer-Verlag, 2012, 54, S. 439-444.
82. **De S, Autorino R, Kim FJ, Zargar H, Laydner H, Balsamo R et al.** Percutaneous Nephrolithotomy Versus Retrograde Intrarenal Surgery: A Systematic Review and Meta-analysis. *European Urology*. 2015, Bd. 67, S. 125-137.
83. **de Cogain MR, Krambeck AE.** Complications of Shock Wave Lithotripsy. [Hrsg.] Pearle MS Nakada SY. *Surgical Management of Urolithiasis*. New York

Heidelberg Dordrecht London : Springer Science+Business Media , 2013, 14, S. 177-189.

84. **Wilbert DM, Heinz A, Jocham D, Eisenberger F, Chaussy C.**

Complications of extracorporeal shock wave lithotripsy using portable equipment: a multicenter study. *Der Urologe*. May 1997, Bd. 36, 3, S. 217-221.

85. **Ktari K, Saidi R, Mahjoub M, Hamdouni W, Macherki S, Ben Khalifa B, et al.** What are the predictive factors of the pain during the treatment of kidney stones by extra-corporeal shockwave lithotripsy. *Progres en urologie*. 2015, Bd. 25, 12, S. 698-704.

86. **Bichler K.-H, Strohmaier WL, Eipper E, Lahme S.** *Das Harnsteinleiden*. Kempten : AZ Druck und Datentechnik, 2007. S. 139-282. 978-3-86541-165-5.

87. **Aboutaleb, H.** Fluoroscopy free flexible ureteroscopy with holmium: Yttrium-aluminium-garnetlaser lithotripsy for removal of renal calculi. *Arab Journal of Urology*. 2016, Bd. 14, 2, S. 123-130.

88. **Cormio L, Preminger G, Saussine C, Buchholz NP, Zhang X, Walfridsson H et al.** Nephrostomy in percutaneous nephrolithotomy (PCNL): does nephrostomy tube size matter? Results from the Global PCNL Study from the clinical Reserach Office Endourology Society. *World journal of Urology*. Decemeber 2013, Bd. 31, 6, S. 1563-1568.

89. **Resorlu B, Kara C, Sahin E, Unsal A.** Comparison of nephrostomy darinage types following percutaneous nephrolithotomy requiring multiple tracts: single tube versus multiple tubes versus tubless. *Urologia Internationalis*. 2011, Bd. 87, 1, S. 23-27.

90. **Olvera-Posada, Tailly T, Alenezi H, Violette PD, Nott L, Denstedt JD et al.** Risk Factors for Postoperative Complications of Percutaneous Nephrolithotomy at a Tertiary Referral Center. *Urolithiasis/Endourology*. December 2015, Bd. 194, S. 1646-1651.

91. **Schuster F, Schneider M, Steinbach F.** Ergebnisse und Komplikationen der minimal-invasiven perkutanen Nephrolitholapaxie (Mini-PCNL) bei 102

konsekutiven Patienten. *Journal für Urologie und Urogynäkologie*. 2008, Bd. 15, 2, S. 9.

92. **Abdel-Khalek M, Sheir KZ, Mokhtar AA, Eraky I, Kenawy M, Bazeed M.** Prediction of success rate after extracorporeal shock-wave lithotripsy of renal stones-- a multivariate analyse model. *Scandinavian Journal of Urology and Nephrology*. 2004, Bd. 38, 2, S. 161-167.

93. **Telli O, Gocke MI, Ozturk E, Suer E, Mermerkaya M, Afandiyex F et al.** What is the best option for 10-20mm renal pelvic stones undergoing ESWL in the pediatric population:stenting, alpha blocker or conservative follow-up? *Journal of Pediatric Surgery*. September 2015, Bd. 50, 9, S. 1532-1534.

94. **Sofer M, Watterson JD, Wollin TA, Nott L, Razvi H, Denstedt JD.** Holium: YAG Laser Lithotripsy for Upper Urinary Tract Calculi in 598 Patients. *The Journal of Urology*. 2002, Bd. 167, 1, S. 31-34.

95. **Breda A, Ogunyemi O, Leppert JT, Schulam PG.** Flexible ureteroscopy and laser lithotripsy for multiple unilateral intrarenal stones. *European Urology*. May 2009, Bd. 55, 5, S. 1190-1196.

96. **Singla M, Srivastava A, Kapoor R, Gupta N, Ansari MS, Dubey D, Kumar A.** Aggressive approach to staghorn calculi-safety and efficacy of multiple tracts percutaneous nephrolithotomy. *Urology*. Juni 2008, Bd. 71, 6, S. 1039-1042.

97. **Guohua Z, Zhong W, Li X, Wu K, Chen W, Lei M, He Z.** Minimally invasive percutaneous nephrolithotomy for staghorn calculi: a novel single session approach via multiple 14-18Fr tracts. *Surgical Laparoscopy Endoscopy and Percutaneous Technique*. 2007, Bd. 17, 2, S. 124-128.

98. **Aron M, Yadav R, Goel R, Kolla SB, Gautam G, Hemal AK, Gupta NP.** Multi-tract percutaneous nephrolithotomy for large complete staghorn calculi. *Urologia Internationalis*. 2005, Bd. 75, 4, S. 327-332.

99. **Ganpule AP, Bhattu AS, Desai M.** PCNL in the twenty-first century: role of Microperc, Miniperc, and Ultraminiperc. *World J Urol*. 15. 10 2014, Bd. 33, S. 235-240.

100. **Wilhem K, Hein S, Adams F, Schlager D, Miernik A, Schoenthaler M.** Ultra-mini PCNL versus flexible ureteroscopy: a matched analysis of analgesic consumption and treatment-related patient satisfaction in patients with renal stones 10-35 mm. *World J Urol.* 33, 14. 05 2015, S. 2131-2136.
101. **Dede O, Sancaktutar AA, Daqquli M, Utanqac M, Bas O, Penbequl N.** Ultra-mini-percutaneous nephrolithotomy in pediatric nephrolithiasis: both low pressure and high efficiency. *J Pediatr Urol.* 10 2015, Bd. 11, 5, S. 253.
102. **Desai MR, Sharma R, Mishra S, Sabnis RB, Stief C, Bader M.** Single-step percutaneous nephrolithotomy (microperc): the initial clinical report. *J Urol.* 07 2011, Bd. 186, 1, S. 140-145.
103. **Zeng G., Wan S., Zaho Z., Tuerxun A., Song C., Zhong L., et al.** Super-mini percutaneous nephrolithotomy (SMP): a new concept in technique and instrumentation. *BJU International.* 2015, 117, S. 655-661.
104. **Pearle M. S, Nakada S.Y.** *Urolithiasis Medical and Surgical management.* London : Informa UK, 2009. ISBN-13: 9781891896880.
105. **Michel MS, Thüroff JW, Janetschek G, Wirth M.** *Die Urologie Retroperitoneum Niere Harnblase Harnröhre Tumotherapie.* Berlin Heidelberg : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2016. ISBN 978-3-642-39940-4.
106. **van Emmerich. C, Metzinger B.** Qualitätssicherung mit Routinedaten aus Sicht der Deutschen Krankenhausgesellschaft. [Buchverf.] ossen. *Krankenhaus-12-10 Qualitätssicherung mit Routinedaten.* 2010, S. 1177-1182.
107. **Swart. E, Ihle. P, Gothe. H, Matusiewicz. D.** *Routinedaten im Gesundheitswesen.* Bern : Hans Huber, 2014. 978-3-456-95435-6.
108. *S2k-Leitlinie zur Diagnostik, Therapie und Metaphylaxe der Urolithiasis.* **Knoll T, Bach T, Humke U, Neisius A, Stein R, Schönthaler M, Wendt-Nordahl G.** [Hrsg.] Deutsche Gesellschaft für Urologie e.V. Berufsverband der Deutschen Urologen e.V. Arbeitskreis Harnsteine der Akademie der Deutschen Urologen. Düsseldorf : Deutsche Gesellschaft für Urologie, 2015, Akademie der Deutschen Urologen.

8 Anhang

Datenerfassungsbogen zur perkutanen Op-Verfahren
Klinik für Urologie
Siloah St. Turdperit Klinikum

Patientenaufkleber:

OP-Datum:
.....

OP-Dauer ab Umlagerung:
.....

Art des Eingriffes:	<input type="radio"/> Mini-PCNL	<input type="radio"/> Perfect Perc
---------------------	--	---

- Ersteingriff Folgeeingriff

Steinlokalisierung: rechts links

- | | | | |
|--|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Kelch | <input type="checkbox"/> OKG | <input type="checkbox"/> MKG | <input type="checkbox"/> UKG |
| <input type="checkbox"/> Divertikel | <input type="checkbox"/> OKG | <input type="checkbox"/> MKG | <input type="checkbox"/> UKG |
| <input type="checkbox"/> Nierenbecken | | | |
| <input type="checkbox"/> Ausgußstein (oder multiple NK-Steine) | | | |
| <input type="checkbox"/> Ureter/Infundibulumstein | | | |

Steingröße: Länge x Breite (mm)

Amplatzschaft: 15 Ch 14 Ch 12 Ch 10 Ch

- Instrumente:** Perfect Perc
 Nephroskop
 flex. URS
 flex. Cystoskop

Nephrostomie: 14 Ch 12 Ch Pigtail

Erzielte endoskopische Steinfreiheit: Ja Nein

Besonderheiten:

9 Erklärung zum Eigenanteil der Dissertationsschrift

Ich erkläre, dass ich die der medizinischen Fakultät Tübingen zur Promotion eingereichte Dissertation mit dem Titel

Ergebnisse der Minimal invasiven perkutanen Nephrolitholapaxie (Mini-PCNL) – Eine retrospektive klinische Untersuchung von n= 970 Patienten

in der Klinik für Urologie der Siloah St. Trudpert Klinikum Pforzheim, unter Betreuung von Prof. Dr. med. S. Lahme selbstständig ohne sonstige Hilfe durchgeführt wurde. Es handelt sich absolut um meine eigenständige erbrachte Leistung.

Herr Prof. Dr. med. Lahme war an der Konzeption der Studie beteiligt, er hat die Arbeit betreut und hat das Manuskript korrigiert. Bei der Abfassung der Dissertation habe ich keine anderen als die dort angegebenen Quelle und Hilfsmittel benutzt.

Ich habe diese Dissertation bislang an keiner in- oder ausländischen Hochschule zur Promotion eingereicht. Weiterhin versichere ich, dass ich den beantragten Titel bisher noch nicht erworben habe.

Pforzheim, den 01.03.2019

Joseph Anudu

10 Danksagung

Hiermit bedanke ich mich bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Sven Lahme für die Geduld, Verständnis und exzellente Betreuung meiner Doktorarbeit.

Ich bedanke ebenfalls ganz herzlich Herrn Dr. med. Zimmermanns und Dr. med. Böckenfeld für die Unterstützung und Durchsicht meiner Doktorarbeit. Ein spezieller Dank geht an Frau Christina Ullrich, die mich geduldig unterstützte und jederzeit für Fragen aller Art zur Verfügung stand.

Ein ganz besonderer Dank geht an meinen Sohn Alexander Shawn Anudu, meine Eltern und Geschwister, die mir während der Anfertigung dieser Doktorarbeit zur Seite standen und mich kräftig unterstützen und Ihnen widme ich diese Doktorarbeit.