

Aus der
Urologischen Klinik und Poliklinik
Klinik der Universität München
Direktor: Prof. Dr. Christian Stief



Beeinflussung verschiedener Parameter im Rahmen der Steintherapie aufgrund der operativen Erfahrung

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Bernhard Martin Felix Lorenz

aus
München

Jahr
2024

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Frank Strittmatter

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Peter Schneede

Dekan: Prof. Dr. med. Thomas Gudermann

Tag der mündlichen Prüfung: 06.06.2024

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	iv
Abbildungsverzeichnis.....	v
Abkürzungsverzeichnis.....	vi
1 Einleitung	1
1.1 Entwicklungsgeschichte der Ureterorenoskopie (URS).....	1
1.2 Einsatz der URS	1
1.3 Steintherapie: ESWL vs. PCNL vs. URS.....	2
1.4 Semirigide, flexible URS und Hilfsmittel	3
1.5 Wichtige Parameter der URS	4
1.5.1 Steinfreiheitsraten der URS	4
1.5.2 Komplikationsraten der URS.....	5
1.5.3 Röntgenzeit und Röntgenexposition der URS.....	6
1.6 Einfluss der operativen Erfahrung auf das Outcome der URS.....	6
1.7 Zielsetzung und Fragestellung.....	8
2 Material & Methodik.....	9
2.1 Datenerhebung und Einschlusskriterien	9
2.2 Studiendesign	10
2.2.1 Operateure	10
2.2.2 Intrapersonale Lernkurve.....	10
2.2.3 Interpersonale Lernkurve.....	11
2.3 Primäre und sekundäre Endpunkte.....	11
2.3.1 Primäre Endpunkte (Outcomeparameter)	11
2.3.1.1 Steinfreiheitsrate	11
2.3.1.2 Komplikationsrate	11
2.3.1.3 Operationszeit.....	12
2.3.1.4 Röntgenzeit und Röntgenexposition.....	12

2.3.2	Sekundäre Endpunkte (Instrumentenparameter).....	12
2.3.2.1	URS-Typ	12
2.3.2.2	Extraktionsmethode	12
2.3.2.3	Einführungsschleuse	13
2.3.2.4	Laser.....	13
2.3.2.5	Präoperative DJ-Schiene	13
2.3.2.6	Postoperative DJ-Schiene.....	13
2.3.2.7	Liegedauer der postoperativen DJ-Schiene.....	13
2.4	Durchführung und Technik der Ureterorenoskopie.....	13
2.5	Statistische Auswertung	14
3	Ergebnisse.....	16
3.1	Intrapersonale Lernkurve für die URS	16
3.1.1	Patientencharakteristika	16
3.1.2	Steincharakteristika.....	19
3.1.3	Instrumentencharakteristika	22
3.1.4	Outcomeparameter.....	30
3.1.4.1	Steinfreiheitsrate.....	30
3.1.4.2	Komplikationsrate	31
3.1.4.3	Operationszeit.....	32
3.1.4.4	Röntgendauer und Röntgendosis.....	33
3.2	Interpersonale Lernkurve für die URS	36
3.2.1	Patientencharakteristika	36
3.2.2	Steincharakteristika.....	39
3.2.3	Instrumentencharakteristika	43
3.2.4	Outcomeparameter.....	47
3.2.4.1	Steinfreiheitsrate.....	47
3.2.4.2	Komplikationsrate	48
3.2.4.3	Operationszeit.....	49

3.2.4.4	Röntgendauer und Röntgendosis	50
4	Diskussion	53
4.1	Vergleichbare Stein- und Instrumentencharakteristika	54
4.2	Steinfreiheitsrate	54
4.2.1	Intrapersonale Lernkurve	55
4.2.2	Interpersonale Lernkurve	55
4.3	Komplikationsrate	56
4.3.1	Intrapersonale Lernkurve	56
4.3.2	Interpersonale Lernkurve	57
4.4	Operationszeit	58
4.4.1	Intrapersonale Lernkurve	58
4.4.2	Interpersonale Lernkurve	59
4.5	Röntgenzeit und Röntgenexposition	59
4.5.1	Intrapersonale Lernkurve	59
4.5.2	Interpersonale Lernkurve	60
4.6	Postoperativer DJ	61
4.6.1	Intrapersonale Lernkurve	61
4.6.2	Interpersonale Lernkurve	61
4.7	Limitationen	62
4.8	Schlussfolgerung	64
5	Zusammenfassung	66
6	Literaturverzeichnis	68
7	Danksagung	71
8	Eidstattliche Versicherung	72

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Patientencharakteristika der intrapersonalen Lernkurve (Übersicht)	18
Tabelle 2: Patientencharakteristika der intrapersonalen Lernkurve (p-Werte).....	18
Tabelle 3: Steincharakteristika der intrapersonalen Lernkurve (Übersicht).....	21
Tabelle 4: Steincharakteristika der intrapersonalen Lernkurve (p-Werte)	21
Tabelle 5: Instrumentencharakteristika der intrapersonalen Lernkurve (Übersicht)	28
Tabelle 6: Instrumentencharakteristika der intrapersonalen Lernkurve (p-Werte)	29
Tabelle 7: Outcomeparameter der intrapersonalen Lernkurve	35
Tabelle 8: Outcomeparameter der intrapersonalen Lernkurve (p-Werte)	35
Tabelle 9: Patientencharakteristika der interpersonalen Lernkurve (Übersicht)	38
Tabelle 10: Patientencharakteristika der interpersonalen Lernkurve (p-Werte).....	38
Tabelle 11: Steincharakteristika der interpersonalen Lernkurve (Übersicht).....	42
Tabelle 12: Steincharakteristika der interpersonalen Lernkurve (p-Werte)	42
Tabelle 13: Instrumentencharakteristika der interpersonalen Lernkurve (Übersicht)	46
Tabelle 14: Instrumentencharakteristika der interpersonalen Lernkurve (p-Werte)	46
Tabelle 15: Outcomeparameter der interpersonalen Lernkurve	52
Tabelle 16: Outcomeparameter der interpersonalen Lernkurve (p-Werte)	52
Tabelle 17: Valide Datenpunkte der intrapersonalen Lernkurve.....	62
Tabelle 18: Valide Datenpunkte der interpersonalen Lernkurve.....	63

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: intrapersonale Lernkurve: BMI (kg/m ²).....	17
Abbildung 2: intrapersonale Lernkurve: Steinlokalisierung	19
Abbildung 3: intrapersonale Lernkurve: Lokalisierung zusammengefasst.....	20
Abbildung 4: intrapersonale Lernkurve: URS-Typen	23
Abbildung 5: intrapersonale Lernkurve: URS-Typen zusammengefasst	24
Abbildung 6: intrapersonale Lernkurve: präoperative DJs.....	25
Abbildung 7: intrapersonale Lernkurve: postoperative DJs	26
Abbildung 8: intrapersonale Lernkurve: Liegedauer (Tage) postoperative DJs	27
Abbildung 9: intrapersonale Lernkurve: Steinfreiheitsrate.....	30
Abbildung 10: intrapersonale Lernkurve: Komplikationsrate	31
Abbildung 11: intrapersonale Lernkurve: Operationsdauer (min)	32
Abbildung 12: intrapersonale Lernkurve: Röntgendauer (s).....	33
Abbildung 13: intrapersonale Lernkurve: Röntgenbelastung (cGycm ²)	34
Abbildung 14: interpersonale Lernkurve: BMI (kg/m ²).....	37
Abbildung 15: interpersonale Lernkurve: Steinlokalisierung	40
Abbildung 16: interpersonale Lernkurve: Steinlokalisierung zusammengefasst.....	41
Abbildung 17: interpersonale Lernkurve: URS-Typ	43
Abbildung 18: interpersonale Lernkurve: URS-Typ zusammengefasst	44
Abbildung 19: interpersonale Lernkurve: Steinfreiheitsrate.....	47
Abbildung 20: interpersonale Lernkurve: Komplikationsrate	48
Abbildung 21: interpersonale Lernkurve: Operationsdauer (min)	49
Abbildung 22: interpersonale Lernkurve: Röntgendauer (s).....	50
Abbildung 23: interpersonale Lernkurve: Röntgenbelastung (cGycm ²)	51

Abkürzungsverzeichnis

ASA = American Society of Anesthesiologists

BMI = Body-Mass-Index

CA = Calciumapatit

CODH = Calciumoxalatdihydrat

COMH = Calciumoxalatmonohydrat

DJ = Doppel-J-Schiene (Ureterschiene)

ESWL = Extrakorporale Stoßwellenlithotripsie

FDP = Flächendosisprodukt

HWI = Harnwegsinfekt

fURS = flexibles Ureterorenoskop

H = Harnsäure

HK = Hauptkomponente

Ho:YAG-Laser = Holmium: Yttrium-Aluminium-Granat – Laser

IQR = Interquartilsabstand

KR = Komplikationsrate

Min. = Minimum

Max. = Maximum

mSv = Millisievert

OP = Operation

PCNL = Perkutante Nephrolitholapaxie

s = Standardabweichung

SFR = Steinfreiheitsrate

sURS = semirigides Ureterorenoskop

URS = Uretero(reno)skopie oder Uretero(reno)skop

1 Einleitung

1.1 Entwicklungsgeschichte der Ureterorenoskopie (URS)

Die Zusammenarbeit von Urologen und der Industrie führte in den letzten Jahrzehnten zur Entwicklung und stetigen Optimierung der Ureterorenoskopie (URS) und ihrer Hilfsmittel. Meilensteine in dieser Entwicklung waren die erste Ureterorenoskopie bei einem Kind im Jahr 1912 von Young (Young et al., 1929) sowie die erste flexible Ureterorenoskopie von Marshall im Jahr 1960 (Marshall, 1964).

Die erste Einführschleuse wurde 1974 von Takayasu und Aso eingesetzt (Takayasu et al., 1974). Es folgte 1978 die Ureterdilatation im Rahmen einer rigiden Ureterorenoskopie durch Lyon. 1983 wurde das Ureterorenoskop mittels einer flexiblen Spitze durch Bagley verbessert (Bagley, 1987). 1988 beschrieb Dreter erstmalig das semirigide Ureteroskop. Im selben Jahr wurde die erste Laserlithotripsie durch Ritchey durchgeführt. 1995 wurde über die heute noch als Goldstandard geltende Ho:YAG-Laserlithotripsie von Erhard erstmalig berichtet (Low et al., 2004). 1998 wurden erste Erfahrungen mit dem Nitinolkörbchen zur Stein(fragment)extraktion veröffentlicht (Low et al., 2004). Der erste Einsatz eines digitalen URS erfolgte 2008 („chip on the tip“) (Keller et al., 2019). Die letzte innovative Entwicklung ist die der Einmal-Ureterorenoskope (Keller et al., 2019).

1.2 Einsatz der URS

Das Ureterorenoskop (URS) ist ein Endoskop, das in der Urologie zur Diagnostik und Therapie eingesetzt wird. Der Einsatz erfolgt zur Tumorabklärung im oberen Harntrakt, zum Ausschluss bzw. zur Behandlung einer Nierenbeckenabgangsstenose und von Strikturen im Harnleiter sowie zur endourologischen Steinoperation. Obwohl auch größere Steine mittels URS therapiert werden können, wird sie hauptsächlich bei Steingrößen bis 2 cm Durchmesser verwendet (Seitz et al., 2018). Die Ureterorenoskopie erfolgt in der Regel in Allgemeinanästhesie, die Durchführung ist aber auch in Spinalanästhesie möglich (Seitz et al., 2018). Eine perioperative Antibiotikaphylaxe wird bei unauffälligen Urinverhältnissen und unkompliziertem OP-Verlauf als ausreichend angesehen. Bei kleinen distalen Harnleitersteinen und Patienten ohne erhöhtes Risikoprofil ist keine Prophylaxe erforderlich (DasGupta et al., 2009). Die

Möglichkeit zu einer radiologischen Durchleuchtung muss verfügbar sein. Ein Sicherheitsdraht sollte verwendet werden. Postoperativ wird eine sonographische Kontrolle der Abflussverhältnisse empfohlen (Seitz et al., 2018).

1.3 Steintherapie: ESWL vs. PCNL vs. URS

Die Prävalenz der Urolithiasis in Deutschland beträgt 4,7% mit einer Inzidenz von ca. 1,5% (Hesse et al., 2003). Patienten mit Uretersteinen stellen sich häufig als Notfallpatienten mit akuten abdominalen Schmerzen vor (Strittmatter et al., 2015).

Ca. 30% der chirurgischen bzw. interventionellen Eingriffe in der Urologie sind aufgrund von Nieren- und Uretersteinen erforderlich (de la Rosette et al., 2008). Die Behandlung von Nierensteinen hat sich über die letzten Jahrzehnte von offenen chirurgischen Eingriffen zu minimal invasiven Techniken gewandelt (Miernik et al., 2014).

Eine möglichst hohe Komplikations- und Steinfreiheit sind Ziel der operativen Steinentfernung. Es gibt drei minimal invasive Verfahren, die aktuell bei der Behandlungen von Steinen im oberen Harntrakt eingesetzt werden: die extrakorporale Stoßwellenlithotripsie (ESWL), die Ureterorenoskopie (URS) und die PCNL bzw. PNL (Perkutane Nephrolitholapaxie) (Strittmatter et al., 2015). Die Steingröße und die Steinlokalisierung bestimmen die Wahl der Methode (C. Türk (Chair) et al., 2019). Bei der Steinlokalisierung in der Niere wird zwischen Steinen der oberen und mittleren Kelchgruppe sowie Steinen der unteren Kelchgruppe und des Nierenbeckens unterschieden.

Die Einführung der ESWL revolutionierte die Behandlung der Urolithiasis in den 1980er Jahren und ersetzte weitgehend die offenen chirurgischen Verfahren. Zur selben Zeit wurden die endoskopischen Geräte für die Behandlung von Ureter- und Nierensteinen für den perkutanen und den Zugang über den Ureter weiterentwickelt (Matlaga et al., 2012). Durch die Miniaturisierung und Optimierung der zur Verfügung stehenden Endoskope hat die ESWL in letzten Jahren immer mehr an Gewicht verloren. (Strittmatter et al., 2015)

1.4 Semirigide, flexible URS und Hilfsmittel

Die semirigiden URS-Geräte sind eine Weiterentwicklung der starren Ureteroskope. Flexible Ureterorenoskope haben eine aktiv steuerbare Spitze. Statt Glasfaseroptik wird bei modernen Geräten ein Kamerachip zur Bildgebung (CCD-Sensor, „Chip on tip“-Technik) verwendet (Manski, 2017). Die semirigide URS wird v.a. bei Ureterkonkrementen verwendet. Auch können Steine im Nierenbecken oder der oberen Kelchgruppe unter Umständen mit dem semirigiden Ureterorenoskop erreicht werden. Mit flexiblen URS-Geräten ist der Zugang zu allen Bereichen des Harntraktes, auch zum unteren Nierenbeckenkelchsystem, möglich, sodass Steine extrahiert bzw. fragmentiert werden können (Urologen et al., 2018), (Komori et al., 2015).

Meistens wird vor Verwendung einer flexiblen URS eine semirigide URS zur Inspektion des Harnleiters verwendet. Dies kann auch zu einer Dehnung des Harnleiters führen (Karadag et al., 2014). Dennoch wurde von Karadag et al. (2014) berichtet, dass bei proximalen Uretersteinen mit der flexiblen Ureterorenoskopie (fURS) statistisch mehr Steine (93%) erreicht werden als mit der semirigiden URS (76%). Die Autoren begründen dies damit, dass der Einsatz einer Einführschleuse bei der fURS zu den besseren Ergebnissen beigetragen hat.

Die semirigide URS hat bei größeren Nierensteinen gegenüber dem flexiblen URS den Vorteil, dass die Arbeitskanäle und der Spülstrom größer sind. Dies erlaubt u.a. den Einsatz von dickeren Hilfsmitteln zur Steinbehandlung und -entfernung. (Miernik et al., 2014).

Der Vorteil der flexiblen URS dagegen ist, wie bereits erwähnt, dass das flexible Ureterorenoskop alle Bereiche des Harntraktes erreichen kann. Zudem konnten Verbesserungen in der Steinvisualisierung und -behandlung durch dünnere Geräte, erhöhte Flexibilität, eine größere Abwinkelbarkeit der Spitze und bessere Optik erzielt werden. (Komori et al., 2015)

Als Hilfsmittel werden Einführschleusen, Steinfangkörbchen und Fasszangen verwendet. Zu den Vorteilen einer Einführschleuse gehören u.a. die Verbesserung der Sichtbedingungen. Durch den besseren Abfluss der Spülflüssigkeit wird der intrarenale Druck während des operativen Eingriffs gesenkt und dadurch potentielle Risiken, die von einer intrarenalen Druckerhöhung ausgehen, vermieden. Zudem verhindert die

Einführungsschleuse Ureterschäden bei der Steinextraktion und lässt mehrfaches atraumatisches Einführen des Gerätes in den oberen Harntrakt zu (Karadag et al., 2014).

Bei zu großen Steinen hat sich der Ho:YAG-Laser (Holmium:Ytterium-Aluminium-Garnet) als Gold-Standard der intrakorporalen ureterorenoskopischen Lithotripsie herausgestellt (Urologen et al., 2018). Mit Hilfe von modernen Lasern können Harnsteine zu Staub zerkleinert werden („Dusting“) oder in hinreichend kleine Fragmente zerteilt werden („Fragmentierung“), die dann mit anderen Hilfsmitteln wie den Steinfangkörbchen entfernt werden können (Aldoukhi et al., 2019). Der Ho:YAG-Laser arbeitet mit einer Wellenlänge von 2140 nm im Nah-Infrarot-Spektrum. Da die Laserenergie somit sehr gut in Wasser absorbiert wird, ist der Ho:YAG-Laser ideal für die Lithotripsie im wässrigen Milieu des Harntraktes geeignet (Marks et al., 2007). Harnleiterschienen (Doppel-J-Schienen, alias „DJs“) erleichtern den Eingriff, tragen zu besseren Steinfreiheitsraten bei und senken das Komplikationsrisiko, sind aber nicht zwingend in jeder Situation erforderlich (Netsch et al., 2012), (Rubenstein et al., 2007).

1.5 Wichtige Parameter der URS

1.5.1 Steinfreiheitsraten der URS

In der Literatur wurden Steinfreiheitsstatus und klinisch unbedeutende Restfragmente bisher nicht standardisiert definiert (Karadag et al., 2014). In den meisten veröffentlichten Arbeiten werden Steine von kleiner 1 mm als steinfrei bewertet. Auch gab es bisher keinen Konsensus darüber, welches Verfahren die beste Methode für die postoperative Bestimmung des Steinfreiheitsstatus ist (Miernik et al., 2014).

Bei Nierensteinen wurde die Gesamtsteinfreiheitsrate der URS inklusive Zweiteingriffen mit 90% angegeben - für die obere und mittlere Kelchgruppenkonkremente mit 93%, für die untere Kelchgruppenkonkremente mit 85% und für das Nierenbecken mit 95%.

Bei den Harnleitersteinen wurden die Steinfreiheitsraten unterschieden nach distalem Ureter (93%), mittlerem Ureter (87%) und proximalem Ureter (82%). Bei allen drei Gruppen lagen die Steinfreiheitsraten bei Konkrementen kleiner oder gleich 10 mm höher als bei größeren Konkrementen (> 10mm). (C. Türk (Chair) et al., 2019), (Grasso et al., 1999), (Preminger et al., 2007).

Durch Verwendung von präoperativem Stenting, d.h. dem präoperativen Legen einer DJ-Schiene (DJ), konnte bei der URS die primäre Steinfreiheitsrate von ca. 78% ohne DJ auf ca. 93% mit DJ verbessert werden (Netsch et al., 2012).

Bei der URS mit Laserlithotripsie konnte eine höhere Steinfreiheitsrate sogar für größere Steine im Vergleich zur ESWL aufgezeigt werden, sodass die URS als Goldstandard für die Behandlung von Steinen in der unteren Kelchgruppe angesehen wird (Burr et al., 2015).

1.5.2 Komplikationsraten der URS

Eine Multicenter-Studie von Somani et al. (2017) kam nach Untersuchung von 11885 Patienten zu dem Ergebnis, dass die URS sicher und effektiv bei der Behandlung von Nierensteinen ist. Jedoch war sie die häufigste Ursache für Verletzungen des Ureters (Johnson et al., 2004).

In weniger als 1% waren bei der URS rekonstruktive Folgeeingriffe notwendig. Milde Komplikationen mit folgenloser Ausheilung wurden mit 9-25% angegeben. (Preminger et al., 2007), (Geavlete et al., 2006).

Die Leitlinien unterschieden intraoperative Komplikationen (3,6%), perioperative Frühkomplikationen (6,0%) sowie Spätkomplikationen (0,2%) (Urologen et al., 2018).

Zusammengefasst wurden unter den intraoperativen Komplikationen Mukosaläsionen (1,5%), Harnleiterperforationen (1,7%), relevante Blutungen (0,1%) sowie Harnleiterabrisse (0,1%). Zu den perioperativen Frühkomplikationen zählen Fieber bzw. Urosepsis (1,1%), persistierende Hämaturie (2,0%) sowie Nierenkoliken (2,2%). Harnleiterstrikturen (0,1%) und vesikoureteraler Reflux (0,1%) wurden unter den Spätkomplikationen zusammengefasst (Geavlete et al., 2006).

Die Multicenter-Studie von Somani et al. (2017) zeigte zudem unter den 11885 Patienten eine Gesamtkomplikationsrate von 7,4% der URS. Die intraoperative Komplikationsrate betrug 4,2%, die postoperative 2,6%, die Todesfälle wurden mit insgesamt 5 über den gesamten Studienzeitraum angegeben.

1.5.3 Röntgenzeit und Röntgenexposition der URS

Die ureterorenoskopische Behandlung der Urolithiasis im Ureter und der Niere erfolgt in der Regel in Kombination mit fluoroskopischer Durchleuchtung. In einer Studie von Gonzalez und Darby war die Röntgenbelastung linear assoziiert mit einem Risiko für sekundäre Malignome. Dies betraf Patienten sowie OP-Team, sodass eine möglichst kurze Röntgenzeit bzw. Röntgendosis angestrebt werden sollte (de Gonzalez et al., 2004).

Während unkomplizierter Eingriffe variierte die mittlere Röntgenzeit zwischen 12,9 bis 289,8 Sekunden, die Röntgenexposition intraoperativ lag bei 0,31 bis 7,17 mSv für den Patienten (Zöller et al., 2013), (Lipkin et al., 2012).

Berichte über röntgenfreie Durchführung der URS konnten keine Unterschiede hinsichtlich Erfolg- und Komplikationsrate im Vergleich zu URS-Eingriffen mit Durchleuchtung aufzeigen (Sarıkaya et al., 2018).

Eine wichtige Einheit zur Messung der Röntgenexposition ist neben mSv auch das Flächendosisprodukt (cGycm^2).

1.6 Einfluss der operativen Erfahrung auf das Outcome der URS

Effektivität (hohe Steinfreiheitsrate) und Sicherheit (definiert durch minimale Komplikationsrate und minimale Röntgenexposition) setzen Erfahrung des Operators voraus (Sfoungaristos et al., 2015). Zum jetzigen Zeitpunkt gibt es keine ausreichende Evidenz dafür, wie viele Ureterorenoskopien erforderlich sind, um diesen Eingriff sicher und effektiv durchführen zu können.

Eine Lernkurve stellt die Fähigkeit eines Chirurgen gemessen anhand des Outcomes aufgetragen als Funktion über eine konsekutive Anzahl an Operationen dar (Tanriverdi et al., 2007). Dieses Konzept wurde erstmalig bei der laparoskopischen Cholezystektomie untersucht (Dashow et al., 1992).

In der Literatur wurde der Einfluss der OP-Anzahl auf die Lernkurve eines Operators bei der PCNL bereits untersucht. Ziaee et al. (2010) zeigten bei 105 konsekutiven PCNL-Eingriffen eines Operators eine Verbesserung der OP-Dauer sowie eine Reduktion der Komplikationsrate bereits nach 45 Fällen. Eine Verbesserung der Steinfreiheitsrate wurde bis hin zu den letzten Eingriffen beobachtet.

In einem Review zeigten de la Rosette et al. (2008), dass bei der PCNL ein Assistenzarzt 24 Eingriffe absolviert haben muss, um eine „good proficiency“ zu erreichen. Eine „competence“ wurde nach 60 Fällen, und eine „excellence“ nach über 100 Fällen erzielt. Nach anfänglich hoher Komplikationsrate bei der PCNL zeigte sich im Verlauf eine steile Lernkurve („learning curve“) (de la Rosette et al., 2008).

Gemäß eines Reviews von 2018 (Inoue et al., 2018), zeigt die f-URS eine steile Lernkurve. Zur schnellen Verbesserung der Technik der f-URS wurde als wichtig angesehen, sich die Tipps und Tricks der endourologischen Experten anzueignen und den technischen Fortschritt nicht aus den Augen zu verlieren.

Eine andere über 6 Jahre angelegte Studie untersuchte die Steinfreiheits- und Komplikationsrate der URS an 300 Patienten mit jeweils einem Harnstein. Verglichen wurden Assistenzärzte mit Fachärzten. Die primäre Steinfreiheitsrate nach einer URS unterschied sich nicht signifikant zwischen Assistenzärzten und Fachärzten (95% vs. 95,3%). Eine Aufschlüsselung nach Ureter- und Nierensteinen lieferte ebenfalls keine signifikanten Unterschiede. Bei der Gesamtkomplikationsrate ergaben sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede (12% bei den Assistenzärzten, 9% bei den Fachärzten). Die Harnleiterperforationsrate war jedoch signifikant höher bei den Assistenzärzten als bei den Fachärzten (4,3% vs. 1,3%, $p \leq 0,027$) (Netsch et al., 2015). Somit hatte der Erfahrungsgrad keinen Einfluss auf das Ergebnis mit Ausnahme von schwerwiegenden Komplikationen wie der Harnleiterperforation. Dies lag vermutlich daran, dass die Assistenzärzte zuvor ein standardisiertes Trainingsprogramm absolviert hatten und nur unkomplizierte Eingriffe (nur ein Stein pro Patienten) eingeschlossen wurden.

1.7 Zielsetzung und Fragestellung

Ziel der vorliegenden Promotionsarbeit war es, den Zusammenhang zwischen der chirurgischen Erfahrung und dem Outcome der URS bei der Behandlung von Harnsteinen im oberen Harntrakt zu untersuchen.

Von besonderem Interesse war es, die Anzahl der Operationen zu verifizieren, die erforderlich sind, um ein optimales Ergebnis zu erreichen. Dies geschah, um mehr Klarheit in den chirurgischen Lernprozess zu bringen, ab wann das Plateau der chirurgischen Lernkurve (maximaler Lerneffekt) in der Urolithiasis-URS erreicht wird.

Da die chirurgische Ausbildung eines Anfängers auch Kapazitäten bindet (Überwachung und Anleitung), wollten wir zusätzlich evaluieren, ob es unter Qualitäts- und Sicherheitsaspekten zulässig ist, Anfängern mehr Autonomie im Lernprozess zuzugestehen, anders als dies klassischerweise in der Ausbildung der Fall ist.

In diesem Sinn war es Ziel dieser Arbeit:

- **(1) Nachweis des Einflusses der Erfahrung auf das Outcome der URS fokussiert auf einen Operateur („intrapersonelle Lernkurve“)**
- **(2) Nachweis des Einflusses der Erfahrung auf das Outcome der URS durch den Vergleich von mehreren Operateuren mit unterschiedlicher Ausbildung („interpersonelle Lernkurve“)**
- **(3) Bestimmung der OP-Anzahl (n(OPs)) bis zum Erreichen eines optimalen Outcomes (Steinfreiheitsrate, Komplikationsrate, OP-Zeit, Röntgenzeit und Röntgenbelastung) anhand der intrapersonellen Lernkurve**
- **(4) Vergleich von autodidaktischem Lernen und Lernen unter Anleitung anhand von zwei Anfängern mit unterschiedlichen Ausbildungscurricula.**

2 Material & Methodik

2.1 Datenerhebung und Einschlusskriterien

Anhand von Operationsberichten und Arztbriefen im EDV-System der Urologischen Klinik und Poliklinik der LMU, Campus Großhadern, wurde eine Datenbank erstellt, in die die operativen Eingriffe zur Behandlung von Patienten mit einer Harnsteinerkrankung des oberen Harntraktes inkludiert wurden. Die operativen Interventionen erfolgten im Zeitraum von 2013-2016. Alle Daten wurden unmittelbar mit der Einsicht vollständig anonymisiert, sodass kein Rückschluss mehr auf die Patientenidentität möglich war. Die nachfolgende Analyse erfolgte somit an irreversibel anonymisierten Daten. Die vom LMU-Klinikum zum Datenschutz gemachten Vorgaben wurden jederzeit eingehalten. Eine Weitergabe an Drittpersonen erfolgte nicht. Auch wurden die Daten ausschließlich in den Räumen des Klinikums verarbeitet.

Folgende Parameter wurden protokolliert:

- Patientenparameter: Alter zum Zeitpunkt des Eingriffes, Geschlecht, Aufenthaltsdauer, BMI und ASA-Score
- Operationsparameter: Operateur, Operationsdatum, Notfallstatus, Harnstaugrad, OP-Seite(n), Operationstyp (URS, PCNL oder reine DJ-Anlage), ggf. verwendetes Ureterorenoskop (semirigide, flexibel oder kombinierte Anwendung), Verwendung einer Einführschleuse, Lasereinsatz, Extraktionsmethode des Steinmaterials, Vorliegen einer präoperativen DJ-Schiene und deren Liegedauer, Legen einer postoperativen DJ-Schiene und deren Liegedauer, Steinfreiheitsstatus am OP-Ende, intraoperative und postoperative Komplikationen, Operationszeit, Röntgenzeit und Röntgenbelastung (in cGycm²)
- Steinparameter: Steinanzahl, Steinlokalisierung, maximaler Durchmesser des größten Steines (mm), genaue Steinzusammensetzung
- Laborparameter: Kreatinin präoperativ, Kreatinin postoperativ, CRP präoperativ, CRP postoperativ, Urin-pH bei Aufnahme, Hämaturie bei Aufnahme, Bakteriurie bei Aufnahme

2.2 Studiendesign

Diese Studie hatte zwei Teile, die den operativen Erfolg von drei Urologen mit unterschiedlichen Erfahrungsgraden untersuchten und miteinander verglichen.

2.2.1 Operateure

Zwei dieser Urologen standen am Beginn ihrer Ausbildung in der URS zur Therapie der Urolithiasis (Anfänger). Der dritte Urologe hatte bereits mehrere Jahre Berufserfahrung.

Der erste Operateur wurde aufgrund seiner bisherigen Erfahrung als Anfänger eingestuft. Nach einer Trainingsphase (20 URS), in der er von einem erfahrenen Urologen angeleitet wurde, begann er alleine ohne Supervision im Operationssaal zu operieren (autodidaktisch). Im Folgenden wird er als Autodidakt bezeichnet.

Der zweite Operateur war ebenfalls ein Anfänger. Nach einer Trainingsphase (20 URS) unter Anweisung von einem erfahrenen Operateur setzte dieser seine Ausbildung unter Supervision fort, wurde also weiterhin von einem erfahrenen Operateur angeleitet. Im Folgenden wird er als Angeleiteter bezeichnet.

Der dritte Operateur war ein erfahrener Urologe, der die URS zur Therapie der Urolithiasis sicher beherrschte und auf eine Erfahrung von mehreren Berufsjahren zurückgreifen konnte.

2.2.2 Intrapersonale Lernkurve

Die Lernkurve eines Individuums, d.h. eines einzigen Operateurs, ist die intrapersonale Lernkurve. Im ersten Teil dieser Arbeit ermittelten wir die persönliche Lernkurve des Autodidakten über eine Anzahl von 150 URS zur Therapie der Urolithiasis. Die URS fanden zeitlich hintereinander statt.

Wir teilten die 150 URS in drei konsekutiven Lernphasen bzw. Intervalle von je 50 URS auf. Für jede Phase ermittelten wir im Sinne einer Lernkurve die relevanten Patienten-, Stein-, Instrument- und Endpunktparameter und werteten diese anschließend statistisch aus. Die Lernphasen wurden u.a. in der Auswertung als „1st 50“ (erste 50 Operationen bzw. erste Lernphase), „2nd 50“ (zweite 50 Operationen bzw. zweite Lernphase) und „3rd 50“ (dritte 50 Operationen bzw. dritte Lernphase) bezeichnet.

2.2.3 Interpersonale Lernkurve

Die Lernkurve eines Kollektivs, d.h. mehrerer Operateure im Vergleich, ist die interpersonale Lernkurve. Im zweiten Teil dieser Arbeit verglichen wir den Autodidakten mit dem Angeleiteten (40 URS) und dem Erfahrenen (50 URS). Hierzu verwendeten wir die Anfangsphase des Autodidakten (50 URS), um ihn als Anfänger werten zu können.

Auch in diesem Beobachtungszeitraum waren alle Operationen konsekutiv. Für jeden Operateur ermittelten wir im Sinne einer Lernkurve die relevanten Patienten-, Stein-, Instrument- und Endpunktparameter und werteten diese anschließend statistisch aus.

2.3 Primäre und sekundäre Endpunkte

2.3.1 Primäre Endpunkte (Outcomeparameter)

2.3.1.1 Steinfreiheitsrate

Als „steinfrei“ wurden solche Eingriffe bezeichnet, bei denen der Operateur am Ende des Eingriffs ureterorenoskopisch und fluoroskopisch keine Steine, keine Steinfragmente oder lediglich abgangsfähige Kleinstkonkremete (kleiner gleich 1 mm) feststellen konnte. Außerdem durfte kein Folgeeingriff dokumentiert sein, der mit dem Steingeschehen in Zusammenhang stand. Die Steinfreiheitsrate (SFR) wurde berechnet als Quotient aus allen „steinfrei“ abgeschlossenen Eingriffen und der Gesamtoperationszahl des jeweiligen Urologen. Für den Autodidakten wurde die SFR für jede der drei Lernphasen berechnet.

2.3.1.2 Komplikationsrate

In dieser Arbeit wurde ausschließlich auf Akutkomplikationen geachtet, die intraoperativ oder im unmittelbaren stationären Aufenthalt auftraten. Wichtige Komplikationen der URS bei Urolithiasis sind Nierenkolik, Blutung, Makrohämaturie, Mukosaläsionen, fieberhafter Harnwegsinfekt, Sepsis, Ureterperforation und Ureterabriss.

Die Komplikationsrate (KR) eines Chirurgen ist die Anzahl der aufgetretenen Komplikationen geteilt durch die Gesamtzahl seiner Operationen. Für den Autodidakten wurde die KR für jede der drei Lernphasen berechnet.

2.3.1.3 Operationszeit

Die Operationszeit wurde definiert vom Zeitpunkt des Einführens des Zystoskops und des semirigidem Ureterorenoskops für einen ersten Überblick bis zum Ende des Eingriffes, d.h. der Entfernung aller endourologischen Instrumente und Hilfsmittel bzw. bis kurz nach Anlage einer DJ-Schiene zur postoperativen Harnleiterschienung.

2.3.1.4 Röntgenzeit und Röntgenexposition

Die Röntgenzeit wurde in Minuten gemessen und in Sekunden umgerechnet. Die intraoperative Röntgenbelastung wurde in Form des Flächendosisprodukts (FDP) angegeben (Einheit cGycm^2). Die Röntgenzeit und das FDP wurden direkt vom Durchleuchtungsgerät (OPUS 2, Dornier MedTech) gemessen und in einer Datenbank festgehalten.

2.3.2 Sekundäre Endpunkte (Instrumentenparameter)

2.3.2.1 URS-Typ

Die Art des therapeutisch verwendeten Ureterorenoskops wurde dokumentiert. Für die operative Intervention wurden sowohl semirigide als auch der flexible Ureterorenoskope verwendet. Ein semirigides Ureterorenoskop kann im Regelfall Steinmaterial im Ureter und ggf. in der oberen Kelchgruppe der Niere erreichen. Um die restlichen Bereiche der Niere zu erreichen (insbesondere die untere Kelchgruppe), ist das flexible Ureterorenoskop erforderlich. Bei kombinierter therapeutischer Verwendung, d.h. falls das Steinmaterial sowohl mittels eines semirigidem als auch eines flexiblen Ureterorenoskops entfernt wurde, wurde dies ebenfalls als „beides“ dokumentiert.

2.3.2.2 Extraktionsmethode

Die Verwendung von Dormiakörbchen (Steinfangkörbchen) wurde dokumentiert. War keine Extraktion nötig (z.B. im Falle eines abgangsfähigen Steinmaterials), erfolgte diesbezüglich ebenfalls eine entsprechende Dokumentation.

2.3.2.3 Einführschleuse

Die Verwendung einer Einführschleuse wurde dokumentiert.

2.3.2.4 Laser

Zur Zerkleinerung des Steinmaterials, das für eine direkte Extraktion zu groß war, wurde ein Ho:YAG-Laser verwendet.

2.3.2.5 Präoperative DJ-Schiene

Kam der Patient mit einer zuvor gelegten Ureterschiene in die OP, so wurde dies ebenfalls festgehalten. Präoperativ gelegte DJ-Schienen stammten entweder aus vorhergehenden Eingriffen oder waren zur Vordehnung des Ureters gelegt worden. Letzteres wurde durchgeführt, um die Passage der Instrumente im folgenden Eingriff zu erleichtern und um Abflussstörungen des Urins zu beseitigen bzw. zu verhindern.

2.3.2.6 Postoperative DJ-Schiene

DJ-Schienen werden am OP-Ende gelegt, um den Abgang von kleinsten Restfragmenten zu erleichtern und eine Obstruktion des Ureters infolge des Operationstraumas oder durch verbleibende Steine zu verhindern. Legte der Operateur am Ende der Operation eine DJ-Schiene, so wurde dies dokumentiert.

2.3.2.7 Liegedauer der postoperativen DJ-Schiene

Die Liegedauer der am Ende des Eingriffs gelegten DJ-Schiene bis zu ihrer Entfernung wurde in Tagen ermittelt.

2.4 Durchführung und Technik der Ureterorenoskopie

Zur Durchführung der Ureterorenoskopie erhielt der Patient eine Vollnarkose. Nach Lagerung in Steinschnittlage, Desinfektion, steriler Abdeckung und einer Röntgenaufnahme der betroffenen Seite konnte der Eingriff beginnen.

Über ein Zystoskop wurde unter Durchleuchtung ein Führungsdraht in das Nierenbecken geschoben. Falls ein DJ-Katheter vorhanden war, wurde dieser zur Einführung des

Führungsdrahtes benutzt und dann entfernt. Anschließend wurde ein semirigides Ureterorenoskop vorgeschoben, um den Harnleiter zu inspizieren. Waren keine Auffälligkeiten vorhanden, wurde das Steinmaterial aufgesucht und visuell hinsichtlich Größe, Art und Anzahl beurteilt. War die Extraktion des Steinmaterials mit einem Dormiakörbchen aufgrund der Größe nicht möglich, erfolgte der Einschub einer Laserfaser eines Ho:YAG-Lasers über den Arbeitskanal des Ureterorenoskops, um den Stein zu zerkleinern und ihn somit entfernen zu können

War das Steinmaterial nicht mit dem semirigiden Ureterorenoskop erreichbar, musste ein flexibles Ureterorenoskop benutzt werden. Nach Entfernung des semirigiden Ureterorenoskops wurde eine Einführschleuse eingelegt und auf das flexible Ureterorenoskop gewechselt. Nach Entfernung des Steinmaterials erfolgte die endoskopische sowie radiologische Kontrolle des oberen Harntrakts auf tatsächliche Steinfreiheit. War ein steinfreier Status erreicht, wurde ggf. ein DJ-Katheter im Ureter unter Röntgenkontrolle über den Führungsdraht platziert. War jedoch kein steinfreier Status erreicht, da die Menge des Steinmaterials in einer Sitzung nicht entfernt wurde oder eine aufgetretene Komplikation die komplette Entfernung der Fragmente verhinderte, wurde der Eingriff ebenso mit Anlage einer DJ-Schiene beendet.

2.5 Statistische Auswertung

Daten wurden in eine mittels Excel 2016 erstellte Datenbank eingegeben und anschließend mittels der Statistiksoftware SPSS 25 von IBM ausgewertet. Boxplots, Histogramme und Balkendiagramme wurden mittels SPSS 25, Tabellen mittels Word erstellt. Zur Überprüfung auf Signifikanz von Unterschieden zwischen nominalen Variablen wurde der Chi-Quadrat-Test verwendet. Waren die Voraussetzungen für einen Chi-Quadrat-Test nicht erfüllt, wurde der Fishers Exact Test verwendet. Metrische Variablen wurden zunächst auf Normalverteilung geprüft. Hierzu wurden Schiefe und Kurtosis der Variablen, der Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung, Histogramme, Boxplots und Normal Q-Q-Plots verwendet. Außerdem wurde auf Homogeneity of Variance mittels einer Levene-Statistik überprüft. Waren die Voraussetzung einer ungefähren Normalverteilung erfüllt, wurde der independent t-Test zur Überprüfung auf signifikante Unterschiede verwendet. Waren die Voraussetzung auf Normalverteilung nicht erfüllt, jedoch Homogenität der Varianz erfüllt, wurde der Mann-Whitney-U-Test verwendet. In einigen Fällen waren auch die Voraussetzungen für einen Mann-Whitney-

U-Test nicht erfüllt. In diesen Fällen wurde ein independent t-Test mit bootstrapping durchgeführt.

Nominale Variablen wurden als absolute und relative Häufigkeiten angegeben und mithilfe von Balkendiagrammen graphisch dargestellt. Metrische Variablen wurden als Median mit erster und dritter Quartile (Interquartilsabstand (IQR)) angegeben und in Form von Boxplots dargestellt. Für alle durchgeführten Tests wurde ein Signifikanzniveau von $p < 0.05$ angenommen. Neben dem statistisch exakt errechneten p-Wert wurde die entsprechende Teststatistik (Chi-Quadrat (X^2), t-Statistik mit oder ohne bootstrap, sowie Mann-Whitney-U) ebenfalls angegeben.

Zur besseren Zuordnung wurden p-Werte in der Auswertung der intrapersonalen Lernkurve zwischen der ersten und zweiten Lernphase als $p_{1,2}$, p-Werte zwischen der zweiten und dritten Lernphase als $p_{2,3}$ und p-Werte zwischen der ersten und der dritten Lernphase als $p_{1,3}$ bezeichnet. Zur besseren Zuordnung wurden analog für die interpersonale Lernkurve $p_{(Auto. vs. Angel.)}$ für den Vergleich zwischen dem Autodidakten und dem Angeleiteten, $p_{(Angel. vs. Erf.)}$ für den Vergleich zwischen dem Angeleiteten und dem Erfahrenen, und $p_{(Auto. vs. Erf.)}$ für den Vergleich zwischen dem Autodidakten und dem Erfahrenen verwendet. Vereinzelt wurde auf diese Nomenklatur verzichtet und nur „p“ verwendet.

3 Ergebnisse

Insgesamt wurden 240 therapeutische Ureterorenoskopien an 235 Patienten (159 Männer und 76 Frauen) untersucht. Das Durchschnittsalter war 52.07 Jahre ($s = 16.52$ Jahre, Min. 6 J., Max. 93 J.), der Median betrug 51 J. (IQR = 40 J. - 65.75 J.).

3.1 Intrapersonale Lernkurve für die URS

Zur Erstellung der intrapersonalen Lernkurve untersuchten wir die 150 Operationen des Autodidakten. Dazu unterteilten wir die 150 Operationen in drei Lernphasen von je 50 Operationen. Diese drei Lernphasen verglichen wir hinsichtlich Patienten-, Stein-, Instrumentencharakteristika und Outcomeparameter. Die Reihenfolge der Vergleiche war: Die ersten 50 Operationen mit den zweiten 50 Operationen (erste Lernphase), die zweiten 50 Operationen mit den dritten 50 Operationen (zweite Lernphase), zuletzt der Vergleich der ersten 50 Operationen mit den dritten 50 Operationen (dritte Lernphase).

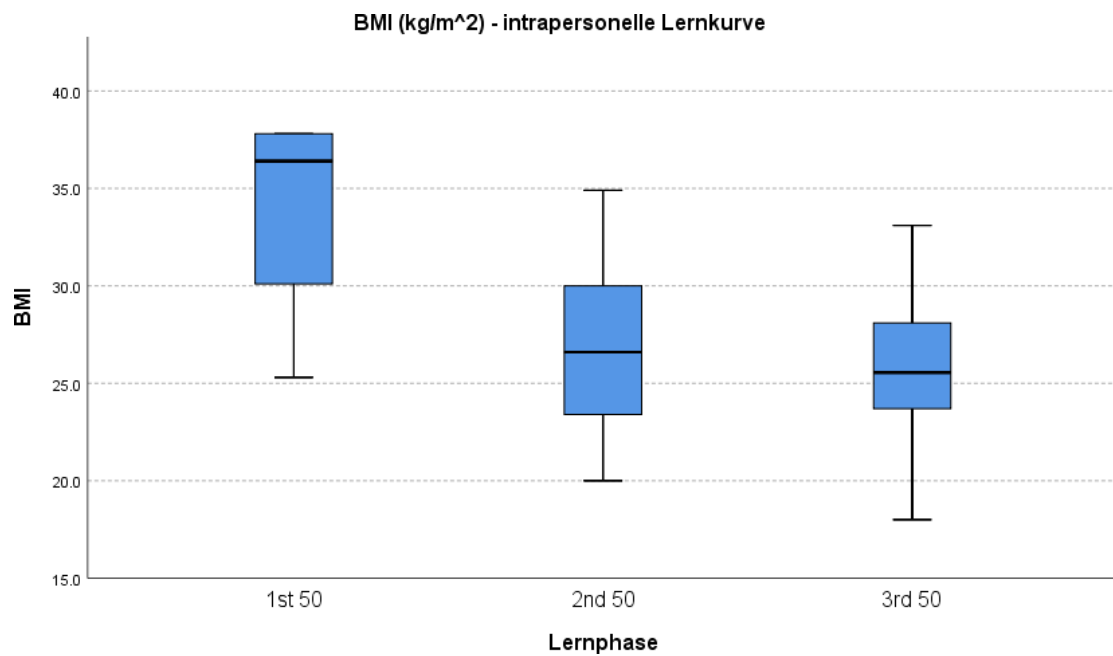
3.1.1 Patientencharakteristika

Der Autodidakt operierte in 150 Fällen, in denen 147 Patienten (101 Männer und 46 Frauen) operiert wurden. In den ersten 50 Fällen operierte der Autodidakt 49 Patienten (34 Männer und 15 Frauen). Ein Patient wurde hier einmal auf der rechten und einmal auf der linken Seite operiert, was als 2 separate Fälle gewertet wurde. Die zweite Gruppe von 50 Fällen stammte von 50 Patienten (37 Männer und 13 Frauen). In der dritten Gruppe von 50 Eingriffen operierte der Autodidakt 48 Patienten (30 Männer und 18 Frauen). Zwei Patienten hatten je zwei konsekutive Eingriffe aufgrund der Steinsituation.

Die Geschlechterverteilung, die Alterszusammensetzung, die Aufenthaltsdauer und der ASA-Score waren nicht signifikant verschieden zwischen den 3 Lernphasen. Jedoch ergab sich ein signifikanter Unterschied hinsichtlich des BMI zwischen der ersten und zweiten, sowie der ersten und dritten Lernphase. In der ersten Lernphase betrug der BMI 36.4 (Median; IQR = 27.7 - 47), in der zweiten 26.6 (Median; IQR = 23.38 - 30.08; N = 34) und 25.55 kg/m² (Median; IQR = 23.65 - 28.28; N = 50) in der dritten ($p_{1,2} = 0.019$ sig.; $p_{2,3} = 0.719$ n.s.; $p_{1,3} = 0.03$) (siehe Tabellen 1, 2, siehe Abbildung 1). Jedoch sind die signifikanten Unterschiede hinsichtlich des BMI höchstwahrscheinlich auf die

begrenzte Anzahl gültiger Datenpunkte in den ersten 50 Operationen (lediglich 5 gültige BMI-Werte) zurückzuführen, die zudem extrem waren.

Abbildung 1: intrapersonale Lernkurve: BMI (kg/m²)



Beschreibung: 1st 50 (N = 5), 2nd 50 (N = 34), 3rd 50 (N = 50); $p_{1,2} = 0.019$, $p_{2,3} = 0.719$, $p_{1,3} = 0.03$

Tabelle 1: Patientencharakteristika der intrapersonalen Lernkurve (Übersicht)

PATIENTENCHARAKTERISTIKA: Übersicht			
Intrapersonale Lernkurve			
	1. 50 OPs	2. 50 OPs	3. 50 OPs
Geschlecht			
m	34 (68%)	37 (74%)	32 (64%)
w	16 (32%)	13 (26%)	18 (36%)
Alter			
Median	48.50	49.00	51.00
IQR	40.00 – 62.00	39.50 – 63.00	42.75 – 62.25
BMI			
Median	36.40	26.60	25.55
IQR	27.70 – 47.00	23.38 – 30.08	23.65 – 28.28
Aufenthaltsdauer			
Median	3.00	3.00	3.00
IQR	2.00 – 4.25	2.00 – 3.00	2.00 – 4.00
ASA-Score			
1	0 (0%)	11 (32.4%)	8 (16%)
2	4 (100%)	18 (52.9%)	36 (72%)
3	0 (0%)	5 (14.7%)	5 (10%)
4	0 (0%)	0 (0%)	1 (2%)

Beschreibung: Alter in Jahren. BMI in [kg/m²]. Aufenthaltsdauer in Tagen

Tabelle 2: Patientencharakteristika der intrapersonalen Lernkurve (p-Werte)

PATIENTENCHARAKTERISTIKA: p-Werte			
Intrapersonale Lernkurve			
	1. vs. 2. 50 OPs	2. vs. 3. 50 OPs	1. vs. 3. 50 OPs
Geschlecht			
	0.660	0.387	0.833
Alter			
	0.874	0.764	0.892
BMI			
	0.019	0.719	0.030
Aufenthaltsdauer			
	0.431	0.613	0.703
ASA-Score			
	0.322	0.169	1.000

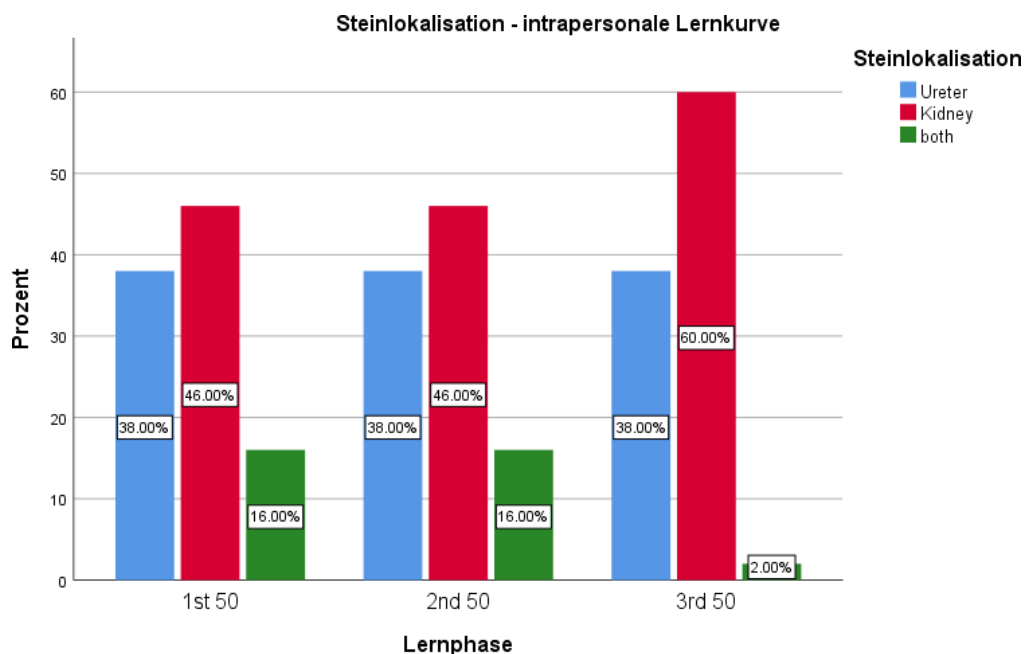
Beschreibung: Signifikante Unterschiede ($p < 0.05$) sind hervorgehoben

3.1.2 Steincharakteristika

Es zeigten sich zwischen allen drei Lernphasen keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Parameter maximale Steingröße, Steinanzahl, Reinheitsgrad des Steinmaterials (Mischsteine vs. reine Steine) und des Parameters Steinzusammensetzung. Jedoch war die maximale Steingröße tendenziell verschieden zwischen der ersten und zweiten Lernphase (7 mm Median (IQR = 5 - 10 mm) versus 5 mm Median (IQR = 4 - 9 mm), $p = 0.078$ n.s., $U = 700.5$). Auch war die maximale Steingröße tendenziell kleiner in der zweiten im Vergleich zur dritten Lernphase (5 mm Median (IQR = 4 - 9 mm) versus 6.5 mm Median (IQR = 4.25 - 10 mm), $p = 0.096$ n.s., $U = 788.5$).

War die Verteilung der Lokalisationen noch zwischen der ersten und zweiten Lernphase identisch (Ureter: 19, Niere: 23; Niere und Ureter: 8), so waren beide signifikant verschieden zur dritten Lernphase (Ureter: 19, Niere: 30, Niere und Ureter: 1; $p_{2,3} = p_{1,3} = 0.041$ sig., $X^2 = 6.369$ bzw. Exakter Test nach Fisher) (siehe Abbildung 2, siehe Tabellen 3 und 4).

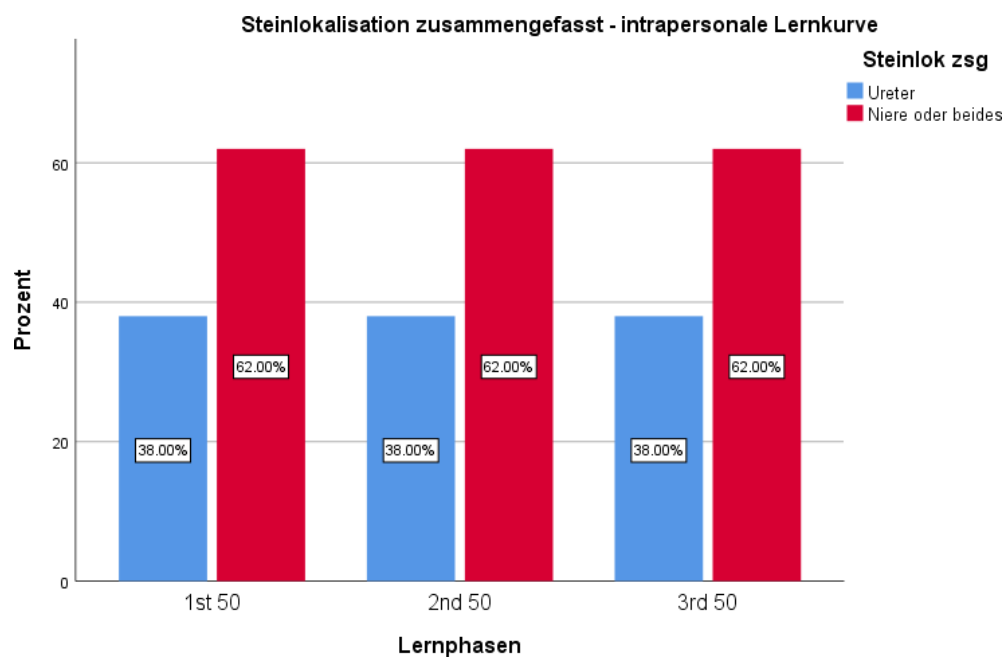
Abbildung 2: intrapersonale Lernkurve: Steinlokalisierung



Beschreibung: "Ureter", "Kidney" = Niere, "both" = beides; 1st 50 (N=50), 2nd 50 (N = 50), 3rd 50 (N = 50); $p_{1,2} = 1$, $p_{2,3} = 0.041$, $p_{1,3} = 0.041$

Rechnet man jedoch die Lokalisations-Kategorien „Niere“ und „beides“ (= Niere und Ureter) in allen Lernphasen zusammen, so sind die Verteilungen über alle drei Lernphasen identisch (Ureter: 19, Niere/ Niere und Ureter: 31, für alle Lernphasen), wodurch alle signifikanten Unterschiede verschwinden ($p_{1,2} = p_{2,3} = p_{1,3} = 1$ n.s. ($X^2 = 0$)). Somit unterschieden sich die Steincharakteristika nicht signifikant. Alle drei Lernphasen hatten vergleichbare Bedingungen (siehe Abbildung 3, siehe Tabellen 3, 4).

Abbildung 3: intrapersonale Lernkurve: Lokalisation zusammengefasst



Beschreibung: „Ureter“, „Niere oder beides“; 1st 50 (N = 50), 2nd 50 (N = 50), 3rd 50 (N = 50); $p_{1,2} = 1$, $p_{2,3} = 1$, $p_{1,3} = 1$

Tabelle 3: Steincharakteristika der intrapersonalen Lernkurve (Übersicht)

STEINCHARAKTERISTIKA: Übersicht			
Intrapersonale Lernkurve			
	1. 50 OPs	2. 50 OPs	3. 50 OPs
Maximale Steingröße			
Median	7.00	5.00	6.50
IQR	5.00 – 10.00	4.00 – 9.00	4.25 – 10.00
Steinanzahl			
singulär	31 (62%)	38 (76%)	34 (68%)
multipl	19 (38%)	12 (24%)	16 (32%)
Lokalisation			
Ureter	19 (38%)	19 (38%)	19 (38%)
Niere	23 (46%)	23 (46%)	30 (60%)
beides	8 (16%)	8 (16%)	1 (2%)
Lokalisation zusammengefasst			
Ureter	19 (38%)	19 (38%)	19 (38%)
Niere und beides	31 (62%)	31 (62%)	31 (62%)
Mischsteine vs. reine Steine			
Mischsteine	22 (50%)	22 (57.9%)	22 (61.1%)
reine Steine	22 (50%)	16 (42.1%)	14 (38.9%)
Steinzusammensetzung: Mischsteine und reine Steine (wenn HK > 60%)			
COMH	25 (62.5%)	23 (65.7%)	19 (57.6%)
H	3 (7.5%)	2 (5.7%)	4 (12.1%)
CA	4 (10%)	2 (5.7%)	3 (9.1%)
CODH	1 (2.5%)	4 (11.4%)	2 (6.1%)
HK < 60%	7 (17.5%)	4 (11.4%)	5 (15.2%)

Beschreibung: Maximale Steingröße in [mm]. HK = Hauptkomponente. COMH = Calciumoxalatmonohydrat. H = Harnsäure. CA = Calciumapatit. CODH = Calciumoxalatdihydrat

Tabelle 4: Steincharakteristika der intrapersonalen Lernkurve (p-Werte)

STEINCHARAKTERISTIKA: p-Werte			
Intrapersonale Lernkurve			
	1. vs. 2. 50 OPs	2. vs. 3. 50 OPs	1. vs. 3. 50 OPs
Maximale Steingröße			
	0.078	0.096	0.810
Steinanzahl			
	0.194	0.504	0.675
Lokalisation			
	1.000	0.041	0.041
Lokalisation zusammengefasst			
	1.000	1.000	1.000
Mischsteine vs. reine Steine			
	0.512	0.816	0.371
Steinzusammensetzung: Mischsteine und reine Steine (wenn HK > 60%)			
	0.550	0.744	0.934

Beschreibung: Signifikante Unterschiede ($p < 0.05$) sind hervorgehoben. HK = Hauptkomponente

3.1.3 Instrumentencharakteristika

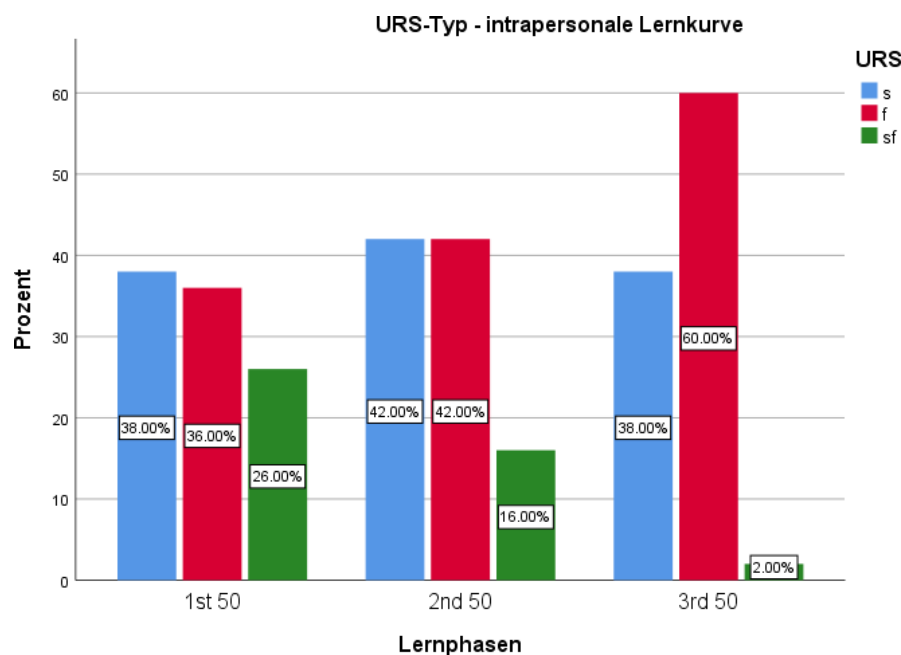
Hinsichtlich der Extraktionsmethode ergaben sich über alle drei Lernphasen keine Tendenzen oder signifikante Unterschiede. Zur Extraktion des Steinmaterials wurde ausschließlich Steinfangkörbchen (Dormiakörbchen) verwendet.

Tendenziell zeigte die Verwendung der Laser-Lithotripsie eine Abnahme von 72 % (36/50) auf 56 % (28/50) von der ersten auf die zweite Lernphase und stagnierte dann mit 54 % (27/50) in der dritten. Jedoch waren die Unterschiede zwischen allen Lernphasen nicht signifikant, der Unterschied zwischen der ersten und dritten Lernphase zeigte eine Tendenz zur Signifikanz ($p_{1,3} = 0.097$).

Auch zeigte sich zunächst eine Abnahme in der Verwendung von Einführschleusen von 23 (46 %) auf 16 (32 %) zwischen der ersten und zweiten, dann aber eine Zunahme auf wieder 23 (46 %). Es konnte keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Lernphasen erfasst werden.

Die Durchführung von semirigider oder flexibler oder der kombinierten URS zeigte signifikante Unterschiede zwischen der zweiten und dritten Lernphase sowie zwischen der ersten und dritten Lernphase ($p_{2,3} = 0.025$ sig. nach Fisher und $p_{1,3} = 0.001$ sig. ($X^2 = 13.286$)). Über alle Lernphasen blieb die Anzahl der semirigiden URS konstant, jedoch nahm die Anzahl der flexiblen URS zu (von 18 in der ersten, 21 in der zweiten und 30 in der dritten Lernphase) und die Anzahl der kombinierten URS nahm ab (von anfänglich 13 über 8 bis zur Reduzierung auf eine einzige) (siehe Abbildung 4, siehe Tabelle 5, 6).

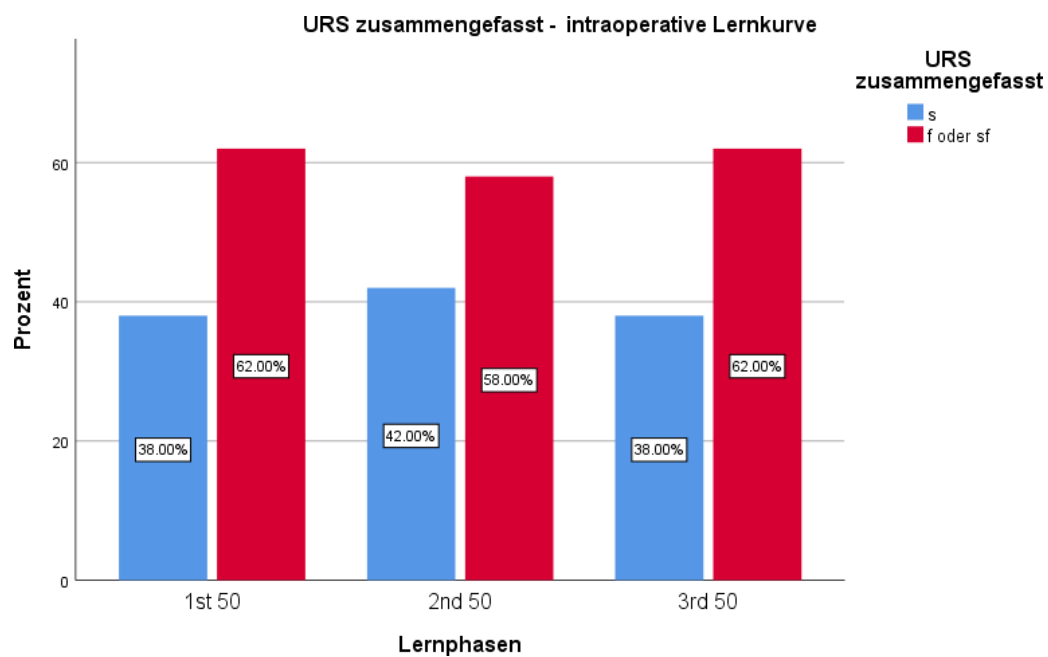
Abbildung 4: intrapersonale Lernkurve: URS-Typen



Beschreibung: „s“ = semirigide URS, „f“ = flexible URS, „sf“ = semirigide und flexible (kombinierte) URS; 1st 50 (N = 50), 2nd 50 (N= 50), 3rd 50 (N=50); $p_{1,2} = 0.536$, $p_{2,3} = 0.025$, $p_{1,3} = 0.001$

Fasste man jedoch die therapeutische flexible URS und die therapeutische kombinierte URS für jede Lernphase zusammen, so verschwanden die signifikanten Unterschiede (31 flexible und kombinierte in der ersten, 29 flexible und kombinierte in der zweiten, 31 flexible und kombinierte URS in der dritten, $p_{2,3} = 0.838$ n.s. ($X^2 = 0.167$); $p_{1,3} = 1$ n.s. ($X^2 = 0$)). In Bezug auf die URS-Verwendung waren folglich vergleichbare Bedingungen vorhanden. (siehe Abbildung 5, siehe Tabelle 5, 6).

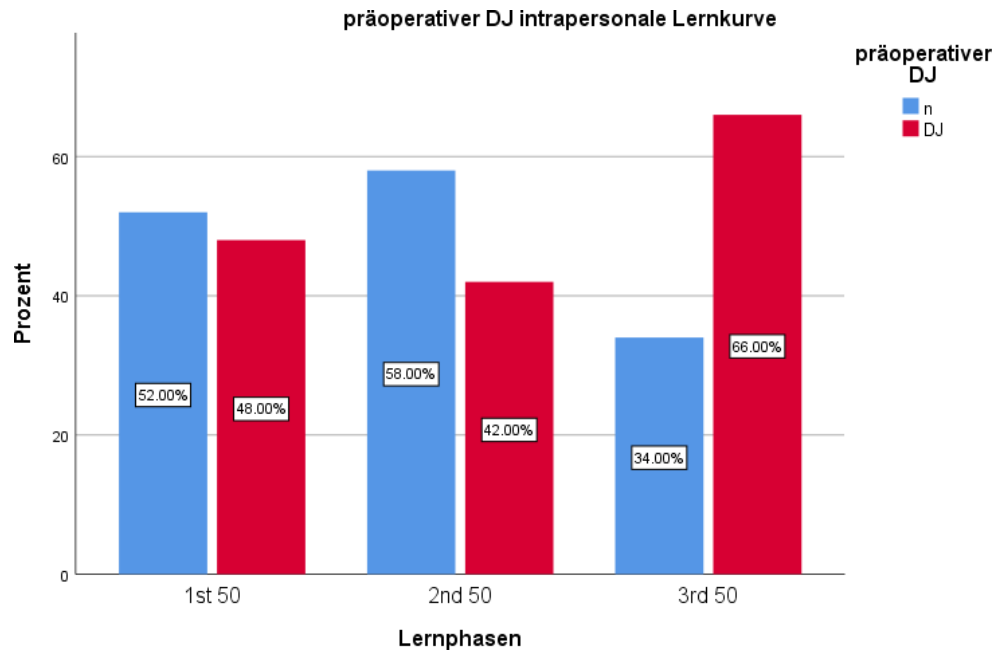
Abbildung 5: intrapersonale Lernkurve: URS-Typen zusammengefasst



Beschreibung: „s“ = semirigide URS, „f oder sf“ = flexible und kombinierte URS zusammengefasst; 1st 50 (N = 50), 2nd 50 (N= 50), 3rd 50 (N = 50); $p_{1,2} = 0.838$, $p_{2,3} = 0.838$, $p_{1,3} = 1$

Die Anzahl der Fälle, bei denen ein präoperativer DJ am Anfang der URS vorhanden war, ging zuerst leicht zurück von 24 von 50 (48%) auf 21 von 50 Fällen (42%), erhöhte sich jedoch dann auf 33 von 50 Fällen (66%), sodass sich ein signifikanter Unterschied zwischen den zweiten und dritten 50 Operationen zeigte ($p_{2,3} = 0.027$ sig. ($X^2 = 5.797$)) (siehe Abbildung 6, siehe Tabelle 5, 6).

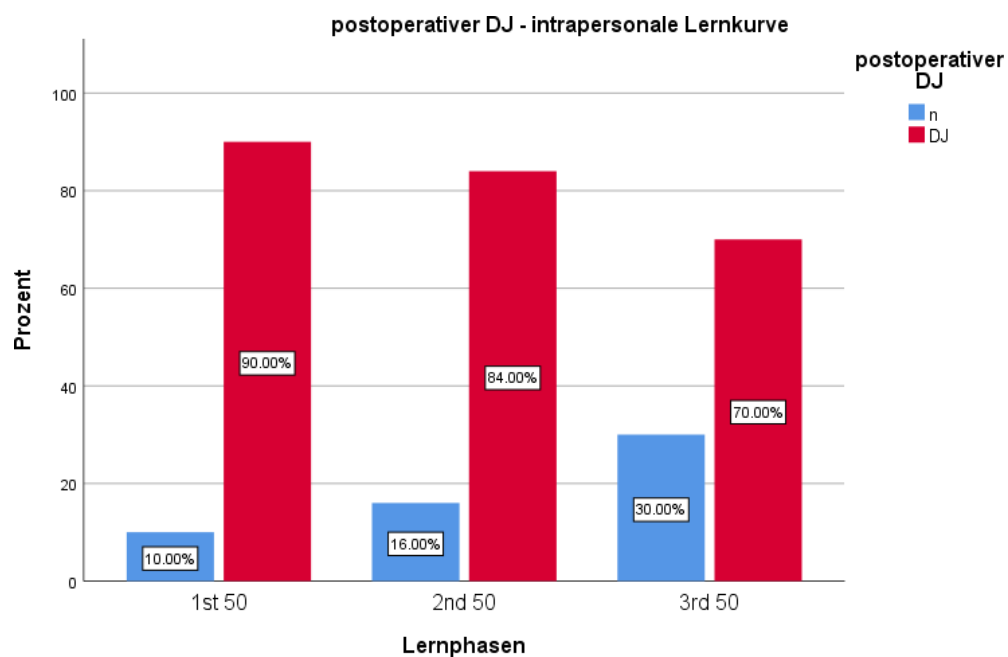
Abbildung 6: intrapersonale Lernkurve: präoperative DJs



Beschreibung: „n“ = kein präoperativer DJ, „DJ“ = präoperativer DJ vorhanden; 1st 50 (N = 50), 2nd 50 (N = 50), 3rd 50 (N = 50); $p_{1,2} = 0.688$, $p_{2,3} = 0.027$, $p_{1,3} = 0.106$

Auch ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen der ersten und dritten Lernphase hinsichtlich der Anzahl der postoperativen DJ-Schienen: 45 (90%) versus 35 (70%), $p_{1,3} = 0.023$ sig. ($X^2 = 6.250$). Die anderen Unterschiede zwischen den Lernphasen waren in Bezug auf diesen Parameter nicht signifikant, der Anteil an postoperativen DJ-Schienen in der zweiten Lernphase lag mit 84% zwischen den beiden anderen (siehe Abbildung 7, siehe Tabelle 5, 6).

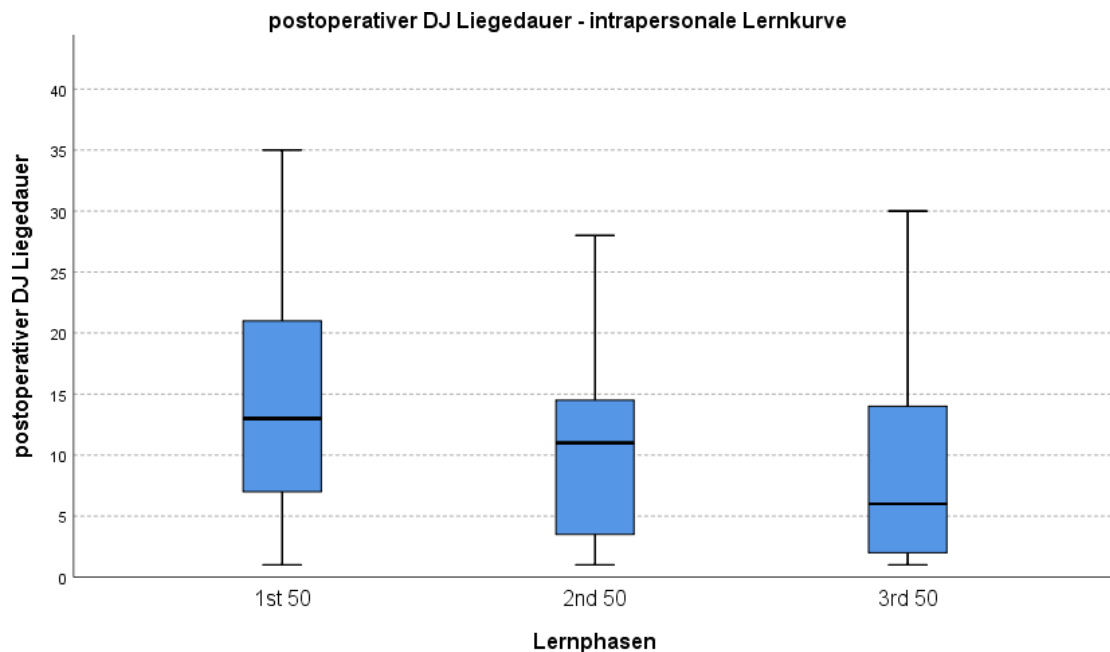
Abbildung 7: intrapersonale Lernkurve: postoperative DJs



Beschreibung: „n“ = kein postoperativer DJ, „DJ“ = postoperativer DJ; 1st 50 (N = 50), 2nd 50 (N = 50), 3rd 50 (N = 50); $p_{1,2} = 0.554$, $p_{2,3} = 0.153$, $p_{1,3} = 0.023$

Die postoperative Liegedauer der gelegten DJ-Schienen verkürzte sich zwischen der ersten und dritten Lernphase ebenfalls signifikant von 13 Tagen (Median, IQR = 7 - 21 Tage) auf 6 Tage (Median, IQR = 2 - 14 Tage, $p = 0.015$ sig. ($U = 222.5$)). Die Liegedauer der in der zweiten Lernphase gelegten postoperativen DJ-Schienen lag mit 11 Tagen (Median, IQR = 2 - 15 Tage) dazwischen (siehe Abbildung 8, siehe Tabelle 5, 6).

Abbildung 8: intrapersonale Lernkurve: Liegedauer (Tage) postoperative DJs



Beschreibung: 1st 50 (N = 33), 2nd 50 (N = 27), 3rd 50 (N = 22); $p_{1,2} = 0.142$, $p_{2,3} = 0.386$, $p_{1,3} = 0.015$

Tabelle 5: Instrumentencharakteristika der intrapersonalen Lernkurve (Übersicht)

INSTRUMENTENCHARAKTERISTIKA: Übersicht			
Intrapersonale Lernkurve			
	1. 50 OPs	2. 50 OPs	3. 50 OPs
URS-Typ			
semirigide	19 (38%)	21 (42%)	19 (38%)
flexibel	18 (36%)	21 (42%)	30 (60%)
beides	13 (26%)	8 (16%)	1 (2%)
URS-Typ zusammengefasst			
semirigide	19 (38%)	21 (42%)	19 (38%)
flexible und beides	31 (62%)	29 (58%)	31 (62%)
Extraktionsmethode			
Dormia	50 (100%)	50 (100%)	48 (96%)
keine	0 (0%)	0 (0%)	2 (4%)
Einführungsschleuse			
ja	23 (46%)	16 (32%)	23 (46%)
nein	27 (54%)	34 (68%)	27 (54%)
Laser			
ja	36 (72%)	28 (56%)	27 (54%)
nein	14 (28%)	22 (44%)	23 (46%)
Präoperativer DJ			
ja	24 (48%)	21 (42%)	33 (66%)
nein	26 (52%)	29 (58%)	17 (34%)
Postoperativer DJ			
ja	45 (90%)	42 (84%)	35 (70%)
nein	5 (10%)	8 (16%)	15 (30%)
Liegedauer postoperativer DJ			
Median	13.00	11.00	6.00
IQR	7.00 – 21.00	2.00 – 15.00	2.00 – 14.00

Beschreibung: URS-Typ: nur therapeutisch verwendete URS. Liegedauer postoperativer DJ in Tagen

Tabelle 6: Instrumentencharakteristika der intrapersonalen Lernkurve (p-Werte)

INSTRUMENTENCHARAKTERISTIKA: p-Werte			
Intrapersonale Lernkurve			
	1. vs. 2. 50 OPs	2. vs. 3. 50 OPs	1. vs. 3. 50 OPs
URS-Typ			
	0.536	0.025	0.001
URS zusammengefasst			
	0.838	0.838	1.000
Extraktionsmethode			
	konstant	0.495	0.495
Einführschleuse			
	0.218	0.218	1.000
Laser			
	0.144	1.000	0.097
Präoperativer DJ			
	0.688	0.027	0.106
Postoperativer DJ			
	0.554	0.153	0.023
Liegedauer postoperativer DJ			
	0.142	0.386	0.015

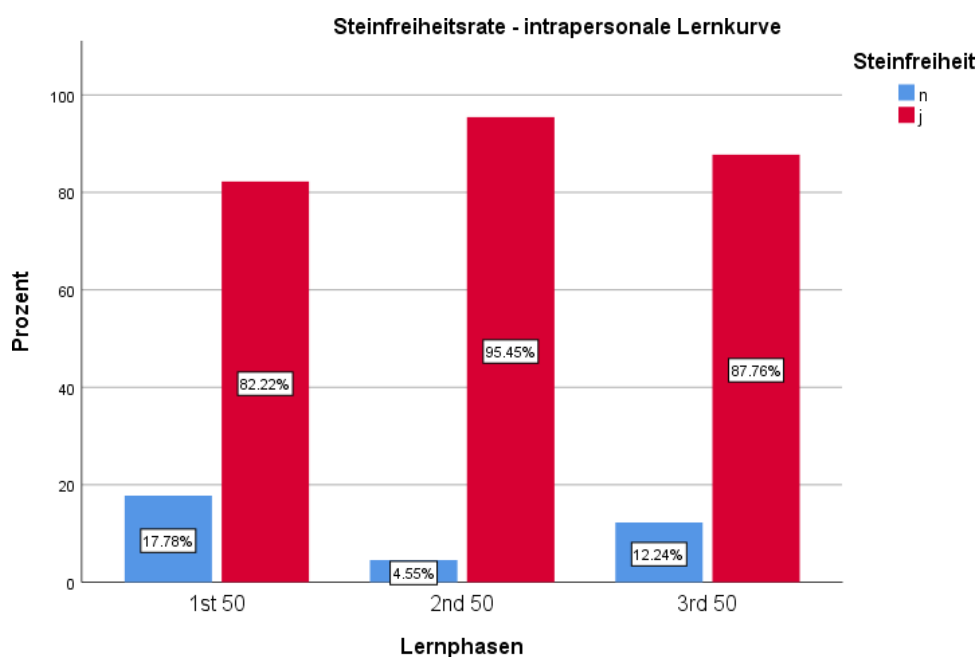
Beschreibung: Signifikante Unterschiede ($p < 0.05$) sind hervorgehoben. URS-Typ: nur therapeutisch verwendete URS

3.1.4 Outcomeparameter

3.1.4.1 Steinfreiheitsrate

Die Steinfreiheitsrate erhöhte sich von der ersten auf die zweite Lernphase von 82.2 % auf 95.5 %, sank jedoch auf 87.8 % in der dritten Lernphase ab. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Lernphasen waren nicht signifikant, es zeigte sich eine Tendenz zu einem signifikanten Unterschied zwischen der ersten und zweiten Lernphase ($p_{1,2} = 0.09$ n.s.) (siehe Abbildung 9, siehe Tabelle 7, 8).

Abbildung 9: intrapersonale Lernkurve: Steinfreiheitsrate

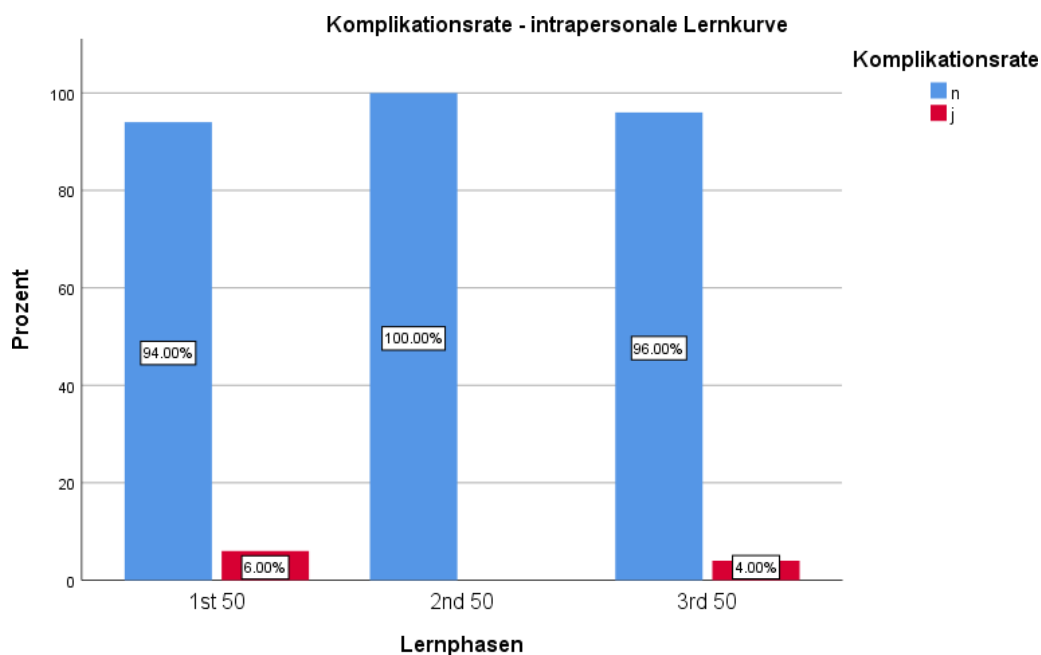


Beschreibung: „n“ = nicht steinfrei, „j“ = steinfrei; 1st 50 (N = 45), 2nd 50 (N = 44), 3rd 50 (N = 49); $p_{1,2} = 0.09$, $p_{2,3} = 0.273$, $p_{1,3} = 0.566$

3.1.4.2 Komplikationsrate

Die Komplikationsrate war durchweg gering und undulierte von 6 % (3/50 Fällen) auf 0 % (0/50 Fällen) bis 4 % (2/48). Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Lernphasen. Laut Dokumentation traten in der ersten Lernphase zwei fieberhafte Harnwegsinfekte und eine Nierenkolik auf. In der zweiten Lernphase waren keine Komplikationen dokumentiert. In der dritten Lernphase waren ein Harnstau und ein fieberhafter Harnwegsinfekt als Komplikationen dokumentiert (siehe Abbildung 10, siehe Tabelle 7, 8).

Abbildung 10: intrapersonale Lernkurve: Komplikationsrate

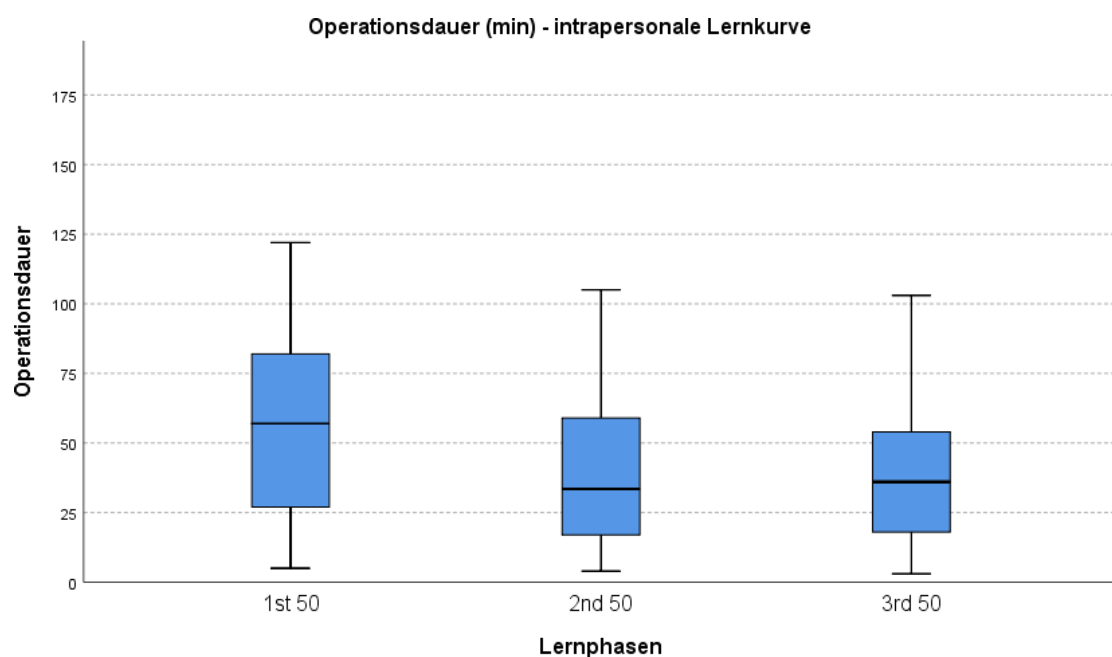


Beschreibung: „n“ = keine Komplikation aufgetreten, „j“ = Komplikation aufgetreten; 1st 50 (N = 50), 2nd 50 (N = 50), 3rd 50 (N = 50); $p_{1,2} = 0.242$, $p_{2,3} = 0.495$, $p_{1,3} = 1$

3.1.4.3 Operationszeit

Die Operationszeit nahm von 57 min (Median, IQR = 26.25 - 82 min) in der ersten auf 33.5 min (Median, IQR = 16.75 - 59.5 min) in der zweiten ab und nahm dann in der dritten Lernphase leicht zu auf 36.5 min (Median, IQR = 17.25 - 55 min). Hier war der Unterschied zwischen der ersten und der zweiten sowie zwischen der ersten und der dritten Lernphase signifikant ($p_{1,2} = 0.006$ sig. ($U = 855$); $p_{1,3} = 0.003$ sig. ($U = 818.5$)) (Siehe Abbildung 11, siehe Tabelle 7, 8).

Abbildung 11: intrapersonale Lernkurve: Operationsdauer (min)

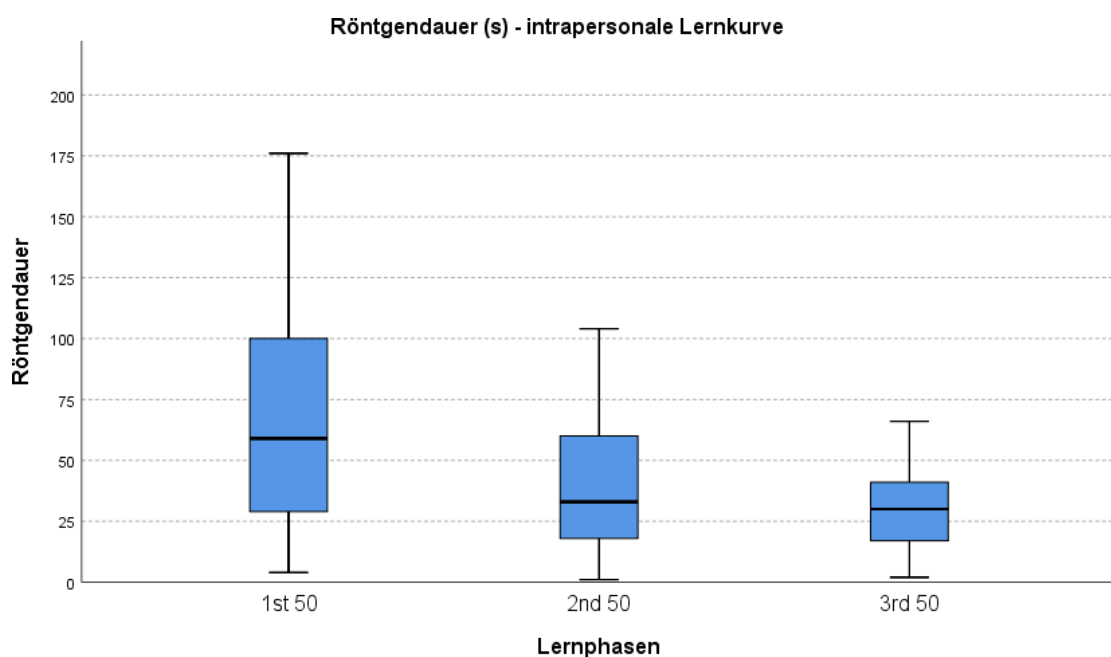


Beschreibung: 1st 50 (N = 50), 2nd 50 (N = 50), 3rd 50 (N = 50); $p_{1,2} = 0.006$; $p_{2,3} = 0.933$, $p_{1,3} = 0.003$

3.1.4.4 Röntgendauer und Röntgendosis

Die Röntgendauer nahm signifikant zwischen den ersten und zweiten 50 Operationen ab (59 s (Median, IQR = 28 - 100 s) versus 33 s (Median, IQR = 17.5 - 60 s)). Danach reduzierte sich die Röntgendauer in der dritten Lernphase nicht signifikant auf 30 s (Median, IQR = 16.5 - 42.5 s). Der Unterschied zwischen der ersten und dritten Lernphase war signifikant ($p_{1,2} = 0.001$ sig. (t bootstrap = 3.58); $p_{1,3} = 0.001$ (t bootstrap = 4.77)) (siehe Abbildung 12, siehe Tabelle 7, 8).

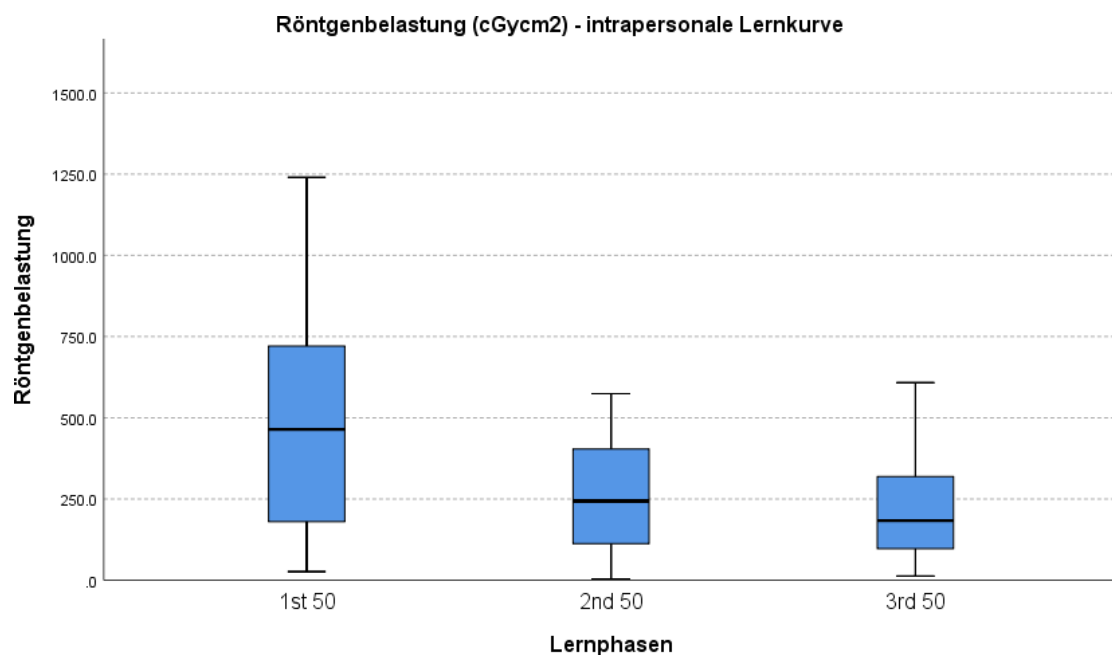
Abbildung 12: intrapersonale Lernkurve: Röntgendauer (s)



Beschreibung: 1st 50 (N = 49), 2nd 50 (N = 49), 3rd 50 (N = 49); $p_{1,2} = 0,001$; $p_{2,3} = 0,285$; $p_{1,3} = 0,003$

Die Röntgendosis nahm ebenfalls signifikant zwischen der ersten und zweiten Lernphase ab (464 cGycm², Median, IQR = 175 - 740 cGycm² versus 243.5 cGycm², Median, IQR = 109.75 - 409.5 cGycm²). Zwischen der zweiten und dritten Lernphase reduzierte sich die Röntgendosis nicht mehr signifikant (183.5 cGycm², Median, IQR = 96.25 - 320.5 cGycm²), jedoch zeigte sich hier eine Tendenz zur Signifikanz ($p_{2,3} = 0.096$, $U = 924.5$). Der Unterschied zwischen der ersten und dritten Lernphase war hoch signifikant ($p_{1,2} = 0.01$ sig. ($U = 782$); $p_{1,3} = 0.001$ sig. (t bootstrap = 4.45)) (siehe Abbildung 13, siehe Tabelle 7, 8).

Abbildung 13: intrapersonale Lernkurve: Röntgenbelastung (cGycm²)



Beschreibung: 1st 50 (N = 47), 2nd 50 (N = 48), 3rd 50 (N = 48); $p_{1,2} = 0,01$; $p_{2,3} = 0,096$; $p_{1,3} = 0,001$

Tabelle 7: Outcomeparameter der intrapersonalen Lernkurve

OUTCOMEPARAMETER: Übersicht			
Intrapersonale Lernkurve			
	1. 50 OPs	2. 50 OPs	3. 50 OPs
OP-Dauer			
Median	57.00	33.50	36.50
IQR	26.25 – 82.00	16.75 – 59.50	17.25 – 55.00
Röntgendauer			
Median	59.00	33.00	30.00
IQR	28.00 – 100.00	17.50 – 60.00	16.50 – 42.50
Röntgen FD			
Median	464.00	243.50	183.50
IQR	175.00 – 740.00	109.75 – 409.50	96.25 – 320.50
Steinfreiheitsrate			
ja	37 (82.2%)	42 (95.5%)	43 (87.8%)
nein	8 (17.8%)	2 (4.5%)	6 (12.2%)
Komplikationen			
intraoperativ			
	-	-	-
postoperativ			
Fieberhafter HWI	2	-	1
Nierenkolik	1	-	-
Harnstau	-	-	1
Komplikationsrate			
ja	3 (6%)	0 (0%)	2 (4%)
nein	47 (94%)	50 (100%)	48 (96%)

Beschreibung: OP-Dauer in [min]. Röntgendauer in [s]. Röntgen FD = Röntgenflächendosisprodukt in [cGycm²]

Tabelle 8: Outcomeparameter der intrapersonalen Lernkurve (p-Werte)

Outcomeparameter: p-Werte			
Intrapersonale Lernkurve			
	1. vs. 2. 50 OPs	2. vs. 3. 50 OPs	1. vs. 3. 50 OPs
OP-Dauer			
	0.006	0.933	0.003
Röntgendauer			
	0.001	0.285	0.001
Röntgen FD			
	0.010	0.096	0.001
Steinfreiheitsrate			
	0.090	0.273	0.566
Komplikationsrate			
	0.242	0.495	1.000

Beschreibung: Signifikante Unterschiede ($p < 0.05$) sind hervorgehoben. Röntgen FD = Röntgenflächendosisprodukt

3.2 Interpersonale Lernkurve für die URS

Zur Erstellung der interpersonalen Lernkurve verglichen wir die ersten 50 Operationen des autodidaktischen Operateurs mit den 40 Operationen des angeleiteten Operateurs sowie mit den 50 Operationen eines erfahrenen Operateurs. Wie bei der intrapersonalen Lernkurve verglichen wir Patientencharakteristika, Steincharakteristika, Instrumentencharakteristika und Outcomeparameter. Die Reihenfolge der Vergleiche war: Autodidakt vs. Angeleiteter, danach Angeleiteter versus Erfahrener, zuletzt wurde der Autodidakt mit dem Erfahrenen verglichen.

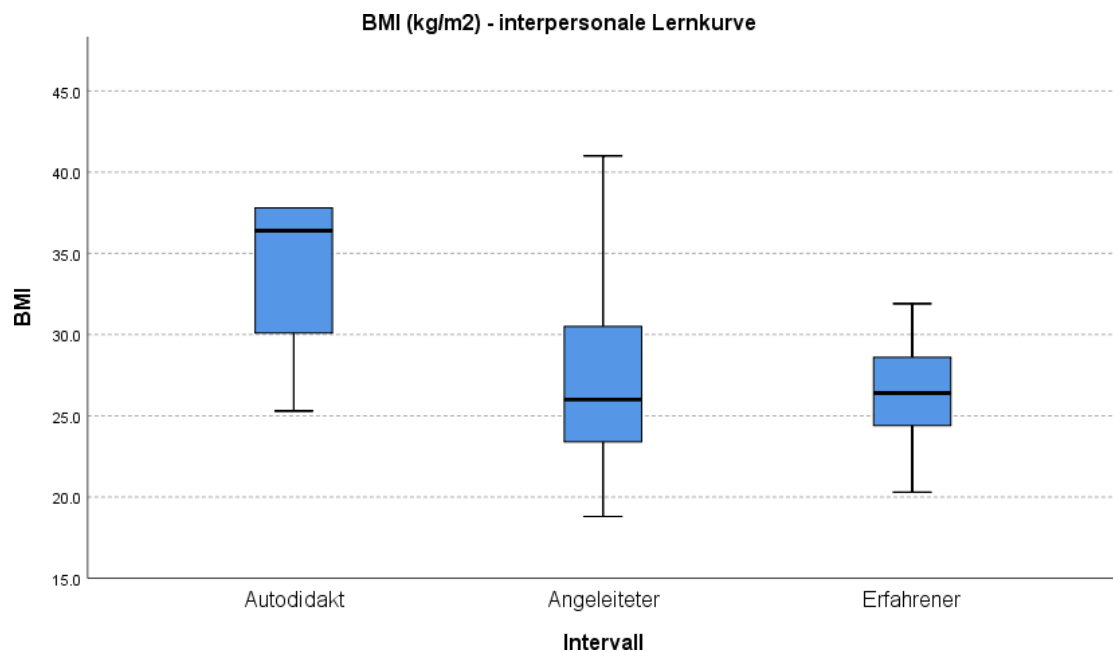
3.2.1 Patientencharakteristika

In den ersten 50 Fällen operierte der Autodidakt 49 Patienten (34 Männer und 15 Frauen). Ein Patient wurde hier einmal auf der rechten und einmal auf der linken Seite operiert. Dies wurde als zwei separate Fälle gewertet. Der Angeleitete operierte in 40 Fällen 40 Patienten (24 Männer und 16 Frauen). Der Erfahrene operierte in 50 Fällen, die von 48 Patienten stammten (34 Männer und 14 Frauen). Ein Patient führte zu zwei separaten Fällen, weil er einmal links und einmal rechts operiert wurde. Von einem weiteren Patienten waren zwei konsekutive Eingriffe dokumentiert, die aber dasselbe Steingeschehen behandelten.

Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Operateuren hinsichtlich der Geschlechterverteilung, der Altersverteilung, der Aufenthaltsdauer oder des ASA-Scores.

Ein signifikanter Unterschied bestand jedoch zwischen den BMI-Werten der Patientengruppe des autodidaktischen Operators und der des angeleiteten Operators: 36.4 kg/m^2 (Median, IQR = $27.7 - 47 \text{ kg/m}^2$) versus 26 kg/m^2 (Median, IQR = $23.13 - 30.5 \text{ kg/m}^2$; $p_{(\text{Auto. vs. Angel.})} = 0.03 \text{ sig.}$, $U = 34$). Der Unterschied der BMI-Verteilung des Autodidakten zu der des erfahrenen Operators war nicht signifikant (26.4 kg/m^2 , Median, IQR = $23.95 - 29.25 \text{ kg/m}^2$; $p = 0.071 \text{ n.s.}$ ($t \text{ bootstrap} = 2.00$)). Diese signifikanten Unterschiede sind möglicherweise darauf zurückzuführen, dass lediglich 5 BMI-Werte in der Fallgruppe des Autodidakten bekannt waren, die zudem extrem waren (36.4 Median , IQR = $27.7 - 47$) (siehe Abbildung 14, siehe Tabelle 9, 10).

Abbildung 14: interpersonale Lernkurve: BMI (kg/m^2)



Beschreibung: Autodidakt (N = 5), Angeleiteter (N = 34), Erfahrener (N = 25);
 $p_{(\text{Auto. vs. Angel.})} = 0.03$, $p_{(\text{Angel. vs. Erf.})} = 0.888$, $p_{(\text{Auto vs. Erf})} = 0.071$

Tabelle 9: Patientencharakteristika der interpersonalen Lernkurve (Übersicht)

PATIENTENCHARAKTERISTIKA: Übersicht			
Interpersonale Lernkurve			
	Autodidakt (50 OPs)	Angeleiteter (40 OPs)	Erfahrener (50 OPs)
Geschlecht			
m	34 (68%)	24 (60%)	36 (72%)
w	16 (32%)	16 (40%)	14 (28%)
Alter			
Median	48.50	50.50	58.00
IQR	40.00 – 62.00	34.25 – 66.00	43.75 – 68.25
BMI			
Median	36.40	26.00	26.40
IQR	27.70 – 47.00	23.13 – 30.50	23.95 – 29.25
Aufenthaltsdauer			
Median	3.00	3.00	3.00
IQR	2.00 – 4.25	3.00 – 4.00	2.00 – 4.00
ASA-Score			
1	0	7 (21.2%)	2 (8.3%)
2	4 (100%)	15 (45.5%)	17 (70.8%)
3	0	10 (30.3%)	4 (16.7%)
4	0	1 (3.0%)	1 (4.2%)

Beschreibung: Alter in Jahren. BMI in [kg/m²]. Aufenthaltsdauer in Tagen

Tabelle 10: Patientencharakteristika der interpersonalen Lernkurve (p-Werte)

PATIENTENCHARAKTERISTIKA: p-Werte			
Interpersonale Lernkurve			
	Autodidakt vs. Angeleiteter	Angeleiteter vs. Erfahrener	Autodidakt vs. Erfahrener
Geschlecht			
	0.508	0.265	0.828
Alter			
	0.835	0.115	0.109
BMI			
	0.030	0.888	0.071
Aufenthaltsdauer			
	0.491	0.469	0.885
ASA-Score			
	0.302	0.218	1.000

Beschreibung: Signifikante Unterschiede ($p < 0.05$) sind hervorgehoben

3.2.2 Steincharakteristika

Bei der maximalen Steingröße, der Steinanzahl, dem Reinheitsgrad des Steinmaterials (Mischsteine vs. reine Steine) und der genauen chemischen Steinzusammensetzung ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

Die maximale Steingröße im Eingriffskollektiv des angeleiteten Operateurs war mit 8 mm (Median, IQR = 4 - 12 mm) am größten, der erfahrene Operateur hatte mit 6 mm (Median, IQR = 4 - 10 mm) die kleinste maximale Steingröße in seinem Kollektiv. Der Autodidakt lag mit 7 mm (Median, IQR = 5 - 10 mm) dazwischen. Alle Unterschiede waren nicht signifikant.

Der erfahrene Operateur hatte den größten Anteil an Einzelsteinen (74 %, 37/50 Operationen). Der Autodidakt und der Angeleitete hatten mit 62 % (31/50) bzw. 60 % (24/40) einen ähnlichen Anteil an Einzelsteinen. Beide hatten damit vergleichbare Anteile an multiplen Steinen (38 % (19/50) und 40 % (16/40)). Der Erfahrene hatte mit 26 % (13/50) den kleinsten Anteil an Mehrstein-Ereignissen. Alle Unterschiede waren nicht signifikant.

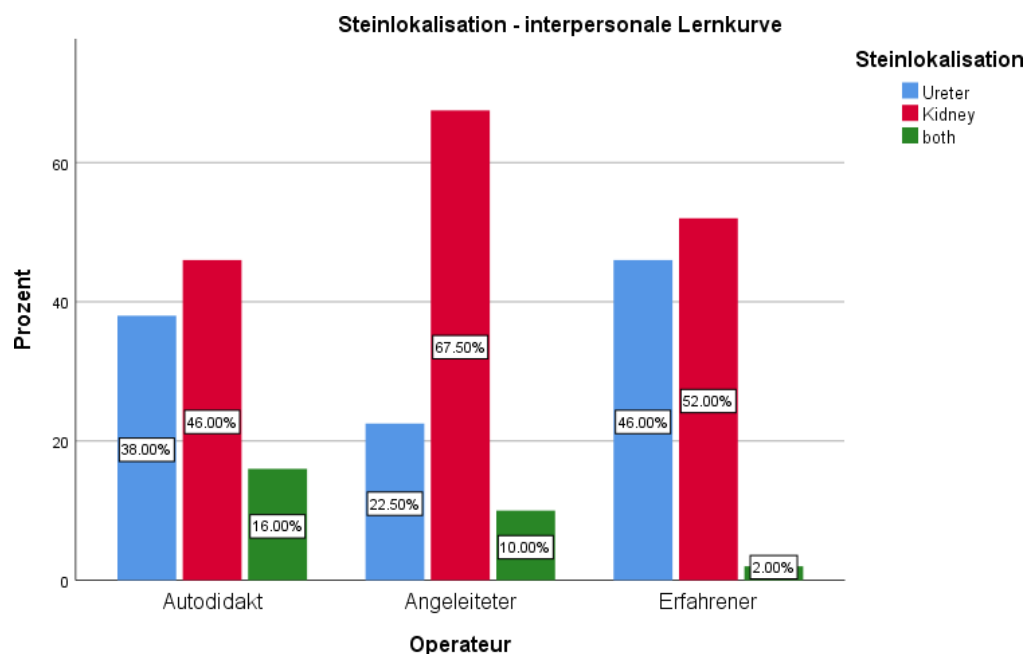
Die Verteilung der Steinlokalisationen war signifikant unterschiedlich zwischen dem Angeleiteten und dem Erfahrenen ($p_{(\text{Angel. vs. Erf.})} = 0.029$ sig. nach Fisher). Der Unterschied zwischen dem Autodidakten und dem Erfahrenen war fast signifikant ($p_{(\text{Auto. vs. Erf.})} = 0.061$ n.s. nach Fisher).

Der Anteil an Ureterstein-Ereignissen des Erfahrenen war mit 46 % (23/50 Fällen) am höchsten. Der angeleitete Operateur hatte mit 22.5 % (9/40) den kleinsten Anteil an Ureterstein-Ereignissen. Der Autodidakt lag mit 38 % (19/50) dazwischen.

Mit 67.5 % war der Anteil an Nierenstein-Ereignissen des Angeleiteten am höchsten. Der Erfahrene und der Autodidakt hatten mit 52 % (26/50) und 46 % (23/50) vergleichbare Nierenstein-Ereignisse.

Der Autodidakt hatte mit 16 % (8/50) den höchsten Anteil an Fällen, in denen sowohl Ureter- als auch Nierensteine vorlagen. Der Angeleitete folgte mit 10 % (4/40), der Erfahrene hatte lediglich ein einziges Ereignis (2 % oder 1/50 der Fälle) (siehe Abbildung 15, siehe Tabelle 11, 12).

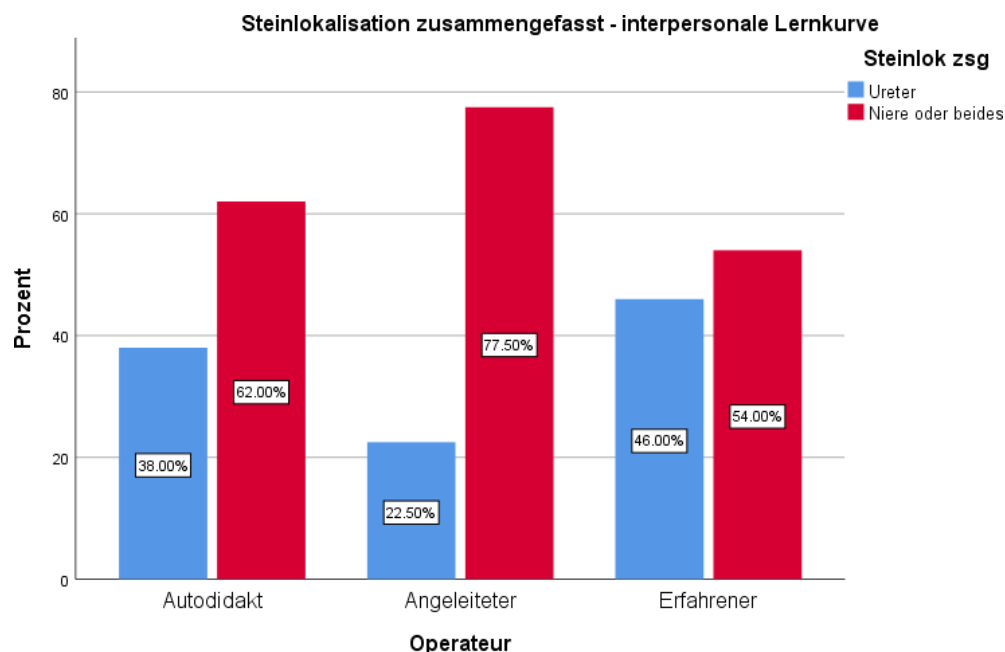
Abbildung 15: interpersonale Lernkurve: Steinlokalisation



Beurteilung: “Ureter”, “Kidney = Niere”, “both” = beides; Autodidakt (N = 50), Angeleiteter (N = 40), Erfahrener (N = 50); $p_{(\text{Auto. vs. Angel.})} = 0.147$, $p_{(\text{Angel. vs. Erf.})} = 0.029$; $p_{(\text{Auto vs. Erf})} = 0.061$

Fasste man die Steinlokalisationen „Niere“ und „beides“ (Niere und Ureter) zusammen, so zeigte sich, dass der Angeleitete mit 77.5 % (31/40) tatsächlich den höchsten Anteil (Niere oder beides) hatte. Mit 54 % (27/50) war der Anteil des Erfahrenen am niedrigsten. Mit 62 % (31/50) lag der Autodidakt dazwischen. Der signifikante Unterschied zwischen dem angeleiteten und dem erfahrenen Operateur blieb nach der Zusammenfassung der „Nieren“- und „beides“ (Niere und Ureter) -Steinlokalisationen erhalten ($p_{(Angl. vs. Erf.)} = 0.027$ ($X^2 = 5,356$)), der fast signifikante Unterschied zwischen dem Autodidakten und dem Erfahrenen war jetzt eindeutig nicht signifikant ($p_{(Auto. vs. Erf.)} = 0.544$ n.s. ($X^2 = 0.657$)) (siehe Abbildung 16, siehe Tabelle 11, 12).

Abbildung 16: interpersonale Lernkurve: Steinlokalisation zusammengefasst



Beschreibung: „Ureter“, „Niere oder beides“; Autodidakt (N = 50), Angeleiteter (N = 40), Erfahrener (N = 50); $p_{(Auto. vs. Angel.)} = 0.169$; $p_{(Angel. vs. Erf.)} = 0.027$; $p_{(Auto vs. Erf)} = 0.544$

Der Angeleitete hatte mit 66 % (20/30) den größten Anteil an Mischsteinen. Mit 50 % (22/44) und 48 % (21/44) waren die Anteile der beiden anderen vergleichbar groß. Der Anteil an reinen Steinen war mit 52 % (23/44) und 50 % (22/44) vergleichbar zwischen Autodidakten und Erfahrenen. Mit 33 % (10/30) war der Anteil des Angeleiteten am geringsten. Die Unterschiede waren nicht signifikant.

Auch ergaben sich hinsichtlich der genauen Steinzusammensetzung keine signifikanten Unterschiede zwischen den Operateuren (siehe Tabelle 11, 12).

Tabelle 11: Steincharakteristika der interpersonalen Lernkurve (Übersicht)

STEINCHARAKTERISTIKA: Übersicht			
Interpersonale Lernkurve			
	Autodidakt (50 OPs)	Angeleiteter (40 OPs)	Erfahrener (50 OPs)
Maximale Steingröße			
Median	7.00	8.00	6.00
IQR	5.00 – 10.00	4.00 – 12.00	4.00 – 10.00
Steinanzahl			
singulär	31 (62%)	24 (60%)	37 (74%)
multipl	19 (38%)	16 (40%)	13 (26%)
Lokalisation			
Ureter	19 (38%)	9 (22.5%)	23 (46%)
Niere	23 (46%)	27 (67.5%)	26 (52%)
beides	8 (16%)	4 (10%)	1 (2%)
Lokalisation zusammengefasst			
Ureter	19 (38%)	9 (22.5%)	23 (46%)
Niere und beides	31 (62%)	31 (77.5%)	27 (54%)
Mischsteine vs. reine Steine			
Mischsteine	22 (50%)	20 (66.7%)	21 (47.7%)
reine Steine	22 (50%)	10 (33.3%)	23 (52.3%)
Steinzusammensetzung: Mischsteine und reine Steine (wenn HK > 60%)			
COMH	25 (62.5%)	14 (51.9%)	21 (51.2%)
H	3 (7.5%)	5 (18.5%)	7 (17.1%)
CA	4 (10%)	2 (7.4%)	4 (9.8%)
CODH	1 (2.5%)	3 (11.1%)	1 (2.4%)
HK < 60%	7 (17.5%)	3 (11.1%)	8 (19.5%)

Beschreibung: Maximale Steingröße in [mm]. HK = Hauptkomponente. COMH = Calciumoxalatmonohydrat. H = Harnsäure. CA = Calciumapatit. CODH = Calciumoxalatdihydrat

Tabelle 12: Steincharakteristika der interpersonalen Lernkurve (p-Werte)

STEINCHARAKTERISTIKA: p-Werte			
Interpersonale Lernkurve			
	Autodidakt vs. Angeleiteter	Angeleiteter vs. Erfahrener	Autodidakt vs. Erfahrener
Maximale Steingröße			
	0.489	0.153	0.276
Steinanzahl			
	1.000	0.179	0.284
Lokalisation			
	0.147	0.029	0.061
Lokalisation zusammengefasst			
	0.169	0.027	0.544

Mischsteine vs. reine Steine			
	0.232	0.153	1.000
Steinzusammensetzung: Mischsteine und reine Steine (wenn HK > 60%)			
	0.373	0.629	0.782

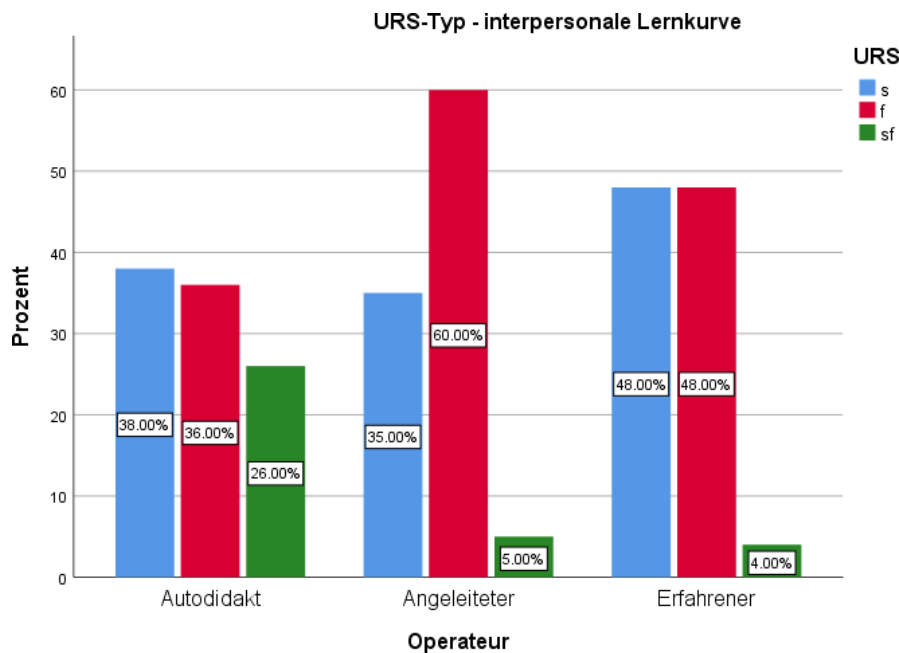
Beschreibung: Signifikante Unterschiede ($p < 0.05$) sind hervorgehoben. HK= Hauptkomponente

3.2.3 Instrumentencharakteristika

Der Autodidakt verwendete in 38 % (19/50), der Angeleitete in 35 % (14/40), der Erfahrene in 48 % (24/50) der Fälle ein semirigides Ureteroskop. In 36 % (18/50) verwendete der Autodidakt, in 60 % (24/40) der Angeleitete, in 48 % (24/50) der Erfahrene ein flexibles Ureterorenoskop. Der Autodidakt führte mit 26 % (13/40) der Fälle die meisten kombinierten Ureterorenoskopien durch. Der Angeleitete und der Erfahrene führten in 5 % (2/40) und in 4 % (2/50) eine kombinierte URS durch.

So zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen dem Autodidakten und den beiden anderen ($p_{\text{(Auto. vs. Angel.)}} = 0.013 \text{ sig. } (X^2 = 8.677)$; $p_{\text{(Auto. vs. Erf.)}} = 0.009 \text{ sig. } (X^2 = 9.505)$) (siehe Abbildung 17, siehe Tabelle 13, 14).

Abbildung 17: interpersonale Lernkurve: URS-Typ



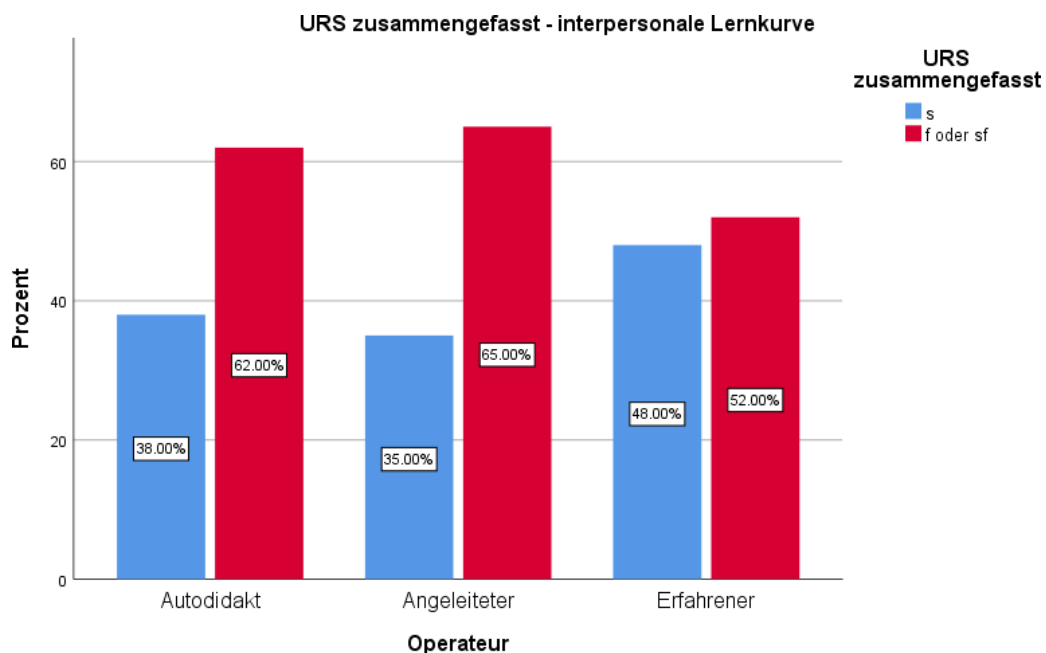
Beschreibung: “s” = semirigide URS, “f” = flexible URS”, “sf” = semirigide und flexible (kombinierte) URS; Autodidakt (N = 50), Angeleiteter (N = 40),

Erfahrener (N = 50); $p_{(\text{Auto. vs. Angel.})} = 0.013$; $p_{(\text{Angel. vs. Erf.})} = 0.442$; $p_{(\text{Auto vs. Erf.})} = 0.009$

Rechnet man die flexiblen und die kombinierten URS zusammen, so zeigten sich jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Chirurgen ($p_{(\text{Auto. vs. Angel.})} = 0.828$ n.s. ($X^2 = 0.86$); $p_{(\text{Auto. vs. Erf.})} = 0.419$ n.s. ($X^2 = 1.02$)). Der Autodidakt führte 19 semirigide und 31 flexible oder kombinierte URS durch. Der Angeleitete führte 14 semirigide und 26 flexible oder kombinierte URS durch. Der Erfahrener führte 24 semirigide und 26 flexible oder kombinierte URS durch.

Damit unterschieden sich die drei Chirurgen nicht und hatten bezüglich der Instrumentenverwendung vergleichbare Bedingungen (siehe Abbildung 18, siehe Tabelle 13, 14).

Abbildung 18: interpersonale Lernkurve: URS-Typ zusammengefasst



Beschreibung: „s“ = semirigide URS, „f oder sf“ = flexible und kombinierte URS zusammengefasst; Autodidakt (N = 50), Angeleiteter (N = 40), Erfahrener (N = 50); $p_{(\text{Auto. vs. Angel.})} = 0.828$; $p_{(\text{Angel. vs. Erf.})} = 0.284$; $p_{(\text{Auto vs. Erf.})} = 0.419$

Hinsichtlich der Extraktionsmethode ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Der Autodidakt benutzte in 100 % seiner Fälle (50 von 50), der Angeleitete in 92,5 % (37 von

40) und der Erfahrene in 96 % seiner Fälle (48 von 50) das Dormiakörbchen zur Steinextraktion.

Auch ergaben sich in der Anzahl der Verwendung von Einführschleusen keine signifikanten Unterschiede. Jedoch verwendete der Autodidakt mit 46% der Fälle (23/50) die meisten, der Erfahrene mit 28.6 % (14/49) die wenigsten Einführschleusen. Der Angeleitete lag dazwischen mit 37.5 % (15/40). Der Unterschied zwischen dem Autodidakten und dem Erfahrenen war hier tendenziell signifikant ($p_{(Auto. vs. Erf.)} = 0.097$ n.s. ($X^2 = 3.212$)).

In der Verwendung der Laserlithotripsie zeigte sich die gleiche Tendenz, jedoch war kein Unterschied signifikant: Der Autodidakt führte mit 72 % (36/50) die meisten Laserlithotripsien durch, der Erfahrene die wenigsten mit 52 % (26/50). Der Angeleitete lag wieder dazwischen mit 67.5 % (27/40). Der Unterschied zwischen dem Autodidakten und dem Erfahrenen war hier fast signifikant ($p_{(Auto. vs. Erf.)} = 0.063$ n.s. ($X^2 = 4.244$)).

In dem Patientenkollektiv des Angeleiteten hatten 70 % (28/40) einen präoperativ gelegten DJ. Beim Erfahrenen lagen in 56 % (28/50), beim Autodidakten in 48 % (24/50) ein präoperativer DJ vor. Der Unterschied zwischen Autodidakten und Angeleiteten war hier fast signifikant mit $p_{(Auto. vs. Angel.)} = 0.053$ n.s. ($X^2 = 4.409$)).

Der Autodidakt verwendete in 90 % (45/50) eine postoperative DJ-Schiene (am höchsten), der Angeleitete in 85 % (34/40), der Erfahrene in 80 % (40/50) der Fälle (am geringsten). Die Unterschiede waren jedoch nicht signifikant.

Auch ergaben sich keine signifikanten Unterschiede in der postoperativen DJ-Liegedauer. Die Liegedauern waren 13 Tage (Median, IQR = 7 - 21 Tage), 13 Tage (Median, IQR = 2 - 26,5 Tage), 15 Tage (Median, IQR = 6 - 26.5) für den Autodidakten, Angeleiteten und Erfahrenen (siehe Tabelle 13, 14).

Tabelle 13: Instrumentencharakteristika der interpersonalen Lernkurve (Übersicht)

INSTRUMENTENCHARAKTERISTIKA: Übersicht			
Interpersonale Lernkurve			
	Autodidakt (50 OPs)	Angeleiteter (40 OPs)	Erfahrener (50 OPs)
URS-Typ			
semirigide	19 (38%)	14 (35%)	24 (48%)
flexibel	18 (36%)	24 (60%)	24 (48%)
beides	13 (26%)	2 (5%)	2 (4%)
URS-Typ zusammengefasst			
semirigide	19 (38%)	14 (35%)	24 (48%)
flexible und beides	31 (62%)	26 (65%)	26 (52%)
Extraktionsmethode			
Dormia	50 (100%)	37 (92.5%)	48 (96%)
keine	0 (0%)	3 (7.5%)	2 (4%)
Einführungschleuse			
ja	23 (46%)	15 (37.5%)	14 (28.6%)
nein	27 (54%)	25 (62.5%)	35 (71.4%)
Laser			
ja	36 (72%)	27 (67.5%)	26 (52%)
nein	14 (28%)	13 (32.5%)	24 (48%)
Präoperativer DJ			
ja	24 (48%)	28 (70%)	28 (56%)
nein	26 (52%)	12 (30%)	22 (44%)
Postoperativer DJ			
ja	45 (90%)	34 (85%)	40 (80%)
nein	5 (10%)	6 (15%)	10 (20%)
Liegedauer postoperativer DJ			
Median	13.00	13.00	15.00
IQR	7.00 – 21.00	2.00 – 26.50	6.00 – 26.00

Beschreibung: URS-Typ: nur therapeutisch verwendete URS. Liegedauer postoperativer DJ in Tagen

Tabelle 14: Instrumentencharakteristika der interpersonalen Lernkurve (p-Werte)

INSTRUMENTENCHARAKTERISTIKA: p-Werte			
Interpersonale Lernkurve			
	Autodidakt vs. Angeleiteter	Angeleiteter vs. Erfahrener	Autodidakt vs. Erfahrener
URS-Typ			
	0.013	0.442	0.009
URS zusammengefasst			
	0.828	0.284	0.419
Extraktionsmethode			
	0.084	0.652	0.495
Einführungschleuse			
	0.520	0.496	0.097
Laser			

	0.817	0.196	0.063
Präoperativer DJ			
	0.053	0.196	0.548
Postoperativer DJ			
	0.529	0.590	0.262
Liegedauer postoperativer DJ			
	0.996	0.884	0.809

Beschreibung: Signifikante Unterschiede ($p < 0.05$) sind hervorgehoben. URS-Typ: nur therapeutisch verwendete URS

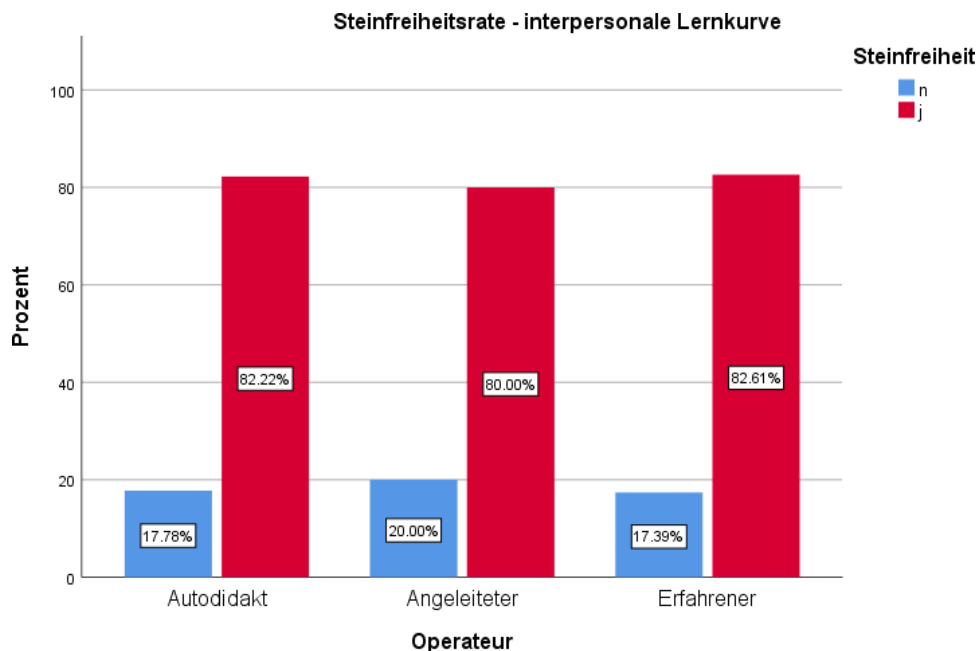
3.2.4 Outcomeparameter

3.2.4.1 Steinfreiheitsrate

Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Steinfreiheitsrate, der Komplikationsrate zwischen allen Chirurgen.

Die Steinfreiheitsrate betrug 82.2 % (37/45) beim Autodidakten, 80 % (28/35) beim Angeleiteten und 82.6 % (38/46) beim Erfahrenen (siehe Abbildung 19, siehe Tabelle 15, 16).

Abbildung 19: interpersonale Lernkurve: Steinfreiheitsrate

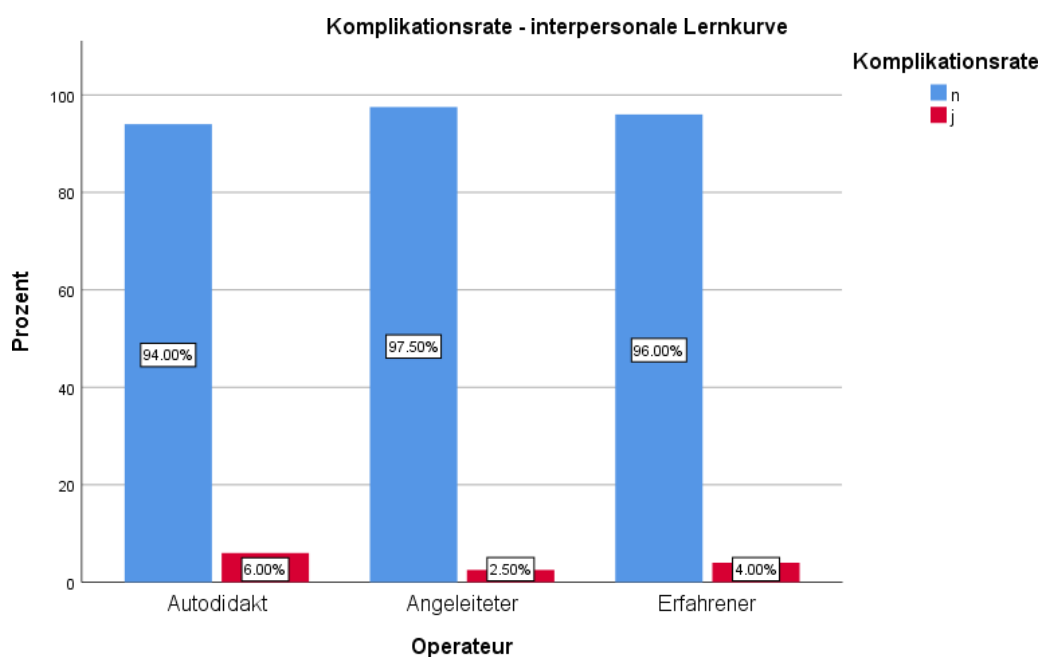


Beschreibung: „n“ = nicht steinfrei, „j“ = steinfrei; Autodidakt (N = 45), Angeleiteter (N = 35), Erfahrener (N = 46); $p(\text{Auto. vs. Angel.}) = 1$; $p(\text{Angel. vs. Erf.}) = 0.78$; $p(\text{Auto vs. Erf}) = 1$

3.2.4.2 Komplikationsrate

Die Komplikationsraten betragen 6 % (3/50) beim Autodidakten, 2,5 % (1/40) beim Angeleiteten und 4 % (2/50) beim Erfahrenen. Die Komplikationen des Autodidakten waren zwei Ereignisse fieberhafter HWI und ein Ereignis Nierenkolik, die des Angeleiteten waren ein Ereignis Urosepsis. Auch beim Erfahrenen trat laut Dokumentation eine Nierenkolik auf. Jedoch trat beim Erfahrenen zudem eine Harnleiterperforation auf (siehe Abbildung 20, siehe Tabelle 15, 16).

Abbildung 20: interpersonale Lernkurve: Komplikationsrate

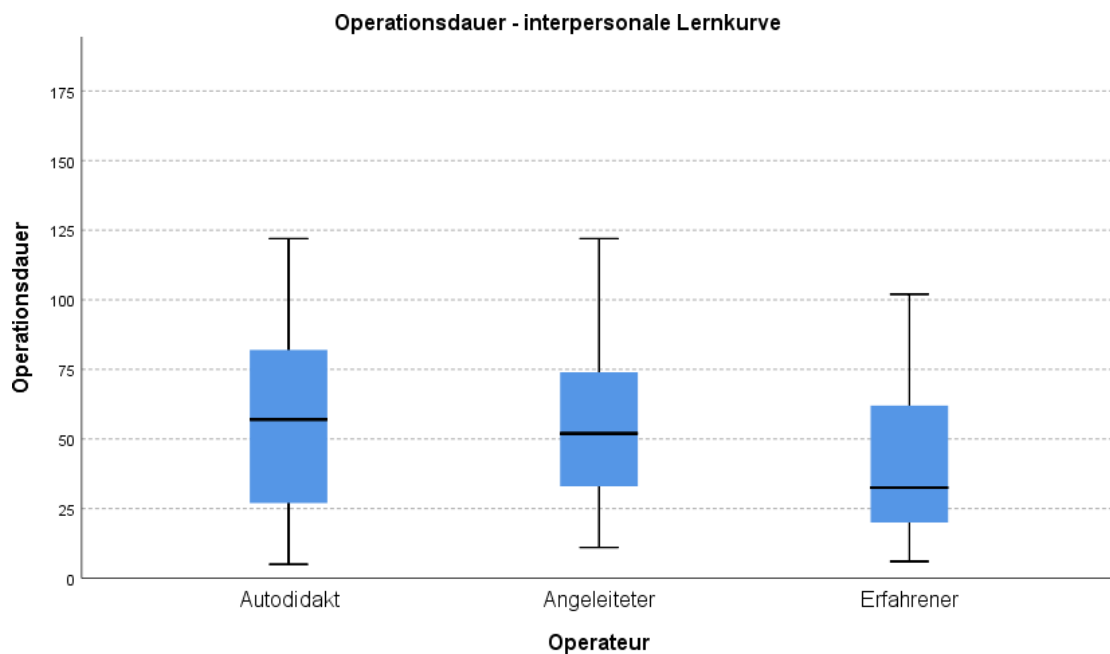


Beschriftung: „n“ = keine Komplikation aufgetreten, „j“ = Komplikation aufgetreten; Autodidakt (N = 50), Angeleiteter (N = 40), Erfahrener (N = 50);
 $p(\text{Auto. vs. Angel.}) = 0.626$, $p(\text{Angel. vs. Erf.}) = 1$, $p(\text{Auto vs. Erf}) = 1$

3.2.4.3 Operationszeit

Die Operationszeit des Autodidakten war 57 min (Median, IQR = 26.25 - 82 min), die des Angeleiteten war 52 min (Median, IQR = 32 - 74 min) und die des Erfahrenen betrug 32.5 min (20 - 62.5 min). Damit war die Operationszeit des Erfahrenen signifikant kürzer sowohl gegenüber dem Autodidakten ($p_{(\text{Auto. vs. Erf.})} = 0.012$ sig. ($U = 889$)) als auch gegenüber dem Angeleiteten ($p_{(\text{Angel. vs. Erf.})} = 0.012$ sig. ($U = 693.5$)). Die Operationszeiten waren nicht signifikant unterschiedlich zwischen dem Autodidakten und dem Angeleiteten (siehe Abbildung 21, siehe Tabelle 15, 16).

Abbildung 21: interpersonale Lernkurve: Operationsdauer (min)

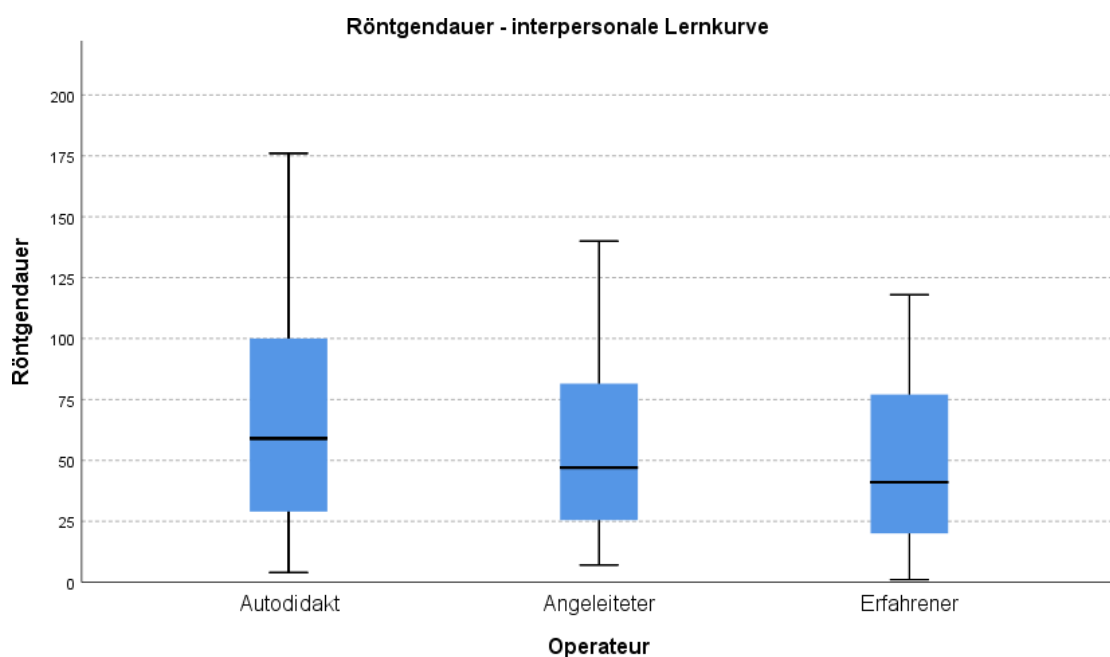


Beschreibung: Autodidakt (N = 50), Angeleiteter (N = 40), Erfahrener (N = 50);
 $p_{(\text{Auto. vs. Angel.})} = 0.848$, $p_{(\text{Angel. vs. Erf.})} = 0.012$, $p_{(\text{Auto vs. Erf.})} = 0.012$

3.2.4.4 Röntgendauer und Röntgendiagnose

Die Röntgendauer zwischen dem Autodidakten und dem Angeleiteten (59 s (Median, IQR = 28 - 100 s) vs. 48.5 s (Median, IQR = 23.75 - 88.25 s)), sowie zwischen dem Angeleiteten und dem Erfahrenen (41 s, Median, IQR = 20 - 77.75 s) unterschied sich nicht signifikant, zeigte aber eine fallende Tendenz. Die Röntgenzeit des Erfahrenen war signifikant kürzer als die des Autodidakten ($p_{(\text{Auto. vs. Erf.})} = 0.049$ ($U = 943.5$)) (siehe Abbildung 22, siehe Tabelle 15, 16).

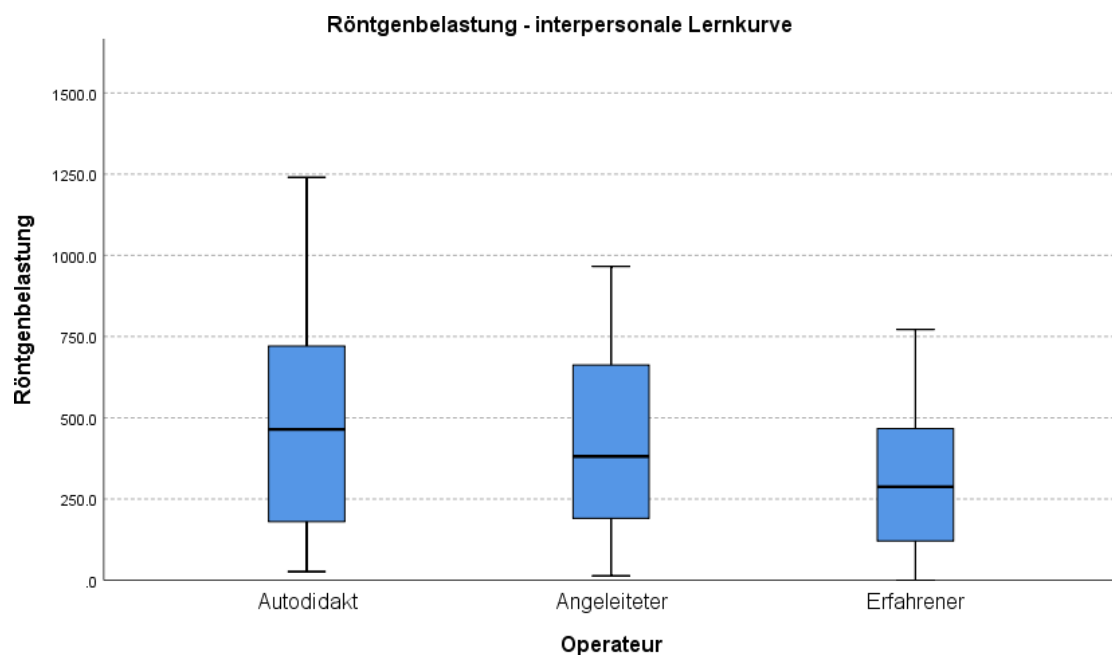
Abbildung 22: interpersonale Lernkurve: Röntgendauer (s)



Beschreibung: Autodidakt (N = 49), Angeleiteter (N = 40), Erfahrener (N = 50);
 $p_{(\text{Auto. vs. Angel.})} = 0.547$, $p_{(\text{Angel. vs. Erf.})} = 0.213$, $p_{(\text{Auto vs. Erf})} = 0.049$

Die Röntgendosis des Autodidakten war mit 464 cGycm² (Median, IQR = 175 - 740 cGycm²) am höchsten und war signifikant höher als die Röntgendosis des Erfahrenen mit 287.5 cGycm² (Median, IQR = 120.5 - 471.25 cGycm²; $p_{(Auto. vs. Erf.)} = 0.03$ sig. (U = 875.5)). Die Röntgendosis des Angeleiteten betrug 381 cGycm² (190 - 681 cGycm²) und war nicht signifikant unterschiedlich zu den anderen beiden (siehe Abbildung 23, siehe Tabelle 15, 16).

Abbildung 23: interpersonale Lernkurve: Röntgenbelastung (cGycm²)



Beschreibung: Autodidakt (N = 47), Angeleiteter (N = 39), Erfahrener (N = 50);
 $p_{(Auto. vs. Angel.)} = 0.658$, $p_{(Angel. vs. Erf.)} = 0.139$, $p_{(Auto vs. Erf)} = 0.030$

Tabelle 15: Outcomeparameter der interpersonalen Lernkurve

OUTCOMEPARAMETER: Übersicht			
Interpersonale Lernkurve			
	Autodidakt (50 OPs)	Angeleiteter (40 OPs)	Erfahrener (50 OPs)
OP-Dauer			
Median	57.00	52.00	32.50
IQR	26.25 – 82.00	32.00 – 74.00	20.00 – 62.50
Röntgendauer			
Median	59.00	48.50	41.00
IQR	28.00 – 100.00	23.75 – 88.25	20.00 – 77.75
Röntgen FD			
Median	464.00	381.00	287.50
IQR	175.00 – 740.00	190.00 – 681.00	120.50 – 471.25
Steinfreiheitsrate			
ja	37 (82.2%)	28 (80%)	38 (82.6%)
nein	8 (17.8%)	7 (20%)	8 (17.4%)
Komplikationen			
intraoperativ			
Harnleiterperforation	-	-	1
postoperativ			
Fieberhafter HWI	2	-	-
Nierenkolik	1	-	1
Urosepsis	-	1	-
Komplikationsrate			
ja	3 (6%)	1 (2%)	2 (4%)
nein	47	39	48

Beschreibung: OP-Dauer in [min]. Röntgendauer in [s]. Röntgen FD = Röntgenflächendosisprodukt in [cGycm²]

Tabelle 16: Outcomeparameter der interpersonalen Lernkurve (p-Werte)

Outcomeparameter: p-Werte			
Interpersonale Lernkurve			
	Autodidakt vs. Angeleiteter	Angeleiteter vs. Erfahrener	Autodidakt vs. Erfahrener
OP-Dauer			
	0.848	0.012	0.012
Röntgendauer			
	0.547	0.213	0.049
Röntgen FD			
	0.658	0.139	0.030
Steinfreiheitsrate			
	1.000	0.780	1.000
Komplikationsrate			
	0.626	1.000	1.000

Beschreibung: Signifikante Unterschiede ($p < 0.05$) sind hervorgehoben. Röntgen FD = Röntgenflächendosisprodukt.

4 Diskussion

Die Erfahrung spielt in der operativen Medizin eine ganz entscheidende Rolle. Mit zunehmender Routine des Operateurs sollen die Eingriffe erfolgreicher und sicherer werden.

Die praktische chirurgische Ausbildung beginnt während der Assistenzzeit. Idealerweise sollte der Assistenzarzt durch die Ausbildung mit dem nötigen Wissen und praktischen Fähigkeiten ausgestattet werden, damit sich dieser bei der Durchführung von operativen Eingriffen sicher fühlt. (Autorino et al., 2010). Entgegen dieser Vorgabe sieht die Realität im Rahmen der urologischen Ausbildung nicht selten anders aus, wie eine Befragung von urologischen Assistenzärzten in Hinblick auf laparoskopische Eingriffe wie Nephrektomie, Pyeloplastie, radikale Prostatektomie und radikale Zystektomie ergeben hat. Insgesamt stuften 77% der Befragten ihre Erfahrung in diesen Techniken als gering, sehr gering oder nicht vorhanden ein. Eine Subgruppenanalyse konnte zeigen, dass nach vierjähriger Ausbildungszeit der Prozentsatz auf 68% zurückgeht. Zum Ende hin nahm er weiter auf 49% ab (Furriel, Laguna, Figueiredo, Nunes, & Rassweiler, 2013).

Eine belgische Studie über laparoskopisches Training von urologischen, gynäkologischen und chirurgischen Assistenzärzte konnte ebenfalls zeigen, dass die meisten Assistenzärzte sich am Ende ihrer Ausbildung bei der Durchführung von laparoskopischen Eingriffen unsicher fühlten (De Win et al., 2015).

Um die chirurgischen Fähigkeiten zu erlernen, ist es zunächst wichtig, sich in der Theorie mit dem Eingriff vertraut zu machen. Dann folgt das OP-Training unter Anleitung eines erfahrenen Kollegen, bis das Ziel erreicht ist, den Eingriff selbstständig, sicher und effektiv durchführen zu können (de la Rosette et al., 2008). Aus diesem Grund wurden auch durch die Endourological Society 2011 spezielle endourologische Praktika zur Verbesserung der Lernkurve bei der URS angeboten. Voraussetzung waren ein Minimum von 60 Eingriffen pro Stipendiat innerhalb eines Zeitraums von 2 Jahren (Skolarikos et al., 2011). Ziel dieser Promotionsarbeit war es, die Lernkurve bei endourologischen Eingriffen, speziell bei der URS, näher zu evaluieren.

Hier wurde das Augenmerk zum einen auf die intrapersonale Lernkurve gelegt. Wir wollten herausfinden, welchen Einfluss die zunehmende Erfahrung eines Operateurs auf das Outcome hat. Zum anderen sollte die Lernkurve von drei Operateuren (interpersonale

Lernkurve) mit unterschiedlichem Ausbildungsstand bzw. -programm untersucht werden, um potentielle Unterschiede hinsichtlich der Outcomeparameter der URS zu untersuchen. Zudem sollte eine Anzahl an Operationen abgeleitet werden, ab der mit einem optimalen Ergebnis der URS bei Urolithiasis zu erwarten ist. Auch sollten 2 Anfänger mit unterschiedlichem Ausbildungsprogramm (autodidaktisches vs. angeleitetes Lernen) verglichen werden.

Die Annahme, dass mit zunehmender Erfahrung des Operators die Ergebnisqualität verbessert und die Komplikationsrate sinkt, konnte in unserer Studie nur teilweise bestätigt werden.

4.1 Vergleichbare Stein- und Instrumentencharakteristika

In der interpersonalen Lernkurve lagen insgesamt keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Patienten-, Stein- und Instrumentencharakteristika vor bis auf einen signifikanten Unterschied zwischen Angeleiteten und erfahrenen Operateur hinsichtlich der Steinlokalisierung. Während der interpersonalen Lernkurve hatte der Erfahrene leicht bessere Bedingungen hinsichtlich der Steinlokalisierung. So hatte er mit 46 % die meisten Uretersteine, der Angeleitete hatte mit 22,5 % die wenigsten und prozentual die meisten Nierensteine/ kombinierten Nieren- und Ureter-Steinereignisse (77,50 %). Abgesehen von der Steinlokalisierung waren alle Stein- und Instrumentencharakteristika in der interpersonalen Lernkurve nicht signifikant unterschiedlich und damit vergleichbar. Auch ergaben sich keine signifikanten Unterschiede und damit Vergleichbarkeit der Patienten-, Stein- und Instrumentencharakteristika in der intrapersonalen Lernkurve bis auf signifikant erhöhte präoperative DJ-Anlagen und signifikant reduzierte postoperative DJ-Anlagen zwischen ersten um letzten Abschnitt.

4.2 Steinfreiheitsrate

In der Literatur sind Steinfreiheitsstatus und klinisch unbedeutende Restfragmente bisher nicht standardisiert definiert (Karadag et al., 2014). In dieser Arbeit wurden Restkonkremente von < 1 mm als klinisch unbedeutend (d.h. Patient ist steinfrei) angesehen.

In unseren Untersuchungen lag die Steinfreiheitsrate bei jedem Operateur über 80 % und

war damit überdurchschnittlich gut. Im Vergleich mit der Literatur wies eine europäische Multicenterstudie an 365 Patienten eine Steinfreiheitsrate von 73,6 % nach dem Ersteinriff und von 78,9 % nach dem Zweiteingriff auf (Berardinelli et al., 2016).

4.2.1 Intrapersonale Lernkurve

Wir fanden eine fast signifikante Verbesserung ($p = 0.09$) der Steinfreiheitsrate (SFR) von 82,2 % nach der ersten Lernphase auf 95,5 % nach der zweiten Lernphase. Nach der dritten Lernphase konnte keine weitere Verbesserung der Steinfreiheitsrate festgestellt werden (87,8 %). Da Stein- und Instrumentencharakteristika nicht signifikant unterschiedlich waren in allen Lernphasen, deutet dies auf einen Lerneffekt des Autodidakten hin. Zunächst verbesserte sich die SFR und stagnierte dann bzw. fiel leicht ab, wie es in den in der Literatur beschriebenen klassischen Lernkurven meist auch der Fall ist. In der Literatur erhöhte sich die Steinfreiheitsrate mit zunehmender Erfahrung (nach 85 Eingriffen) signifikant auf 96% und stagnierte dann (Komori et al., 2015). Auch Jeong et al. (2018) kamen analog in 100 retrospektiv analysierten videoskopischen URS-Eingriffen zu dem Ergebnis, dass die letzten 50 Operationen ein signifikanter Prädiktor der Steinfreiheitsrate im Gegensatz zu den ersten 50 Eingriffen waren.

4.2.2 Interpersonale Lernkurve

Vergleicht man die SFR des Angeleiteten und des Erfahrenen, so konnte unsere Untersuchung keine signifikanten Unterschiede aufzeigen. Der Angeleitete hatte in seinen 40 dokumentierten Eingriffen eine SFR von 80.0 %. Der Erfahrene hatte in den 50 dokumentierten Eingriffen eine SFR von 82.6 %. Erstaunlicherweise schnitt der Autodidakt nicht schlechter ab (82.2 %), obwohl er nicht wie der Angeleitete von einem erfahrenen Operateur supervidiert wurde.

Untersuchungen an 307 Steineingriffen aus 14 deutschen Kliniken konnten jedoch zeigen, dass erfahrene Urologen (mehr als 5 Jahre nach der Facharztprüfung) eine 2,2-fach höhere Steinfreiheitsrate erreichen als Assistenzärzte. Zwischen den frisch ausgebildeten Fachärzten und den Assistenzärzten konnten keine Unterschiede festgestellt werden (Wolff et al., 2019).

Auch beim Vergleich von wenig erfahrenen Urologen (weniger als 100 Eingriffe) mit sehr erfahrenen (mehr als 400 Eingriffe) Urologen, lag die Steinfreiheitsrate der wenig erfahrenen Chirurgen bei 70 %, die der sehr erfahrenen bei 77,9 % ($p = 0,082$). (Berardinelli et al., 2017).

Netsch et al. (2015) konnten ebenfalls keinen signifikanten Unterschied in der Steinfreiheitsrate zwischen Assistenzärzten, die ein Trainingsprogramm (Hands-on-Training, Videos, Trainingsphase von 10 URS-Prozeduren) durchlaufen hatten, und erfahrenen Urologen bei der URS bei der Therapie der Urolithiasis zeigen (SFR 95 % für Assistenzärzte und 95,3 % für Urologen, $p = 0,489$).

Diese Diskrepanz unserer Ergebnisse der interpersonalen Lernkurve mit denen in der Literatur beschriebenen, erklärt sich möglicherweise dadurch, dass der Autodidakt und der Angeleitete bereits ein Trainingsprogramm vor Beginn der Studie absolviert hatten, um einen hohen Sicherheitsstandard sicher zu stellen. Zudem sind andere Kriterien wie OP-Dauer, Röntgendauer und Röntgenexposition noch nicht berücksichtigt.

4.3 Komplikationsrate

Allgemein ist zu sagen, dass nur eine geringe Anzahl an Komplikationen auftraten bzw. dokumentiert waren.

4.3.1 Intrapersonale Lernkurve

Hinsichtlich der intrapersonellen Lernkurve des autodidaktischen Operators war keine signifikante Verbesserung hinsichtlich der Komplikationsrate feststellbar. Laut Dokumentation traten in der ersten Lernphase nur drei Komplikationen ($KR = 6\%$) auf, die alle postoperativ waren: zwei fieberhafte Harnwegsinfekte sowie eine Nierenkolik. Die Komplikationsrate während der zweiten Lernphase betrug 0 %. Im dritten Abschnitt war die Komplikationsrate 4 % (2 postoperative Ereignisse: ein Harnstau und ein fieberhafter HWI).

Bei Komori et al. (2015) traten ebenfalls sehr wenige Komplikationen während der Lernkurve auf. Während der dort untersuchten Lernkurve (unterteilt in vier Lernphasen: 35, 50, 50, 84 Fälle) traten zuerst vier, dann zwei, dann drei und dann keine Ureterperforationen auf. Die Urosepsis trat ebenfalls unregelmäßig auf (erste Phase: eine,

zweite Phase: keine, dritte Phase: eine, vierte Phase: zwei). Im Einklang mit der Literatur traten die Komplikationen in geringer Anzahl und unregelmäßig auf. Damit war auch hier kein eindeutiger Lerneffekt erkennbar.

Aufgrund der in dieser Arbeit und der Literatur niedrigen Komplikationsraten konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

4.3.2 Interpersonale Lernkurve

Wie oben beschrieben traten beim Autodidakten zwei fieberhafte HWI und eine Nierenkolik auf (6 %). Beim Angeleiteten trat eine Urosepsis auf (KR= 2.5 %). Die Komplikationsrate des Erfahrenen betrug 4 %. Neben einer Nierenkolik kam es zu einer Ureterperforation. Die Ureterperforation wird als schwerwiegendste Komplikation der URS angesehen, die bei Einführung eines Ureterorenoskops oder einer Einführschleuse vorkommen kann (Komori et al., 2015).

Auch hier war die Anzahl der Komplikationen gering. Es waren keine statistisch signifikanten Unterschiede vorhanden.

Wolff et al. fanden ebenfalls keinen signifikanten Unterschied in der Komplikationsrate zwischen den Assistenzärzten, den frisch ausgebildeten Fachärzten und den erfahrenen Fachärzten, die insgesamt 307 URS durchführten (Wolff et al., 2019).

Bei Netsch et al. (2015) zeigten bei einer Gesamtkomplikationsrate von 10,5 % ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Komplikationsraten der Assistenz- und Fachärzte, jedoch war die Rate an Ureterperforationen unter den Assistenzärzten mit 4,3 % signifikant höher als unter den Fachärzten (1,3 %).

Jedoch wurden bei Studien mit größerer Fallzahl signifikante Unterschiede gefunden.

Eine rumänische Studie mit 8150 semirigiden Ureterorenoskopien bei Harnleitersteinleiden zeigte bei den Fachärzten („specialist“ mit 6318 Eingriffen) eine Komplikationsrate von 2,5 %, bei den Assistenzärzten („urologist in training“ mit 1832 Eingriffen) eine Komplikationsrate von 3,9 %. Folglich wurde die Erfahrung des Operateurs als signifikant für das Komplikationsrisiko angesehen (Georgescu, Muțescu, Geavlete, & Geavlete, 2014).

Beim Vergleich der Gesamtkomplikationsrate von wenig erfahrenen (weniger als 100 Eingriffe) und sehr erfahrenen (mehr als 400 Eingriffe) Urologen lag diese bei den sehr

Erfahrenen ebenfalls signifikant niedriger (20,7 % vs. 8,7 %; $p = 0,001$). 381 URS wurden in dieser Studie insgesamt durchgeführt (Berardinelli et al., 2017). Zudem kannten laut Berardinelli et al. (2017) erfahrene Urolithiasis-Chirurgen die Grenzen ihrer persönlichen Fähigkeiten besser und konnten zudem Schwierigkeiten während des Eingriffes besser kontrollieren, wodurch die bedeutend geringere Komplikationsrate der erfahrenen Chirurgen am wahrscheinlichsten zu erklären ist.

Da in der interpersonalen Lernkurve dieser Arbeit nur 140 URS untersucht wurden, könnten die nicht signifikanten Unterschiede an der geringen Anzahl der Fälle liegen. Auch hatten der Autodidakt und der Angeleitete vorher ein Trainingsprogramm absolviert, damit Patientensicherheit garantiert war. Zudem wurde der Angeleitete von einem Erfahrenen supervidiert, was ebenfalls zur Vermeidung von Komplikationen geführt haben könnte.

Allgemein wird die geringe Anzahl an auftretenden Komplikationen als Limitation angesehen. Die geringe Anzahl von Komplikationen bei der URS wurde in der URS Global Study mit 11885 Patienten als große Limitierung angesehen, da die Untersuchung von Patienten mit und ohne Komplikationen auf Unterschiede nicht durch statistische Tests ausreichend belegt werden kann (Somani et al., 2017).

4.4 Operationszeit

4.4.1 Intrapersonale Lernkurve

Die intrapersonelle Lernkurve zeigte auch wie erwartet eine signifikante Verbesserung von 57 min in der ersten Lernphase auf 33.5 min in der zweiten Lernphase ($p = 0.006$). In der dritten Lernphase war keine Verbesserung der OP-Zeit mehr erkennbar (36.5 min). Diese Entwicklung entspricht einer klassischen Lernkurve, in der zunächst eine starke Verbesserung eines Parameters eintritt und dann ein Plateau erreicht wird. Auch in der Literatur verbessert sich die Operationszeit mit zunehmender Operationszahl signifikant (Komori et al., 2015). Ein Vergleich mit anderen minimal invasiven Eingriffen (laparoskopische Hysterektomie) zeigte nach den ersten 75 Fällen ein Plateau der Lernkurve. Die Operationszeit verkürzte sich im Sinne einer Lernkurve, jedoch ohne dass sich ein Einfluss auf die Komplikationsrate zeigte (Terzi et al., 2016).

4.4.2 Interpersonale Lernkurve

Wie erwartet, konnte der erfahrene Operateur eine signifikant kürzere OP-Zeit (32.5 min) aufweisen als die beiden Anfänger (57 min des Autodidakten und 52 min des Angeleiteten). Die Art der Ausbildung der Anfänger (autodidaktisch vs. angeleitet) führte zu keinen signifikanten Unterschieden. Erfahrung führte zu schnelleren Operationszeiten.

Auch KatafigiotisItay et al. (2018) fanden einen signifikanten Unterschied in der OP-Zeit zwischen einem erfahrenen Urologen (mittlere OP-Zeit 69,1 min) und einem auszubildenden Urologen (mittlere OP-Zeit 74 Minuten), trotz erhöhter Steinlast beim erfahrenen Chirurgen.

Beim Vergleich von wenig erfahrenen (weniger als 100 Eingriffe) mit sehr erfahrenen (mehr als 400 Eingriffe) Urologen war die OP-Zeit der sehr Erfahrenen signifikant kürzer (76,3 min vs. 53,1 min; $p = 0,001$) (Berardinelli et al., 2017).

KatafigiotisItay et al. (2018) fand zudem, dass die Erfahrung des Operateurs ein signifikanter Prädiktor der „Operation Room Time“ (OP-Zeit vom Beginn der Anästhesie bis zur Extubation) ist neben Steinvolumen, Typ des Ureterorenoskops, der Steinanzahl sowie der Röntgendichte der Harnsteine. Allen et al. (2016) und Vinden et al. (2016) zeigten, dass die „Operation Room Time“ am meisten durch die Fähigkeit des Chirurgen beeinflusst wurde.

Unsere Ergebnisse sind somit mit denen in der aktuellen Literatur vergleichbar.

4.5 Röntgenzeit und Röntgenexposition

Da die Röntgenexposition mit der Röntgenzeit zusammenhängt, zeigte sich ein gleichsinniges Verhalten der Lernkurven.

4.5.1 Intrapersonale Lernkurve

Wie bei der Operationszeit wurde hier ein ähnliches Lernmuster deutlich. Die Röntgenzeit des Autodidakten reduzierte sich signifikant von 59 s (erste 50 OPs) auf 33 s (zweite 50 OPs) ($p = 0.001$). Danach trat keine signifikante Verbesserung mehr ein (30 s während der dritten 50 Operationen). Dies entspricht dem klassischen Muster einer

Lernkurve. Zunächst verbessert sich ein Parameter, bis das Plateau der Lernkurve erreicht wird.

Wie bei der Röntgenzeit reduzierte sich die Röntgendosis stark von 464 cGycm² auf 243.5 cGycm² (erste und zweite Lernphase, $p = 0.01$). Von der zweiten auf die dritte Lernphase (183,5 cGycm²) zeigte sich keine signifikante Verbesserung mehr, was dem Plateau der Lernkurve entspricht.

Gemäß der Literatur senkt die zunehmende Erfahrung des Operators die Röntgenzeit und Röntgendosis während der URS (Elkoushy et al., 2013). Mit zweijähriger Erfahrung fand Weld et al. (2015) eine Reduktion der mittlere Röntgenzeit um 79%.

4.5.2 Interpersonale Lernkurve

Der Angeleitete befand sich mit einer Röntgenzeit von 48.5 s zwischen den anderen beiden und unterschied sich auch nicht signifikant von diesen. Jedoch wies der Erfahrene eine signifikant kürzere Röntgenzeit auf (41 s) als der Autodidakt (59 s, $p = 0.049$). Dies könnte dadurch erklärt werden, dass der Angeleitete im Gegensatz zum Autodidakten aktiv von einem anderen erfahrenen Operateur unterstützt wurde, aber dennoch wie der Autodidakt ein Anfänger war. So zeigte sich kein signifikanter Kontrast des Angeleiteten im Vergleich zu den anderen aufgrund seiner Mittelposition. Ein signifikanter Unterschied zwischen dem allein operierenden autodidaktischen Anfänger und dem durch jahrelange Erfahrung versierten Chirurgen trat jedoch auf.

Interpersonal zeigte sich bei der Röntgendosis wie bei der Röntgenzeit die Mittelposition des Angeleiteten. Die Unterschiede vom Angeleiteten zu den anderen beiden waren nicht signifikant, jedoch war der Unterschied vom Autodidakten zum Erfahrenen signifikant. Dies kann damit erklärt werden, dass der Angeleitete einerseits zwar Anfänger war, aber andererseits unter aktiver Anleitung operierte und röntgte. Der Autodidakt operierte und röntgte als Anfänger alleine. Der Erfahrene wies die niedrigste Röntgendosis auf (287.5 cGycm²), was für seine jahrelange Erfahrung spricht. Die interpersonale Lernkurve bestätigt somit ebenfalls, dass die Röntgendosis von der Erfahrung des Operators abhängig ist.

In der Literatur fanden sich analoge Ergebnisse. Ein Vergleich von unterschiedlich erfahren Assistenzarztgruppen (einjährig vs. zweijährig) zeigte, dass die mittlere Röntgenzeit sich von 91,0 s auf 44,9 s verbesserte. Es wurde kein signifikanter

Unterschied der erfahreneren Assistenzärzte zu erfahrenen Urologen (41,4 s) gefunden (Sfoungaristos et al., 2015).

Neben dem Einfluss der Erfahrung des Chirurgen sowohl auf die Röntgenzeit als auch das Flächen-Dosis-Produkt stellte Hein et al. (2020) in einer Untersuchung fest, dass ein Kurs über die Gefahren von Strahlung und Strategien zur Vermeidung hoher Röntgendosen, die Röntgenbelastung und Röntgenzeit ebenfalls signifikant reduziert.

Damit werden die Ergebnisse dieser Arbeit von der Literatur bestätigt.

4.6 Postoperativer DJ

4.6.1 Intrapersonale Lernkurve

In der intrapersonalen Lernkurve fiel auf, dass der Autodidakt immer weniger postoperative DJ legte. So fiel die Rate an Fällen mit DJ-Anlage am Ende der OP von 90 % (erste Lernphase), auf 84 % (zweite Lernphase) und schließlich auf 70 % (dritte Lernphase), wobei der Unterschied von der ersten auf die dritte Lernphase signifikant war ($p = 0.023$). Die zunehmende Erfahrung des Autodidakten führte zu einer Abnahme der postoperativen DJ-Anlagen. Dies könnte sich positiv auf die Operationsdauer und die Röntgenzeit ausgewirkt haben.

4.6.2 Interpersonale Lernkurve

In der interpersonalen Lernkurve war die Rate an am Ende der OP gelegten DJ-Schienen nicht signifikant unterschiedlich zwischen den Operateuren, jedoch legte der Erfahrene mit 80 % die wenigsten, der aktiv angeleitete Operateur mit 85 % mehr, und der Autodidakt mit 90 % die meisten DJ-Schienen. Somit scheinen Operateure mit zunehmender Erfahrung weniger DJ-Schienen am OP-Ende zu legen. Da der Angeleitete sowohl Anfänger war, als auch von einem erfahrenen Operateur supervidiert wurde, ist auch hier eine Mittelposition zwischen dem Autodidakten und dem Erfahrenen erkennbar.

Konträr dazu fanden Wolff et al., dass die erfahrenen Ärzte eine DJ-Anlage am Ende der Urolithiasis-Eingriffe 2,6-fach häufiger durchführten durch als die Assistenzärzte (Wolff et al., 2019).

Unsere Ergebnisse waren in diesem Punkt nicht signifikant. In der Literatur finden sich diesbzgl. gegensinnige Aussagen.

4.7 Limitationen

4.7.1 Allgemeine Limitationen der Arbeit

Die Arbeit hat Einschränkungen. Sie ist retrospektiv. Die Fallzahl liegt insgesamt bei 240 Fällen und war damit relativ klein. Auch waren bei manchen Parametern nur wenige Datenpunkte bekannt. So waren in der ersten Lernphase des Autodidakten nur 5 BMI-Werte der 50 Fälle bekannt, die vermutlich deshalb zu einem signifikanten Unterschied der ersten Lernphase zu den anderen führten. Dasselbe galt für den ASA-Score. Hier waren ebenfalls nur 4 Datenpunkte in der ersten Lernphase des Autodidakten bekannt. Dies liegt vermutlich daran, dass die Dokumentation in den Akten selbst mit den Jahren besser und stringenter wurde, wodurch mehr Datenpunkte in den Endjahren der Studie vorhanden waren. Auch waren an unserer Studie nur drei Operateure beteiligt. Wie bei Netsch et al. (2015) kann ein präoperativer Selektionsbias nicht ausgeschlossen werden. Tabelle 17 und 18 zeigen die validen Datenpunkte bzw. damit im Umkehrschluss fehlende Datenpunkte auf bei retrospektiver Natur dieser Arbeit.

Tabelle 17: Valide Datenpunkte der intrapersonalen Lernkurve

Valide Datenpunkte			
Intrapersonale Lernkurve			
	1. 50 OPs	2. 50 OPs	3. 50 OPs
Patientencharakteristika			
Geschlecht	50/50 (100%)	50/50 (100%)	50/50 (100%)
Alter	50/50 (100%)	50/50 (100%)	50/50 (100%)
BMI	5/50 (10%)	34/50(68%)	50/50 (100%)
Aufenthaltsdauer	50/50 (100%)	50/50 (100%)	50/50 (100%)
ASA-Score	4/50 (8%)	34/50 (68%)	50/50 (100%)
Steincharakteristika			
Max. Steingröße	40/50 (80%)	45/50 (90%)	44/50 (88%)
Steinanzahl	50/50 (100%)	50/50 (100%)	50/50 (100%)
Lokalisation	50/50 (100%)	50/50 (100%)	50/50 (100%)
Lokalisation zus.	50/50 (100%)	50/50 (100%)	50/50 (100%)
Misch.vs.Rein.	44/50 (88%)	38/50 (76%)	36/50 (72%)
Steinzusammens.	40/50 (80%)	35/50 (70%)	33/50 66%
Instrumentencharakteristika			
URS-Typ	50/50 (100%)	50/50 (100%)	50/50 (100%)

URS zus.	50/50 (100%)	50/50 (100%)	50/50 (100%)
Extraktionsmethode	50/50 (100%)	50/50 (100%)	50/50 (100%)
Einführungsschleuse	50/50 (100%)	50/50 (100%)	50/50 (100%)
Laser	50/50 (100%)	50/50 (100%)	50/50 (100%)
Präop. DJ	50/50 (100%)	50/50 (100%)	50/50 (100%)
Postop. DJ	50/50 (100%)	50/50 (100%)	50/50 (100%)
Liegedauer postop.	33/50 (66%)	27/50 (54%)	22/50 (44%)
Outcomeparameter			
OP-Dauer	50/50 (100%)	50/50 (100%)	50/50 (100%)
Röntgendauer	49/50 (98%)	49/50 (98%)	49/50 (98%)
Röntgen FD	47/50 (94%)	48/50 (96%)	48/50 (96%)
Steinfreiheitsrate	45/50 (90%)	44/50 (88%)	49/50 (98%)
Komplikationsrate	50/50 (100%)	50/50 (100%)	50/50 (100%)

Beschreibung: Valide Datenpunkte der intrapersonalen Lernkurve. Max. Steingröße = maximale Steingröße. Lokalisation zus. = Lokalisation zusammengefasst.

Misch.vs.Rein = Mischsteine vs. reine Steine. Steinzusammens. =

Steinzusammensetzung, reine Steine und Mischsteine, wenn Hauptkomponente > 60%.

URS zus. = URS zusammengefasst. Präop. DJ = Präoperativer DJ. Postop. DJ =

Postoperativer DJ. Liegedauer postop. = Liegedauer postoperativer DJ

Tabelle 18: Valide Datenpunkte der interpersonalen Lernkurve

Valide Datenpunkte			
Interpersonale Lernkurve			
	Autodidakt (50 OPs)	Angeleiteter (40 OPs)	Erfahrener (50 OPs)
Patientencharakteristika			
Geschlecht	50/50 (100%)	40/40 (100%)	50/50 (100%)
Alter	50/50 (100%)	40/40 (100%)	50/50 (100%)
BMI	5/50 (10%)	34/40 (85%)	25/50 (50%)
Aufenthaltsdauer	50/50 (100%)	40/40 (100%)	50/50 (100%)
ASA-Score	4/50 (8%)	33/40 (82.5%)	24/50 (48%)
Steincharakteristika			
Max. Steingröße	40/50 (80%)	31/40 (77.5%)	43/50 (86%)
Steinanzahl	50/50 (100%)	40/40 (100%)	50/50 (100%)
Lokalisation	50/50 (100%)	40/40 (100%)	50/50 (100%)
Lokalisation zus.	50/50 (100%)	40/40 (100%)	40/40 (100%)
Misch.vs.Rein.	44/50 (88%)	30/40 (75%)	44/50 (88%)
Steinzusammens.	40/50 (80%)	27/40 (67.5%)	41/50 (82%)
Instrumentencharakteristika			
URS-Typ	50/50 (100%)	40/40 (100%)	50/50 (100%)
URS zus.	50/50 (100%)	40/40 (100%)	50/50 (100%)
Extraktionsmethode	50/50 (100%)	40/40 (100%)	50/50 (100%)
Einführungsschleuse	50/50 (100%)	40/40 (100%)	49/50 (98%)
Laser	50/50 (100%)	40/40 (100%)	50/50 (100%)
Präop. DJ	50/50 (100%)	40/40 (100%)	50/50 (100%)
Postop. DJ	50/50 (100%)	40/40 (100%)	50/50 (100%)
Liegedauer postop.	33/50 (66%)	21/40 (52.5%)	23/50 (46%)
Outcomeparameter			

OP-Dauer	50/50 (100%)	40/40 (100%)	50/50 (100%)
Röntgendauer	49/50 (98%)	40/40 (100%)	50/50 (100%)
Röntgen FD	47/50 (94%)	39/40 (97.5%)	50/50 (100%)
Steinfreiheitsrate	45/50 (90%)	35/40 (87.5%)	46/50 (92%)
Komplikationsrate	50/50 (100%)	40/40 (100%)	50/50 (100%)

Tabelle (): Valide Datenpunkte der interpersonalen Lernkurve. Max. Steingröße = maximale Steingröße. Lokalisation zus. = Lokalisation zusammengefasst.

Misch.vs.Rein = Mischsteine vs. reine Steine. Steinzusammens. =

Steinzusammensetzung, reine Steine und Mischsteine, wenn Hauptkomponente > 60%.

URS zus. = URS zusammengefasst. Präop. DJ = Präoperativer DJ. Postop. DJ =

Postoperativer DJ. Liegedauer postop. = Liegedauer postoperativer DJ

4.8 Schlussfolgerung

Wie in den Ergebnissen und der Diskussion gezeigt, gelang der Nachweis einer Lernkurve der URS im Lernprozess des einzelnen Operateurs (intrapersonale Lernkurve). Die Lernkurve war eindeutig für die Parameter Operationszeit, Röntgenzeit und Röntgenbelastung. Zunächst verbesserten sich die Parameter stark, um sich dann im Sinne eines Plateaus der Lernkurve nicht mehr signifikant zu ändern. Die Steinfreiheitsrate und die Komplikationsrate änderten sich über alle drei Lernphasen nicht signifikant, zeigten jedoch eine Verbesserung von der ersten auf die zweite Lernphase, um sich danach wieder zu verschlechtern. Mit zunehmender Erfahrung legte der beobachtete Operateur zudem immer weniger DJ-Schienen. Eine eindeutige Lernkurve ist also nur hinsichtlich der Operationsdauer, der Röntgendauer und der Röntgenbelastung nachweisbar.

In der interpersonalen Lernkurve wurde der Einfluss der Erfahrung auf die Endpunkte der URS deutlich. Besonders zeigte sich dies, wie bei der intrapersonalen Lernkurve, an den Parametern Operationszeit, Röntgendauer und Röntgendosis. Der erfahrene Operateur war hier besser als die beiden Anfänger. Er war diesbezüglich immer signifikant besser als der Autodidakt und einmal signifikant besser als der Angeleitete. Es zeigte sich die Mittelposition des Angeleiteten zwischen dem Autodidakten und dem Erfahrenen. Einerseits war er wie der Autodidakt ein Anfänger, andererseits unterschied er sich hinsichtlich der Parameter Operationszeit, Röntgendauer und Röntgenbelastung nicht mehr signifikant vom Erfahrenen, da er von einem anderen erfahrenen Operateur supervidiert wurde. Wie in der intrapersonalen Lernkurve war auch hier erstaunlich, dass zwischen den drei Operateuren kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Steinfreiheitsrate und der Komplikationsrate bestand. Äquivalent zu der intrapersonalen

Lernkurve zeigte sich, dass mit zunehmender Erfahrung weniger DJ-Schienen am Ende der URS gelegt wurden. Eine eindeutige Lernkurve ist also nur hinsichtlich der Operationsdauer, der Röntgendauer und der Röntgenbelastung nachweisbar.

Die intrapersonale Lernkurve demonstrierte, dass die Stärke des Lerneffekts nach der zweiten Lernphase, d.h. nach 100 Eingriffen, am höchsten war. Danach (in der dritten Lernphase) war keine signifikante Verbesserung mehr nachweisbar. Deshalb kommen wir zu dem Schluss, dass zwischen 50 und 100 Eingriffe notwendig sind, um ein optimales Ergebnis der URS hinsichtlich Operationszeit, Röntgenzeit und Röntgenexposition zu erreichen. Ähnliche Ergebnisse wurden auch in der Literatur gefunden. So wies eine neuere retrospektive Studie an 100 Patienten für die URS nach, dass 56 Fälle erforderlich sind, um ein Plateau der Lernkurve zu erreichen (Cho et al., 2014).

Zuletzt zeigte die interpersonale Lernkurve, dass sich Autodidakt und Angeleiteter nicht signifikant unterschieden. Folglich könnte ein Anfänger, nachdem er eine Trainingsphase zur Gewährleistung der Patientensicherheit durchlaufen hat, auch ohne Supervision durch einen erfahrenen Operateur eine selbständige URS durchführen. Allerdings war der Angeleitete in allen Outcomeparametern tendenziell besser als der Autodidakt, wenn auch nicht signifikant.

5 Zusammenfassung

Ziel der Arbeit war, den Einfluss zunehmender Erfahrung auf das operative Outcome der Ureterorenoskopie zur Therapie der ureteralen und renalen Urolithiasis im Sinne einer Lernkurve nachzuweisen. Als relevante Endpunkte untersuchten wir Operationszeit, Steinfreiheitsrate, Komplikationsrate und Röntgenzeit/-exposition.

Weiterhin untersuchten wir in dieser Arbeit, wie viele Eingriffe ein Anfänger benötigte, um durch einen maximalen Lerneffekt ein optimales Ergebnis (maximale Steinfreiheitsrate, minimale Komplikationsrate, minimale Operationszeit, minimale Röntgenzeit und Röntgendosis) in der Ureterorenoskopie zu erreichen.

Außerdem war es Ziel der Arbeit, verschiedene Ausbildungskonzepte für Erlerner der Ureterorenoskopie in ihrer Wirkung auf den Lerneffekt/-lernkurve zu vergleichen, um die Ausbildung zu optimieren. Hierzu verglichen wir zwei Anfänger. Beide absolvierten eine Trainingsphase von 20 URS unter Anleitung eines erfahrenen Operateurs. Der erste Anfänger operierte im Anschluss ohne (aktive) Supervision alleine weiter im Sinne eines autodidaktischen Lernkonzepts („Autodidakt“), während der zweite Anfänger im Anschluss weiterhin durch einen erfahrenen Kollegen bei den URS-Eingriffen angeleitet wurde („Angeleiteter“).

Wir erstellten die Lernkurve des Autodidakten über 150 Eingriffe („intrapersonale Lernkurve“). Anschließend verglichen wir die beobachtete Lernphase des Angeleiteten (40 Eingriffe) und verglichen diese mit der Anfangslernphase des Autodidakten (50 Eingriffe). Als Kontrolle diente die Performance eines erfahrenen Operateurs (mehrere Jahre Berufserfahrung; hier untersucht wurden 50 Eingriffe), mit dem wir den Autodidakten und den Angeleiteten ebenfalls verglichen. Wir nannten dieses Konzept „interpersonale Lernkurve“ im Sinn eines Vergleichs der Performance mehrerer Operateure mit unterschiedlichem Ausbildungsweg- bzw. Erfahrungsstand.

Wir konnten durch die Lernkurvenmodelle für einen Anfänger-Operator, der die URS erlernte, nachweisen, dass hierzu 50 bis zu 100 Ureterorenoskopien notwendig waren, um ein optimales Ergebnis zu erzielen. Im Hinblick auf Operationszeit, Röntgenzeit und Röntgendosis zeigte sich eine deutliche Lernkurve. Auch nahm die Anzahl der am OP-Ende gelegten DJ-Schienen mit zunehmender Erfahrung ab, was die Dauer des Eingriffes

bzw. der Narkose günstig beeinflusste. Bei Steinfreiheitsrate und Komplikationsrate zeigte sich in unserer Untersuchung noch keine eindeutige Lernkurve.

Wir demonstrierten zudem in dieser Arbeit, dass es sinnvoll war, Anfängern der URS zur Therapie der Urolithiasis mehr Autonomie im Lernen zuzugestehen, nachdem diese eine Trainingsphase absolviert hatten, um eine sichere Durchführung zu garantieren. Allerdings scheint eine Ausbildung unter Supervision Vorteile (tendenziell besseres Outcome) zu haben, die sich statistisch jedoch nicht signifikant erhärten ließen.

6 Literaturverzeichnis

- Aldoukhi, A. H., Black, K. M., & Ghani, K. R. (2019). Emerging Laser Techniques for the Management of Stones. *Urologic Clinics*, 46(2), 193-205.
- Allen, R. W., Pruitt, M., & Taaffe, K. M. (2016). Effect of resident involvement on operative time and operating room staffing costs. *Journal of surgical education*, 73(6), 979-985.
- Bagley, D. H. (1987). Active versus passive deflection in flexible ureteroscopy. *Journal of endourology*, 1(1), 15-18.
- Berardinelli, F., Cindolo, L., De Francesco, P., Proietti, S., Hennessey, D., Dalpiaz, O., . . . Schips, L. (2017). The surgical experience influences the safety of retrograde intrarenal surgery for kidney stones: a propensity score analysis. *Urolithiasis*, 45(4), 387-392.
- Berardinelli, F., Proietti, S., Cindolo, L., Pellegrini, F., Peschechera, R., Derek, H., . . . Giusti, G. (2016). A prospective multicenter European study on flexible ureterorenoscopy for the management of renal stone. *International braz j urol*, 42(3), 479-486.
- Burr, J., Ishii, H., Simmonds, N., & Somani, B. K. (2015). Is flexible ureterorenoscopy and laser lithotripsy the new gold standard for lower pole renal stones when compared to shock wave lithotripsy: Comparative outcomes from a University hospital over similar time period. *Central European journal of urology*, 68(2), 183.
- C. Türk (Chair), A. S. V.-c., A. Neisius, A. Petřík, C. Seitz, K. Thomas, & Guidelines Associates: J.F. Donaldson, T. D., N. Grivas, Y. Ruhayel (2019). Urolithiasis. Retrieved from <https://uroweb.org/guideline/urolithiasis/>
- DasGupta, R., & Grabe, M. (2009). Preoperative antibiotics before endourologic surgery: current recommendations. *Journal of endourology*, 23(10), 1567-1570.
- Dashow, L., Friedman, I., Kempner, R., Rudick, J., & McSherry, C. (1992). Initial experience with laparoscopic cholecystectomy at the Beth Israel Medical Center. *Surgery, gynecology & obstetrics*, 175(1), 25-30.
- de Gonzalez, A. B., & Darby, S. (2004). Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries. *The lancet*, 363(9406), 345-351.
- de la Rosette, J. J., Laguna, M. P., Rassweiler, J. J., & Conort, P. (2008). Training in percutaneous nephrolithotomy—a critical review. *European urology*, 54(5), 994-1003.
- De Win, G., Everaerts, W., De Ridder, D., & Peeraer, G. (2015). Laparoscopy training in Belgium: results from a nationwide survey, in urology, gynecology, and general surgery residents. *Advances in medical education and practice*, 6, 55.
- Elkoushy, M. A., & Andonian, S. (2013). Variations among urology trainees in their use of fluoroscopy during ureteroscopy. *Journal of endourology*, 27(1), 19-23.
- Geavlete, P., Georgescu, D., NițĂ, G., Mirciulescu, V., & Cauni, V. (2006). Complications of 2735 retrograde semirigid ureteroscopy procedures: a single-center experience. *Journal of endourology*, 20(3), 179-185.
- Grasso, M., & Ficczola, M. (1999). Retrograde ureteropyeloscopy for lower pole caliceal calculi. *The Journal of urology*, 162(6), 1904-1908.
- Hein, S., Wilhelm, K., Miernik, A., Schoenthaler, M., Suarez-Ibarrola, R., Gratzke, C., . . . Becker, B. (2020). Radiation exposure during retrograde intrarenal surgery (RIRS): a prospective multicenter evaluation. *World journal of urology*, 1-8.
- Hesse, A., Brändle, E., Wilbert, D., Köhrmann, K.-U., & Alken, P. (2003). Study on the prevalence and incidence of urolithiasis in Germany comparing the years 1979 vs. 2000. *European urology*, 44(6), 709-713.
- Inoue, T., Okada, S., Hamamoto, S., Yoshida, T., & Matsuda, T. (2018). Current trends and pitfalls in endoscopic treatment of urolithiasis. *International Journal of Urology*, 25(2), 121-133.
- Jeong, J. Y., Kim, J. C., Kang, D. H., & Lee, J. Y. (2018). Digital videoscopic retrograde intrarenal surgeries for renal stones: Time-to-maximal stone length ratio analysis. *Yonsei medical journal*, 59(2), 303-309.

- Johnson, D. B., & Pearle, M. S. (2004). Complications of ureteroscopy. *The Urologic clinics of North America*, 31(1), 157-171.
- Karadag, M. A., Demir, A., Cecen, K., Bagcioglu, M., Kocaaslan, R., & Altunrende, F. (2014). Flexible ureterorenoscopy versus semirigid ureteroscopy for the treatment of proximal ureteral stones: a retrospective comparative analysis of 124 patients. *Urology journal*, 11(05), 1867-1872.
- KatafigiotisItay, I., Sabler, I. M., Heifetz, E. M., Isid, A., Sfoungaristos, S., Lorber, A., . . . Landau, E. H. (2018). Factors Predicting Operating Room Time in Ureteroscopy and Ureterorenoscopy. *Current urology*, 12(4), 195-200.
- Keller, E. X., De Coninck, V., & Traxer, O. (2019). Next-Generation Fiberoptic and Digital Ureteroscopes. *Urologic Clinics*, 46(2), 147-163.
- Komori, M., Izaki, H., Daizumoto, K., Tsuda, M., Kusuhara, Y., Mori, H., . . . Fukumori, T. (2015). Complications of flexible ureteroscopic treatment for renal and ureteral calculi during the learning curve. *Urologia internationalis*, 95(1), 26-32.
- Lipkin, M. E., Wang, A. J., Toncheva, G., Ferrandino, M. N., Yoshizumi, T. T., & Preminger, G. M. (2012). Determination of patient radiation dose during ureteroscopic treatment of urolithiasis using a validated model. *The Journal of urology*, 187(3), 920-924.
- Low, R., & Das, S. (2004). The evolution and progress of ureteroscopy. *The Urologic clinics of North America*, 31(1), 5-13.
- Manski, D. (2017). *Urologielehrbuch. de: Ausgabe 2017: Manski, Dr. Dirk*.
- Marks, A. J., & Teichman, J. M. (2007). Lasers in clinical urology: state of the art and new horizons. *World journal of urology*, 25(3), 227-233.
- Marshall, V. F. (1964). FIBER OPTICS IN UROLOGY. *J Urol*, 91, 110-114.
doi:10.1016/s0022- 5347(17)64066-7
- Matlaga, B. R., Jansen, J. P., Meckley, L. M., Byrne, T. W., & Lingeman, J. E. (2012). Treatment of ureteral and renal stones: a systematic review and meta-analysis of randomized, controlled trials. *The Journal of urology*, 188(1), 130-137.
- Miernik, A., Schoenthaler, M., Wilhelm, K., Wetterauer, U., Zyczkowski, M., Paradysz, A., & Bryniarski, P. (2014). Combined semirigid and flexible ureterorenoscopy via a large ureteral access sheath for kidney stones > 2 cm: a bicentric prospective assessment. *World journal of urology*, 32(3), 697-702.
- Netsch, C., Knipper, A.-S., Orywal, A. K., Tiburtius, C., & Gross, A. J. (2015). Impact of surgical experience on stone-free rates of ureteroscopy for single urinary calculi of the upper urinary tract: a matched-paired analysis of 600 patients. *Journal of endourology*, 29(1), 78-83.
- Netsch, C., Knipper, S., Bach, T., Herrmann, T. R., & Gross, A. J. (2012). Impact of preoperative ureteral stenting on stone-free rates of ureteroscopy for nephroureterolithiasis: a matched-paired analysis of 286 patients. *Urology*, 80(6), 1214-1220.
- Preminger, G. M., Tiselius, H.-G., Assimos, D. G., Alken, P., Buck, C., Gallucci, M., . . . Pearle, M. S. (2007). 2007 guideline for the management of ureteral calculi. *The Journal of urology*, 178(6), 2418-2434.
- Rubenstein, R. A., Zhao, L. C., Loeb, S., Shore, D. M., & Nadler, R. B. (2007). Pre-stenting improves ureteroscopic stone-free rates. *Journal of endourology*, 21(11), 1277-1280.
- Sarikaya, S., Şenocak, Ç., Selvi, I., Özbek, R., & Bozkurt, Ö. F. (2018). Does the use of fluoroscopy really affect the success rate of retrograde intrarenal surgery? *Archivos españoles de urología*, 71(9), 772-781.
- Seitz, C., Bader, M., Berg, W., Knoll, T., Neisius, A., Netsch, C., . . . Straub, M. (2018). S2k-Leitlinie zur Diagnostik, Therapie und Metaphylaxe der Urolithiasis–Aktualisierung 2018.
- Sfoungaristos, S., Lorber, A., Gofrit, O. N., Yutkin, V., Landau, E. H., Pode, D., & Duvdevani, M. (2015). Surgical experience gained during an endourology fellowship program may affect fluoroscopy time during ureterorenoscopy. *Urolithiasis*, 43(4), 369-374.

- Somani, B., Giusti, G., Sun, Y., Osther, P., Frank, M., De Sio, M., . . . De la Rosette, J. (2017). Complications associated with ureterorenoscopy (URS) related to treatment of urolithiasis: the Clinical Research Office of Endourological Society URS Global study. *World journal of urology*, 35(4), 675-681.
- Strittmatter, F., Gratzke, C., & Stief, C. G. (2015). Steinreich—bei dieser Erkrankung nicht unbedingt erstrebenswert. *MMW-Fortschritte der Medizin*, 157(1), 44-51.
- Takayasu, H., & Aso, Y. (1974). Recent development for pyeloureteroscopy: guide tube method for its introduction into the ureter. *The Journal of urology*, 112(2), 176-178.
- Tanriverdi, O., Boylu, U., Kendirci, M., Kadihasanoglu, M., Horasanli, K., & Miroglu, C. (2007). The learning curve in the training of percutaneous nephrolithotomy. *European urology*, 52(1), 206-212.
- Urologen, A. H. d. A. d. D., & V., D. G. f. U. e. (2018). S2k-Leitlinie zur Diagnostik, Therapie und Metaphylaxe der Urolithiasis (AWMF Registernummer 043 - 025) Aktualisierung 2018 Retrieved from https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/043-025l_S2k_Diagnostik_Therapie_Metaphylaxe_Urolithiasis_2019-07_1.pdf
- Vinden, C., Malthaner, R., McGee, J., McClure, J. A., Winick-Ng, J., Liu, K., . . . Dubois, L. (2016). Teaching surgery takes time: the impact of surgical education on time in the operating room. *Canadian Journal of Surgery*, 59(2), 87.
- Weld, L. R., Nwoye, U. O., Knight, R. B., Baumgartner, T. S., Ebertowski, J. S., Stringer, M. T., . . . Weld, K. J. (2015). Fluoroscopy time during uncomplicated unilateral ureteroscopy for urolithiasis decreases with urology resident experience. *World journal of urology*, 33(1), 119-124.
- Wolff, I., Lebentrau, S., Miernik, A., Ecke, T., Gilfrich, C., Hoschke, B., . . . group, B. s. (2019). Impact of surgeon's experience on outcome parameters following ureterorenoscopic stone removal. *Urolithiasis*, 47(5), 473-479.
- Young, H. H., & McKay, R. W. (1929). *Congenital valve obstruction of the prostatic urethra*: RR Donnelley.
- Ziaee, S. A. M., Sichani, M. M., Kashi, A. H., & Samzadeh, M. (2010). Evaluation of the learning curve for percutaneous nephrolithotomy. *Urology journal*, 7(4), 226-231.
- Zöller, G., Virsik-Köpp, P., & Vowinkel, C. (2013). Patient radiation exposure during ureteroscopic stone extraction. *Der Urologe. Ausg. A*, 52(1), 60-64.

7 Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr.med. Frank Strittmatter, der diese Doktorarbeit möglich gemacht hat und sie auch sehr gut und mit sehr viel Geduld betreut hat. Außerdem danke ich meinen Kollegen Johan Kim und Mohamed Msallem, ohne die die Erstellung der Datenbank nicht möglich gewesen wäre. Auch danke ich Thilo und Alex für die guten Ideen zur statistischen Auswertung. Zuletzt möchte ich meinen Eltern und meinen Schwestern für Ihre allgemeine Unterstützung danken. Ohne euch alle wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

8 Eidesstattliche Versicherung



LUDWIG -
MAXIMILIANS-
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

Dekanat Medizinische Fakultät
Promotionsbüro



Eidesstattliche Versicherung

Lorenz, Bernhard Martin Felix

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

Beeinflussung verschiedener Parameter im Rahmen der Steintherapie aufgrund der operativen Erfahrung

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde,

Hohenthann, der 04.12.2023

Ort, Datum

Bernhard Lorenz

Unterschrift Bernhard Martin Felix Lorenz