

Aus der Klinik für Urologie und Kinderurologie  
Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg/Saar  
Direktor: Prof. Dr. med. Michael Stöckle

**Perioperatives Outcome von  
offenen Nierenteilresektionen –  
eine retrospektive Analyse über 12 Jahre**

Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin  
der Medizinischen Fakultät  
der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

2023

vorgelegt von:

Leonie Clara Greguletz

geb. am: 29.09.1995 in Coesfeld

Tag der Promotion: 11.07.2023

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. Michael D. Menger

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Michael Stöckle

Prof. Dr. med. Matthias Glanemann

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dieser Dissertation teilweise auch die Sprachform des generischen Maskulinums angewendet. Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die ausschließliche Verwendung der maskulinen Form als geschlechtsunabhängig verstanden werden soll.

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>4</b>
1.1	Summary	5
<b>2</b>	<b>Einleitung</b>	<b>7</b>
2.1	Epidemiologie und Ätiologie des Nierenzellkarzinoms	7
2.2	Histologische Klassifikation von Nierentumoren	8
2.3	Symptome des Nierenzellkarzinoms	9
2.4	Diagnostik des Nierenzellkarzinoms	9
2.5	Therapie des Nierenzellkarzinoms	11
2.5.1	Operative Therapie: Nephrektomie und Nierenteilresektion	11
2.5.2	Vergleich der Operationstechniken für Nierenteilresektionen	12
2.5.3	Medikamentöse Therapie	13
2.5.4	Weitere Therapieverfahren	14
2.6	Ziel der vorliegenden Arbeit	15
<b>3</b>	<b>Material und Methodik</b>	<b>17</b>
3.1	Ein- und Ausschlusskriterien	17
3.2	Datenerhebung	17
3.2.1	Patientencharakteristika	17
3.2.2	Peri- und postoperative Parameter inkl. Histologie	18
3.3	Angewandte Klassifikationen	18
3.3.1	American Society of Anesthesiologists Classification (ASA-Score)	18
3.3.2	Clavien-Dindo-Klassifikation	18
3.3.3	PADUA-Score	19
3.4	Kollektiv der Roboter-assistierten Nierenteilresektion	20
3.5	Statistik	21
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>22</b>
4.1	Charakterisierung des Patientenkollektivs offener Nierenteilresektionen	22
4.1.1	Patientencharakteristika	23
4.1.2	Tumorcharakteristika	24
4.1.3	Histologische Befunde	25
4.1.4	Operative Ergebnisse	27
4.1.5	Postoperativer Verlauf	27
4.1.6	Laborwerte	29

<b>4.2</b>	<b>Zeitliche Veränderungen des Kollektivs offener NTR im Verlauf</b>	<b>30</b>
4.2.1	Patientencharakteristika	30
4.2.2	Tumorcharakteristika	31
4.2.3	Histologie	32
4.2.4	Operative Ergebnisse	32
4.2.5	Postoperative Parameter	33
<b>4.3</b>	<b>Vergleich offene vs. robotische Nierenteilresektion</b>	<b>33</b>
4.3.1	Vergleich über den gesamten Zeitraum	34
4.3.2	Subgruppenanalyse im zeitlichen Verlauf	39
4.3.3	Einfluss des OP-Verfahrens auf das Outcome in der Regressionsanalyse	43
4.3.4	Vergleich offene vs. robotische NTR nach Propensity-Score Matching	47
<b>4.4</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>49</b>
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>51</b>
<b>5.1</b>	<b>Ergebnisse der offenen Nierenteilresektionen</b>	<b>51</b>
<b>5.2</b>	<b>Offene vs. robotische Nierenteilresektion</b>	<b>54</b>
<b>5.3</b>	<b>Vor- und Nachteile der offenen Nierenteilresektion</b>	<b>60</b>
<b>5.4</b>	<b>Limitationen der Studie</b>	<b>61</b>
<b>5.5</b>	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick</b>	<b>62</b>
<b>6</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>64</b>
<b>7</b>	<b>Abbildungs- und Tabellenverzeichnis</b>	<b>66</b>
7.1	Abbildungen	66
7.2	Tabellen	67
7.3	Tabellen Anhang	70
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>71</b>
<b>9</b>	<b>Publikationen</b>	<b>77</b>
9.1	Wissenschaftliche Veröffentlichungen	77
9.2	Wissenschaftliche Vorträge	77
<b>10</b>	<b>Danksagung</b>	<b>78</b>
<b>11</b>	<b>Lebenslauf</b>	<b>79</b>
<b>12</b>	<b>Anhang</b>	<b>80</b>

# 1 Zusammenfassung

Das Nierenzellkarzinom stellt die zehnthäufigste Krebsneuerkrankung dar und wird im nicht-metastasierten Stadium primär operativ therapiert. Diese zentrale Therapiesäule hat sich in den letzten Jahren jedoch stark verändert, von der Nephrektomie hin zur Nierenteilresektion und von einem offenen hin zu einem minimal-invasivem Vorgehen. Vor dem Hintergrund deutlich steigender robotischer Operationszahlen stellt sich die Frage, welche Vor- und Nachteile das offene Vorgehen heute noch ermöglicht und ob dieses im klinischen Alltag nicht schon vom robotischen Vorgehen bereits vollständig abgelöst wurde.

Dazu wurden in der vorliegenden, retrospektiv-unizentrischen Arbeit die perioperativen Ergebnisse von insgesamt 313 offenen Nierenteilresektionen an dem Universitätsklinikum des Saarlandes im Zeitraum von 2007-2018 analysiert. Die Patienten- und Tumorcharakteristika, intra- und postoperativen sowie histologischen Ergebnisse und Laborwerte wurden im Anschluss mit den Ergebnissen von 500 Roboter-assistierten Nierenteilresektionen verglichen, die im selben Zeitraum in der gleichen Abteilung erfolgten. Inhärente Gruppenunterschiede wurden dabei mittels Propensity Score Matching ausgeglichen und Einflussfaktoren auf die perioperativen Ergebnisse mithilfe univariabler und multipler Regressionsanalysen ermittelt.

Die offen operierten Patienten waren zu 62% männlich bei einem medianen Alter von 65 (Range 21-88) Jahren und einem BMI von 26,9 kg/m<sup>2</sup>. Das robotische Kollektiv war damit vergleichbar, abdominelle und renale Voroperationen kamen jedoch signifikant häufiger im offenen Kollektiv vor und die Tumore waren auch signifikant größer (4,2 cm vs. 3 cm) und komplexer (PADUA Score 10 vs. 8 Punkte). Die Patienten verloren bei der offenen Nierenteilresektion signifikant mehr Blut (300 ml vs. 200 ml), unterlagen einer kürzeren Operations- (118 min vs. 157 min) und Ischämiezeit (13 min vs. 15 min). Außerdem kam es häufiger zur Einlage einer Wunddrainage und zu einer Eröffnung des Nierenbeckenkelchsystems und der Pleura. Der R-Status war in beiden Gruppen vergleichbar, während die Tumore des offenen Kollektivs höheren pT-Stadien zugeordnet wurden und häufiger maligne waren. Komplikationsraten waren in der offenen Kohorte höher (keine Komplikationen 64,9% vs. 75,6%) und die stationäre Aufenthaltsdauer länger (10 d vs. 6 d). Diese Ergebnisse blieben auch nach Propensity-Score Matching beim Vergleich von 216 Fall-Kontroll-Paaren bestehen.

Um den Einfluss inhärenter Lernkurveneffekte zu untersuchen, wurden beide Kollektive in zwei gleich große Zeitintervalle aufgeteilt. Während sich die Patientencharakteristika und operativen Ergebnisse in der offenen Gruppe nur wenig veränderten, bestand ein erheblicher Lernkurveneffekt in der robotischen Gruppe. Während anfänglich kleinere und weniger komplexe Nierentumore robotisch operiert wurden bei zunächst unterlegenen Operationsergebnissen, nahmen die Komplikationsraten, Blutverlust und stationäre Aufenthaltsdauer im zeitlichen Verlauf ab bei zunehmender Tumorgröße und –komplexität. Folglich unterschritten die mittleren jährlichen Komplikationsraten nach robotischer Operation die der offenen Nierenteilresektion erst vier Jahre nach Initiierung des robotischen Programms. Analog dazu

bestätigte sich in der multiplen Regressionsanalyse ein unabhängiger Einfluss der offenen Operation auf kürzere Ischämie- und Operationszeit, aber längeren stationären Aufenthalt bei vermehrten Gesamt- und Major-Komplikationen. Dennoch wurden die operativen Ergebnisse auch von anderen Faktoren beeinflusst, insbesondere der Tumorkomplexität (PADUA-Score) und Patientenalter.

Zusammenfassend konnte ein signifikanter Einfluss des Operationsverfahrens auf die perioperativen Ergebnisse festgestellt werden. Insgesamt bietet das Roboter-assistierte Verfahren viele Vorteile gegenüber dem offenen, die allerdings erst nach Durchschreiten einer initialen Lernkurve erreicht wurden. Basierend auf diesen Ergebnissen besteht also weiterhin eine Sinnhaftigkeit, offene Nierenteilresektionen durchzuführen, wobei die Entscheidung über die Wahl des Operationsverfahrens immer fallbasiert getroffen werden sollte. Grund dafür sind die mannigfaltigen Einflussfaktoren auf das operative Ergebnis, zu denen nicht nur Patientenwunsch, sondern auch die Erfahrung des Operateurs, die operativen Kapazitäten und die Patienten- und Tumorcharakteristika zählen.

### 1.1 Summary

Renal cell carcinoma (RCC) is the 10<sup>th</sup> most common newly diagnosed cancer and is mainly treated by surgery in non-metastatic situation. However, surgery has undergone tremendous changes including the development of minimally-invasive approaches such as partial nephrectomy and laparoscopic surgery instead of nephrectomy or open surgery. Due to the increasing use of minimally-invasive surgery, it appears to be important to assess if conventional open surgery is still necessary and may still offer advantages.

Therefore, this study retrospectively analyzed the perioperative outcome of 313 open nephrectomies held between 2007 and 2018 at the Department of Urology and Pediatric Urology at Saarland University. Tumor and patient characteristics, perioperative and intraoperative results including final histopathology and laboratory parameters were assessed. These findings were compared with the results of 500 robotic partial nephrectomies held in the same period. To minimize inherent group differences, a Propensity Score Matching (PSM) was performed and impact factors on the perioperative results were identified by univariate and multivariable regression analyses.

The cohort undergoing open nephrectomy consisted of 62% male patients at a median age of 65 (range 21-88) years and a BMI of 26,9 kg/m<sup>2</sup>. The robotic cohort was comparable, but patients undergoing open surgery had undergone significantly more prior abdominal and renal surgeries. Also, the tumor itself was significantly larger (4,2cm vs. 3cm) and more complex (PADUA Score 10 vs. 8) in the open cohort, blood loss was significantly higher (300 ml vs. 200 ml), but duration of surgery (118 min. vs. 157 min.) and ischemia (13 min. vs. 15 min.) was shorter. Wound drains were inserted more often and the pleura and renal pelvis were opened more frequently. Positive surgical margin rates were comparable between the groups, although the tumors in the open cohort had higher pT stages and were less frequent benign. Overall, robotic partial nephrectomy had lower complication rates (complication-free course:

75,6% vs. 64,9%) and a shorter length of hospital stay (6 vs. 10 days). These findings remained significant after 1:1 Propensity-Score Matching, when comparing 216 case-controls.

To evaluate inherent learning curve effects, both groups were compared again, but only including the first or second half of the analyzed period. As for open nephrectomy, neither patient nor tumor characteristics significantly changed. However, the results of robotic partial nephrectomy were impacted by learning, as complications, blood loss and length of hospital stay decreased over time while operating on more complex and larger tumors. Four years after the initiation of a robotic program, the complication rates fell below the ones of open partial nephrectomy. Besides, multivariable regression analyses proved a significant, statistically independent effect of open partial nephrectomy on shorter warm ischemia and operating time, but also longer hospital stay with more complications. However, the surgical results were also especially impacted by tumor complexity (PADUA-Score) and patient age.

In conclusion, the surgical approach exerted a significant effect on the perioperative results. Overall, robot-assisted partial nephrectomy offered significant advantages compared to the open approach. However, superior results could only be reached as recently as a learning curve had been passed. Based on these findings, open nephrectomy still has its significance, and the individual surgical approach should always be based on a case-by-case decision. Finally, the surgical results are impacted by numerous factors, not only including patient's preferences, but also the experience of the surgeon, surgical capacities and patient as well as tumor characteristics.

## 2 Einleitung

### 2.1 Epidemiologie und Ätiologie des Nierenzellkarzinoms

Das Nierenzellkarzinom (NZK)\* stellt den häufigsten malignen Nierentumor dar und stand im Jahr 2010 in Deutschland an zehnter Stelle der Krebsneuerkrankungen. Rund 2,5 % der Krebsneuerkrankungen lassen sich auf das NZK zurückführen. Männer erkranken in etwa doppelt so häufig wie Frauen, womit das NZK bei Männern mit 3,5 % die achthäufigste neu diagnostizierte Krebserkrankung darstellt. Das mittlere Erkrankungsalter beträgt bei Männern 68 Jahre und bei Frauen 72 Jahre. In den letzten Jahren ist bei beiden Geschlechtern ein Rückgang der Sterberaten zu verzeichnen [32,51].

Bezüglich der Tumorstadien zum Diagnosezeitpunkt und der sich daraus ergebenden Überlebensprognose gibt es keinen wesentlichen geschlechtsspezifischen Unterschied [22]. Patienten im UICC- (Union internationale contre le cancer, vgl. Kapitel 2.4) Stadium I haben eine 5-Jahres Überlebenswahrscheinlichkeit von 95 %, während diese im Stadium vier mit Fernmetastasen nur 17 % beträgt [22]. Durch vermehrte Vorsorgeuntersuchungen und optimierte Diagnostik mit verbesserter Früherkennung, Staging und Therapieoptionen konnte die 5-Jahres-Überlebensrate in den letzten Jahren deutlich verbessert werden [18]. In den 1980er-Jahren betrug sie auf alle Krankheitsstadien bezogen unter 60 %, während diese im Jahr 2016 schon bei 77,2 % lag [6,70]. Aus derzeit noch unklaren Gründen kommt das NZK in Nordamerika und Skandinavien deutlich häufiger als in Afrika und Asien vor [7].

Risikofaktoren an einem NZK zu erkranken sind Rauchen, Passivrauchen, ein erhöhter Blutdruck, Übergewicht, mangelnde körperliche Aktivität, chronische Niereninsuffizienz und der Zustand nach einer Nierentransplantation [13]. Bei Dialysepatienten mit zystischen Veränderungen der Niere treten NZK zudem häufiger auf. Auch die Einnahme von Analgetika wie Aspirin oder Phenacetin begünstigt die Entstehung von NZK. Ein weiterer Risikofaktor besteht in der Exposition der Gefahrenstoffe Asbest, Cadmium und Produkten von raffiniertem Erdöl. [7] Eine genetische Disposition ist nur in wenigen Fällen von Bedeutung. Bei etwa 3 % der NZK liegt eine komplexe genetische Erkrankung wie das Hippel-Lindau-Syndrom vor [13]. Zu den erblichen Formen gehören zudem auch das hereditäre papilläre NZK, das Birt-Hogg-Dube-Syndrom oder die tuberöse Sklerose. In etwa 5 % der Fälle lassen sich hereditäre Zusammenhänge feststellen [51]. Diese Patienten erkranken deutlich jünger, wobei es sich beim NZK ansonsten eher um eine Erkrankung des höheren Alters handelt [13].

---

\* Im deutschsprachigen Raum ist der Begriff des NZK am weitesten verbreitet, synonym können die Begriffe Hypernephrom, Adenokarzinom der Niere oder Grawitztumor verwendet werden [7].



## 2.2 Histologische Klassifikation von Nierentumoren

Die histologischen Subtypen der Nierentumore haben ein stark altersabhängiges Vorkommen. Bei Erwachsenen treten mit einem Anteil von 90 % NZK auf, während bei Kindern Nephroblastome (Wilms-Tumor), Lymphome oder Sarkome deutlich häufiger sind [13].

Die Nierentumorklassifikation wurde 2016 von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) überarbeitet und teilt Nierentumore nach folgenden Kriterien in mehr als 30 Subtypen ein, u.a. [48]:

- zytoplasmatische Merkmale (z. B. klarzelliges vs. chromophobes NZK)
- architektonische Merkmale (z. B. beim papillären NZK)
- anatomische Lokalisation (z. B. Ductus-Bellini-Karzinom vom Sammelrohr ausgehend oder medulläres NZK)
- Korrelation mit speziellen Nierenerkrankungen (z. B. erworbene zystische Erkrankung, die mit NZK assoziiert sind)
- Translokationskarzinome (z. B. Succinatdehydrogenase-defiziente Nierenkarzinome)
- familiäre Prädispositionssyndrome (z. B. hereditäre Leiomyomatose)
- Metastasen

Unter den NZK stellt der klarzellige Typ mit 75 % den größten Anteil dar. Hiervon weisen 5 % sarkomatoide Veränderungen mit einer sehr schlechten Prognose auf. Bei bis zu 15 % lässt sich ein papilläres NZK nachweisen, welches in Typ I und Typ II zu unterteilen ist. Weitere 5 % lassen sich dem chromophoben NZK zuordnen, welches histologisch häufig schwer vom Onkozytom abzugrenzen ist. Das Ductus-Bellini-Karzinom, auch Sammelrohrkarzinom genannt, macht 1 % der NZK aus und geht häufig mit Lymphknotenmetastasen, infiltrierendem Wachstum und einer schlechten Prognose einher. [33] Das renale medulläre NZK kommt nur bei Patienten mit Sichelzellanämie vor, ist sehr selten und geht mit einer sehr schlechten Prognose einher. Außerdem finden sich bei etwa 5 % unklassifizierte NZK. Xp11.2-Translokations-/TFE3-Fusions-Tumore sind selten und treten eher bei Kindern oder jungen Erwachsenen auf. Des Weiteren gibt es muzinös tubuläre Karzinome, spindelzellige Karzinome oder mit erworbener zystischer Nierenerkrankung assoziierte NZK bei Patienten mit terminaler Niereninsuffizienz. [33]

Unter den benignen Raumforderungen der Niere ist das Angiomyolipom sehr häufig und macht bis zu 3 % aller Nierentumore aus [20]. Das Onkozytom kommt in 3-7 % aller Nierentumore vor [25]. Nierenzysten, meist klassifiziert nach Bosniak anhand verschiedener Malignitätskriterien, sind ebenfalls häufig [8]. Auch benigne Raumforderungen können zu Symptomen, wie beispielsweise Hämaturie oder Flankenschmerzen führen (s. Kapitel 2.3), allerdings kommt es nicht zur Metastasierung [17,20].

Ebenso können angeborene Anomalien, entzündliche Raumforderungen, chronische Nierenabszesse, Veränderungen der Gefäße, wie Nierenarterienaneurysma oder arteriovenöse Fisteln oder Blutungen für eine Neoplasie gehalten werden [35].

### 2.3 Symptome des Nierenzellkarzinoms

Für das NZK gibt es keine typischen Frühsymptome. Bis zu 70 % der NZK werden heutzutage sonografisch als Zufallsbefunde in einem asymptomatischen Zustand entdeckt. Es können, häufig schon im fortgeschrittenen Stadium, allerdings folgende Symptome bestehen: Hämaturie, Flankenschmerz, hämatogene und lymphogene Metastasierung, unklares Fieber, erhöhte Blutkörperchen-Senkungsgeschwindigkeit (BSG), Anämie, Varikozele des linken Hoden bei Tumoreinbruch in die linke Vena renalis, palpabler Tumor, aber auch paraneoplastische Syndrome. [33] Darüber hinaus sind ein Gewichtsverlust und ein erhöhter Blutdruck möglich [7]. Die ehemals klassische Trias aus Flankenschmerz, Hämaturie und tastbarem Tumor hat heute nur noch anekdotischen Wert und tritt in noch höchstens 8 % der Fälle auf [7].

### 2.4 Diagnostik des Nierenzellkarzinoms

In der Diagnostik und Therapie des NZK sind eine frühzeitige Diagnosestellung, Definierung des Therapieansatzes und auch die Prognosebestimmung elementar. Um einen ersten Eindruck des Patienten zu erlangen, sollte zu Beginn eine ausführliche Anamnese insbesondere zu Symptomen und Risikofaktoren, sowie eine körperliche Untersuchung erfolgen.

Darüber hinaus ist der Ultraschall eine schnell verfügbare und nicht invasive Methode zur Entdeckung von Veränderungen an den Nieren. Beim täglichen Gebrauch auch unter Einsatz konventioneller Doppler-Modi kommt es häufig zu Zufallsbefunden, welche durch kontrastverstärkten Ultraschall noch besser beurteilt werden können [5]. Als Vorteile des kontrastverstärkenden Ultraschalls gelten die ausbleibende ionisierende Strahlung, fehlende Nephrotoxizität, geringe Kosten und eine schnelle Verfügbarkeit, auch am Krankenhausbett [5,44]. Nachteile des Verfahrens sind eine schwierige Unterscheidung von benignen Läsionen, wie Onkozytomen und malignen Läsionen, wie dem NZK, sowie eine begrenzte Verfügbarkeit [44].

Laut aktueller S3-Leitlinie sollte zum weiteren Staging und zur Operationsplanung eine Bildgebung mittels Kontrastmittel-gestützter Computertomographie (CT) oder Magnetresonanztomographie (MRT) erfolgen. Bei Verdacht auf Venen- oder Vena-Cava-Beteiligung sollte eine MRT bevorzugt durchgeführt werden, während ansonsten die CT als Standardverfahren gilt. Es sollten Aufnahmen in der nativen, früharteriellen und venösen Phase von der Leberkuppe bis zur Symphyse erfolgen. Ist der Primarius größer als vier Zentimeter, sollte zusätzlich auch eine CT-Aufnahme des Thorax erfolgen, um das Vorhandensein etwaiger Metastasen auszuschließen [39].

Die Einteilung maligner Nierentumore erfolgt nach der TNM-Klassifikation des American Joint Committee on Cancer, welche die zuvor verbreitete Robson-Klassifikation weitestgehend abgelöst hat (vgl. Tab. 1) [18]. Aktuell werden die im Jahr 2016 angepasste TNM-Klassifikation sowie die Eingruppierung nach UICC (vgl. Tab. 2), der internationalen Vereinigung gegen Krebs (Union internationale contre le cancer), verwendet [48,73]. Die TNM-Klassifikation wird zudem laufend von

der UICC überprüft und aktualisiert [73]. In der TNM-Klassifikation werden die renalen Hiluslymphknoten, paraaortalen und paracavalen Lymphknoten zu den regionalen Lymphknoten gezählt [18]. Metastasen treten zu 45 % in der Lunge, 30 % in Knochen, 22 % in Lymphknoten, 20 % in der Leber, 9 % in der Nebenniere und 8 % im Gehirn auf [18].

Tabelle 1. TNM-Klassifikation von Nierenzellkarzinomen [18,33,74]

<b>Primärtumor</b>	<b>Beschreibung</b>
TX	Keine Beurteilung möglich
T0	Kein Primärtumor nachweisbar
T1a	Tumor auf Niere begrenzt, < 4 cm
T1b	Tumor auf Niere begrenzt, 4-7 cm
T2a	Tumor > 7-10 cm
T2b	Tumor > 10 cm
T3a	Invasion in Nierenvene oder perirenale Infiltration
T3b	Invasion in Vena cava unterhalb des Zwerchfells
T3c	Invasion in Vena cava oberhalb des Zwerchfells
T4	Durchbruch der Gerota-Faszie, Beteiligung der ipsilateralen Nebenniere
<b>Lymphstatus</b>	
NX	Keine Beurteilung möglich
N0	Keine Lymphknotenmetastasen
N1	Metastase(n) in Lymphknoten
<b>Fernmetastasen</b>	
MX	Keine Beurteilung möglich
M0	Keine Fernmetastasen
M1	Nachweis einer Fernmetastase

Tabelle 2. Stadiengruppierung nach UICC [7]

Stadium I	T1N0M0
Stadium II	T2N0M0
Stadium III	T3N0 oder T1-3N1M0
Stadium IV	T4N0, N1M0 oder jedes T N2M0 oder M1 mit jedem T bzw. N

Die perkutane Nierenbiopsie gewinnt im klinischen Alltag zunehmend an Bedeutung und hilft bei der Einschätzung der Dignität von Nierentumoren. Somit können bei benignen Befunden unnötige Operationen vermieden, Patienten für eine „active surveillance“ ausgewählt (vgl. Kap. 2.5.3) und die Therapiestrategie bestmöglich individuell angepasst werden [41].

## **2.5 Therapie des Nierenzellkarzinoms**

Der Therapieansatz des NZK richtet sich tumorbezogen nach Subtyp, Größe, Lokalisation des Primärtumors, der Ausbreitung zum Diagnosezeitpunkt und patientenbezogen nach Fitness und Patientenwunsch [18]. Von Bedeutung sind im Wesentlichen operative Verfahren, medikamentöse Therapie und die „active surveillance“. Des Weiteren existieren ablative Verfahren, wie die Kryotherapie und die Radiofrequenzablation.

### **2.5.1 Operative Therapie: Nephrektomie und Nierenteilresektion**

Im August 1869 führte Gustav Simon die erste offene Nephrektomie (NX) am Menschen durch und konnte zeigen, dass nur eine gesunde Niere die Ausscheidungsfunktion aufrecht erhalten kann [49]. Im Jahr 1887 erfolgte die erste Nierenteilresektion (NTR) [49]. Trotz stetiger Weiterentwicklung der Therapie des NZK ist die operative Entfernung von Nierentumoren auch heute noch von zentraler Bedeutung. Heute ist die NTR auch bei lokal fortgeschrittenen, nicht metastasierten Nierentumoren Therapie der Wahl, damit der gesunde Teil der Niere und dessen Funktion erhalten werden kann [12]. Clayman et al. beschrieb die erste laparoskopische NX, welche im Jahr 1990 durchgeführt wurde [15]. Darauf folgte im Februar 1992 die Beschreibung der ersten laparoskopischen NTR von Winfield et al. [59]. Im Jahr 2002 wurde die erste robotisch-assistierte NTR von Prof. Gettman durchgeführt, welche in der heutigen Zeit nicht mehr aus der Therapie des NZK wegzudenken ist [24].

Die operative Therapie gilt bei vollständiger Tumorentfernung prinzipiell als kurativer Therapieansatz. Bei metastasiertem NZK ist eine zytoreduktive Nephrektomie als palliative Option möglich und erfordert zusätzlich eine systemische Therapie. Bei dem Vorhandensein einzelner Metastasen oder Oligometastasierung ist prinzipiell ein kurativer chirurgischer Ansatz ohne Systemtherapie dennoch möglich, wenn auch die Metastasen chirurgisch resektabel sind. [40]

Auch wenn die NTR anfänglich nur sehr zurückhaltend bei kleinen Nierentumoren durchgeführt wurde, unterscheidet sich das onkologische Outcome von NTR und NX nicht signifikant [23]. Allerdings ist das Risiko für die Entstehung von Stoffwechselerkrankungen und postoperative kardiovaskuläre Ereignisse nach NTR geringer, was zu einer geringeren kardiovaskulären Mortalität führt. Nach NX treten häufiger Hypertonien, koronare Herzkrankheiten, Vaskulopathien und zerebrovaskuläre Erkrankungen auf. Dies ist von großer Bedeutung, da das 10-Jahresüberleben nach NTR mit 85-96 % beschrieben wird. [12,41]

Als absolute Indikation für eine NTR gilt eine funktionelle oder anatomische Einzelnierigkeit. Als relative Indikationen gelten eine Erkrankung der kontralateralen Seite und genetische Formen des NZK, die mit einem erhöhten Risiko für die Entwicklung metachroner ipsi- oder kontralateraler Tumore einhergehen [12].

## 2.5.2 Vergleich der Operationstechniken für Nierenteilresektionen

Nierenerhaltende Operationen können heutzutage prinzipiell auf minimal-invasivem (laparoskopisch oder Roboter-assistiert) und offenem Wege durchgeführt werden. Laut aktueller S3-Leitlinie sollte bei einer NTR heute das Operationsverfahren anhand der Erfahrung und Möglichkeiten des Operateurs gewählt werden. Bei der NX wird generell ein minimal-invasives Vorgehen empfohlen (s. Tab. 3). [38]

Tabelle 3. Zusammenfassung der Vor- und Nachteile der verschiedenen Operationsmethoden [11,12,23,38,56,69]

Kategorie	Offene NTR	Laparoskopische NTR	Robotische NTR
<b>Operationszeit</b>	Kürzer als bei minimalinvasivem Vorgehen	Mit robotischem Vorgehen vergleichbar, allerdings diesem bei komplexen Tumoren unterlegen	
<b>Ischämiezeit</b>		Bei komplexen Tumoren dem robotischem Vorgehen unterlegen	
<b>Komplikationsrate</b>	Höhere Rate der intra- und postoperativen Komplikationen im Vergleich zum robotischem Vorgehen	Robotischem Vorgehen unterlegen	Geringster Blutverlust, Konversationsrisiko
<b>Stationärer Aufenthalt</b>			Kürzester Aufenthalt
<b>Onkologisches Ergebnis</b>	Vergleichbar		
<b>Sonstiges</b>	Geringere Materialkosten		Teils fehlende Verfügbarkeit

### 2.5.2.1 Offene versus laparoskopische Nierenteilresektion

Bei der laparoskopischen Nierenteilresektion bestehen im Vergleich zur offenen OP Vor-, aber auch Nachteile. Es werden ein geringerer Blutverlust und somit auch geringere Transfusionsraten bei dem laparoskopischen Vorgehen beschrieben. Hinzu kommen kürzere stationäre Aufenthalte durch eine geringere Rate an postoperativen Komplikationen und eine kürzere Ischämiezeit [69]. Allerdings ist die Studienlage hinsichtlich der Komplikationsraten nicht eindeutig. Beispielsweise zeigt eine Arbeit von Reifsnnyder et al. insgesamt höhere Komplikationsraten allerdings weniger major Komplikationen [56]. Als Vorteil des offenen Vorgehens wird der geringere Kostenaufwand im Vergleich zur laparoskopischen OP angesehen [69].

### 2.5.2.2 Offene versus robotisch-assistierte Nierenteilresektion

Bei der robotisch-assistierten Operationstechnik bestehen, wie auch beim laparoskopischen Verfahren, viele Vorteile gegenüber dem offenen Vorgehen. So können Patienten nach einem robotisch-assistierten Eingriff in der Regel schneller als nach offener NTR entlassen werden. Es kommt zu einem geringeren Blutverlust, einer kürzeren Ischämiezeit und es treten weniger postoperative Komplikationen auf. [23] Die Mortalitätsrate ist nach robotisch-assistierten Eingriffen geringer [11].

Nachteile des robotisch-assistierten Vorgehens sind allerdings die geringe Verfügbarkeit und die hohen Kosten [12]. Außerdem ist bei der offenen NTR die Operationszeit kürzer als bei dem robotischen Vorgehen [23]. (vgl. Tab. 4)

*Tabelle 4. Vor- und Nachteile des offenen Vorgehens gegenüber einer robotisch-assistierten Nierenteilresektion*

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kürzere Operationsdauer</li> <li>• Keine Konversionsraten</li> <li>• Geringere Kosten</li> <li>• Höhere Verfügbarkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Höhere Mortalität</li> <li>• Höherer Blutverlust</li> <li>• Längere warme Ischämiezeit</li> <li>• Häufigere postoperative Komplikationen</li> <li>• Längerer stationärer Aufenthalt</li> </ul>

### 2.5.2.3 Minimal-invasive Methoden im Vergleich

Unter den minimal-invasiven Methoden zeigt das robotische Vorgehen gegenüber dem laparoskopischen Vorgehen dennoch Vorteile und gewinnt dementsprechend zunehmend an Verbreitung. Eine präzisere Tumorexzision ist bei robotisch-assistiertem Vorgehen möglich, was sich durch die dreidimensionale Optik, die hochauflösende Kamera und die Tremorfilterung erklären lässt. Somit fällt die Wahl insbesondere bei großen und komplexen Tumoren zunehmend auf dieses Verfahren, während die laparoskopische Technik häufig auf kleinere und unkompliziertere Tumore begrenzt ist [23]. Außerdem sind Konversionsraten sowohl zur offenen Operation, als auch zu einer NX bei der robotisch-assistierten Methode geringer. Des Weiteren konnten bei der robotischen Methode eine günstigere geschätzte glomeruläre Filtrationsrate (eGFR), eine kürzere Zeit der warmen Ischämie und ein kürzerer stationärer Aufenthalt gezeigt werden [14].

### 2.5.3 Medikamentöse Therapie

Bei bestehenden Metastasen oder Irresektabilität des Primärtumors ist eine systemische Therapie indiziert. Im Gegensatz zu vielen anderen Tumorentitäten ist das NZK jedoch gegenüber den meisten zytotoxischen bzw. zytostatischen Substanzen, hormonellen Therapien und auch der Strahlentherapie weitgehend resistent [30,50]. Die aktuelle S3-Leitlinie empfiehlt keine palliative Chemotherapie, da

lediglich Ansprechraten von 5-10 % beschrieben wurden. Ausnahmen stellen jedoch sarkomatoid entdifferenzierte NZK dar, die bspw. auf Doxorubicin und Gemcitabin oder Doxorubicin und Capecitabin durchaus ansprechen [39].

Erste systemische Therapieansätze des metastasierten NZK basierten auf der Gabe von Interferon-Alpha oder Interleukin-2 mit ebenfalls nur geringen Ansprechraten von 10-20 % [50]. Heute werden hochdosierte, intravenöse Interleukin-2 Dosen nur noch in Ausnahmefällen verabreicht [39].

Durch die auf Grundlage von biochemischen Stoffwechselwegen entwickelten neuen Therapiemöglichkeiten konnten in den letzten Jahren ein deutlich besseres Ansprechen und Überleben bei gesunkenen Nebenwirkungsraten erzielt werden [34]. Die sogenannte *targeted therapy* hat hierbei einen besonderen Stellenwert erreicht. Es handelt sich hierbei insbesondere um Anti-VEGF-gerichtete Tyrosinkinase-Inhibitoren. Diese wirken anti-angiogenetisch und hemmen die Wachstumsfaktoren für die Gefäßneubildung [34]. Zu diesen Substanzen zählen beispielsweise Sunitinib oder Pazopanib, welche bis vor kurzem zum Standard in der Therapie des metastasierten NZK zählten [30]. Einen anderen Ansatzpunkt haben die mTOR-Inhibitoren wie Everolimus, die mit dem mTOR-Signalweg einen wichtigen intrazellulären Signalweg inhibieren, der bei vielen NZK überreguliert ist [34].

Außerdem kann bei fortgeschrittenem NZK eine PD-1/PD-L1-basierte immunonkologische Checkpoint-Blockadetherapie erfolgen [30]. Die Gabe von bspw. Nivolumab und dessen Bindung an den PD-1-Rezeptor der Immunzelle bedingt eine Desinhibition des Immunsystems und ermöglicht ein effektives Tumorzellkilling. Heute gelten die Kombination von zwei Checkpoint-Inhibitoren (bspw. Nivolumab mit Ipilimumab) oder eines Checkpoint-Inhibitors mit Tyrosinkinase-Inhibitor (bspw. Pembrolizumab mit Axitinib) als Goldstandard in der Therapie des metastasierten NZK [46].

### 2.5.4 Weitere Therapieverfahren

Ein weiteres Therapieverfahren ist die sog. „**active surveillance**“, sprich eine aktive Tumorüberwachung in grundsätzlich kurativer Intention, bei einem lokal begrenzten NZK. Bei der aktiven Überwachung stehen die Kontrolle von Parametern wie Wachstumsverhalten und die Tumorgröße im Vordergrund. Primär zielt eine aktive Überwachung darauf ab, eine Übertherapie von Nierentumoren zu vermeiden. Sie wird vor allem bei kleinen Nierentumoren bis zu vier Zentimetern Durchmesser empfohlen [38], weil das metastasenfremde Überleben signifikant mit der Tumorgröße zusammenhängt [61]. Nach aktueller Leitlinie kann die active surveillance auf Grundlage der derzeitigen Datenlage durchaus für selektierte Patienten eine geeignete Therapieform darstellen [63]. Anfangs sollte obligat eine Tumorbiopsie durchgeführt werden. Eine Kontrolle anhand spezifischer Tumormarker ist anders als bspw. beim Prostatakarzinom jedoch (noch) nicht möglich. Die Option, weiterhin eine therapeutische Intervention durchzuführen, sollte bei verändertem Patientenwunsch oder bei Tumorwachstum während der active surveillance immer gegeben sein. [38]

Alternativ kann bei Nierentumoren auch ein **watchful waiting** angeboten werden. Hierbei handelt es sich um ein symptomorientiertes Behandlungskonzept bei histologisch gesichertem Nierenzellkarzinom, also einen palliativen Ansatz [38].

Mögliche Indikationen zur Wahl des watchful waiting sind:

- ablehnende Haltung gegenüber anderen Therapieoptionen,
- schwere Komorbiditäten,
- begrenzte Lebenserwartung durch andere Vorerkrankungen oder hohes Lebensalter oder
- stark erhöhtes Risiko für die Notwendigkeit von Nierenersatzverfahren nach der Operation.

Des Weiteren besteht die Möglichkeit **ablativer Verfahren** wie der Kryotherapie oder Radiofrequenzablation. Bei der *Radiofrequenzablation* erfolgt eine Gewebs- und somit Tumorzerstörung mittels Thermonekrose. Dabei kommt es zur Wärmeentwicklung durch einen Hochfrequenzstrom, welcher bildgebungsgestützt perkutan appliziert wird [60]. Bei der *Kryotherapie* wird im Gegensatz dazu die Gewebszerstörung durch Kälteentwicklung heute in der Regel durch perkutan platzierte Kryosonden erreicht [43]. Geeignet sind diese ablativen Verfahren prinzipiell für Patienten mit kleinen Tumoren und hohen Komorbiditäten, sowie einer begrenzten Lebenserwartung. Aufgrund bislang nicht ausreichender Evidenz stellen sie jedoch keinen therapeutischen Goldstandard dar. Bei beiden Verfahren sollte zuvor eine perkutane Nierenbiopsie erfolgen und die Indikationsstellung streng überprüft werden, da in verschiedenen Studien schwere Nebenwirkungen mit bis zu 19 % beschrieben wurden [58].

## 2.6 Ziel der vorliegenden Arbeit

Es lässt sich feststellen, dass sich das Therapiespektrum von Nierentumoren in den letzten Jahren fundamental gewandelt hat. Bei der operativen Therapie hat sich ein Paradigmenwechsel von der NX hin zur NTR und von der offenen zur minimal-invasiven, v.a. robotischen NTR ergeben.

In der hier vorliegenden retrospektiv-unizentrischen Arbeit werden daher zunächst die Daten von 313 offenen NTR im Zeitraum von September 2007 bis Juli 2018 an der Klinik für Urologie und Kinderurologie am Universitätsklinikum des Saarlandes ausgewertet. Im Anschluss daran werden diese Ergebnisse mit den Daten der robotischen NTR im identischen Zeitraum, die im Rahmen einer anderen Promotionsarbeit erhoben worden sind, verglichen [45].



Folgende Fragestellungen wurden zentral untersucht:

- Wodurch ist das Patientenkollektiv der offenen NTR charakterisiert und welche peri- und postoperativen Ergebnisse wurden erzielt?
- Unterliegt das Kollektiv der offenen NTR mit der Einführung des robotischen Operationsverfahren im Laufe der Zeit Veränderungen, und wenn ja, welchen?
- Welche Unterschiede ergeben sich im Vergleich zum robotischen Kollektiv hinsichtlich der prä-, peri- und postoperativen Parameter?
- Hat die offene verglichen mit der robotischen Nierenteilresektion in diesem Kollektiv Vor- oder Nachteile, und wenn ja, welche?

## 3 Material und Methodik

### 3.1 Ein- und Ausschlusskriterien

In der vorliegenden Arbeit wurden ausschließlich volljährige Patienten eingeschlossen, die sich von 2007 bis 2018 am Universitätsklinikum des Saarlandes in der Klinik für Urologie und Kinderurologie einer offenen NTR unterzogen. Indikation für die Eingriffe war der Verdacht auf eine maligne Neoplasie der Niere. Die Datenerhebung und Datenauswertung wurde von der zuständigen Ethikkommission (Ethikkommission der Ärztekammer des Saarlandes, Saarbrücken) mit dem Ethikvotum Bu 67/19 („Retrospektive Auswertung des Outcomes von Nierentumoroperationen seit dem Jahr 2000“) genehmigt. Alle eingeschlossenen Patienten haben der Verwendung der pseudo- und/oder anonymisierten Daten schriftlich zugestimmt.

### 3.2 Datenerhebung

Der größte Teil der vorliegenden Daten konnte mit dem Klinikinformationsprogramm SAP (Systemanalyse und Programmentwicklung, Walldorf, Deutschland) und dem PACS-System (SECTRA®, Sectra Ab, SE-583, 30 Linköping, Schweden) des Universitätsklinikums des Saarlandes ermittelt werden. Darüber hinaus war es bei 13 Patienten möglich, im PACS-System fehlende präoperative, radiologische Bilddatensätze mit der Zustimmung der Patienten bei den durchführenden radiologischen Praxen und Kliniken anzufordern, einzulesen und auszuwerten.

Die prä- und postoperativen Daten wurden den stationären beziehungsweise ambulanten Krankenblättern entnommen. Die perioperativen Daten wurden aus den Operationsberichten, den Angaben der Operationspflege und auch aus den anästhesiologischen Dokumentationsbögen ermittelt. Um die histologischen Daten zu erheben, wurden die Berichte des Instituts für Allgemeine und Spezielle Pathologie der Universität des Saarlandes in Homburg verwendet. Auch diese sind im SAP-System gespeichert.

#### 3.2.1 Patientencharakteristika

Die präoperativen Daten umfassen im Detail: Geschlecht, Alter, Body-Mass-Index (BMI), American Society of Anesthesiologists Classification (ASA-Score, vgl. Kapitel 3.3.1), Art und Anzahl abdomineller Voroperationen und renaler Voroperationen, Vorerkrankungen und die Medikation mit besonderem Augenmerk auf das Vorhandensein etwaiger Antikoagulantien oder Thrombozytenaggregationshemmer. Bei den abdominellen Voroperationen wurden folgende Eingriffe nochmals unterschieden: Appendektomie, Cholezystektomie, Leistenherniotomie, Operationen am Darm. Bei den Nierenvoroperationen wurde zusätzlich die Anzahl, die Seite und die Art des vorherigen Eingriffs unterschieden und zudem die vorherige Histologie erhoben.

### 3.2.2 Peri- und postoperative Parameter inkl. Histologie

Perioperativ wurden Operationsdauer, Indikationsstellung (elektiv vs. imperativ), Blutverlust, warme Ischämiezeit in Minuten, Vorhandensein von adhärentem Fett, Vorhandensein von entzündlichen Veränderungen und Verwachsungen, Drainage-Einlage, Eröffnung des Hohlsystems, Eröffnung der Pleura, Entfernung der Nebenniere, der jeweilige Operateur, Assistenten und die Anzahl der Bluttransfusionen erfasst.

Der postoperative Verlauf wurden mittels Clavien-Dindo-Klassifikation graduiert (siehe Kapitel 3.2.5). Außerdem wurde die Dauer des Krankenhausaufenthalts wie auch die Anzahl an perioperativen Bluttransfusionen erhoben.

Die histopathologischen Daten umfassten das T-Stadium, N-Stadium, M-Stadium, R-Stadium und auch die Tumorart, anhand der histopathologischen Befunde in SAP.

Die Laborwerte, welche im SAP abgefragt werden konnten, umfassen den Hämoglobin- und Kreatinin-Wert, sowie die glomeruläre Filtrationsrate (GFR). Diese Werte wurden vor der Operation, meistens im Rahmen der Prämedikation, direkt postoperativ und an den ersten drei Tagen immer morgens nach dem Eingriff bestimmt. Außerdem wurde auch ein Follow-up Wert, sofern vorhanden, erhoben.

### 3.3 Angewandte Klassifikationen

#### 3.3.1 American Society of Anesthesiologists Classification (ASA-Score)

Der ASA-Score wurde im Jahr 1941 eingeführt, seitdem mehrfach überarbeitet, und gibt unabhängig vom Operationseingriff Auskunft über den Zustand des Patienten [27]. Die Einteilung erfolgt in sechs Grade (vgl. Tab. 5).

Tabelle 5. ASA-Score [27]

ASA-Score	Definition
I	Normaler, gesunder Patient
II	Patient mit leichten systemischen Erkrankungen ohne wesentliche funktionelle Einschränkungen, z. B. Raucher
III	Patient mit schwerer systemischer Erkrankung
IV	Patient mit schwerer systemischer Erkrankung, die eine ständige Lebensbedrohung darstellt
V	Patient, bei dem ohne die Operation kein Überleben erwartet wird
VI	Hirntoter Patient, dessen Organe für Spendezwecke entfernt werden sollen

#### 3.3.2 Clavien-Dindo-Klassifikation

Die Clavien-Dindo Klassifikation ermöglicht eine Graduierung postoperativer Komplikationen anhand ihrer Schwere und macht damit postoperative Verläufe besser vergleichbar (vgl. Tab. 6).

Komplikationen mit höherem Grad werden zunehmend gravierender und umfassen sowohl allgemeine postoperative Komplikationen, als auch explizit urologische Komplikationen [16]. Grad I und II werden als „minor complications“ und Grad III bis V als „major complications“ zusammengefasst.

Tabelle 6 Clavien-Dindo-Klassifikation [16]

Grad	Definition
I	Jegliches Abweichen vom normalen postoperativen Verlauf ohne Notwendigkeit einer pharmakologischen, operativen, endoskopischen oder radiologischen Intervention. Erlaubtes therapeutisches Regime: Medikamente wie Antiemetika, Antipyretika, Diuretika, Elektrolyte und Physiotherapie
II	Notwendigkeit pharmakologischer Behandlung mit anderen als bei Grad I erlaubten Medikamenten (inklusive Bluttransfusionen)
III	Notwendigkeit einer chirurgischen, endoskopischen oder radiologischen Intervention
IIIa	Ohne Allgemeinnarkose
IIIb	Mit Allgemeinnarkose
IV	Lebensbedrohliche Komplikationen (ZNS-Komplikationen eingeschlossen)
IVa	Einzelorganversagen (Dialyse eingeschlossen)
IVb	Multiorganversagen
V	Tod des Patienten

### 3.3.3 PADUA-Score

Der PADUA-Score wurde entwickelt, um die Komplexität und das damit verbundene Komplikationsrisiko von Nierentumoren anhand der vorliegenden Bildgebung objektiv einschätzen zu können. Ficarra et al. beschreiben in ihrer Arbeit aus dem Jahr 2009 die Wahrscheinlichkeit perioperativer Komplikationen anhand von sechs Kriterien, wobei jeweils ein bis drei Punkte vergeben werden (vgl. Tab. 7) [21]. Der Score ergibt sich aus der Addition der einzelnen Werte und beträgt zwischen sechs und 14 Punkte.

Tabelle 7. PADUA-Score [21]

Anatomische Merkmale	1 Punkt	2 Punkte	3 Punkte
Longitudinale Lokalisation	Superior/ inferior	Medial	-
Exophytischer Anteil	>50 % exophytisch	<50 % exophytisch	endophytisch
Lage des Tumors zum Nierenrand	Lateral	Medial	-

<b>Bezug zum Sinus renalis</b>	Nein	Ja	-
<b>Bezug zum Nierenbecken</b>	Nein	Ja	-
<b>Tumorgröße</b>	<4 cm	4,1-7 cm	>7 cm

Nach der Beurteilung der einzelnen Kriterien erfolgt eine Einteilung in drei Gruppen, gestaffelt nach Punktwert. Mit sechs bis sieben Punkten wird der Tumor in die Kategorie mit *geringem Risiko* eingeteilt, mit acht bis neun Punkten in die Gruppe des *mittleren Risikos*. Ab einem Wert von zehn bis zu 14 Punkten erhält der Tumor die Zuordnung eines *hohen Risikos*. [21]



Abbildung 1 und 2. Transversalschnitt (links) und Sagittalschnitt (rechts) im CT. Es zeigt sich der Befund einer 79-jährigen Patientin mit einem Nierentumor links, PADUA 13, da auf der longitudinalen Achse medial, vollständig endophytisch, medial gelegen, Bezug sowohl zum Sinus renalis auch als Nierenbecken und Tumorgröße von 4.1 bis 7cm (Patientenkollektiv des Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg)

### 3.4 Kollektiv der Roboter-assistierten Nierenteilresektion

Die erhobenen Ergebnisse wurden mit einem zeitgleich an der Klinik für Urologie und Kinderurologie operierten Kollektiv Roboter-assistierter Nierenteilresektion aus der institutseigenen Nierentumordatenbank verwendet. Dabei handelt es sich um die Daten zu den ersten 500 Eingriffen an der Universität des Saarlandes im Zeitraum vom Jahr 2007 bis 2018, welche im Rahmen einer anderen medizinischen Promotionsarbeit retrospektiv analysiert wurden [45].

Beide Kollektive wurden hinsichtlich Alter, Geschlecht, BMI, ASA-Score, histologischem Befund, PADUA-Score, Operationsdauer, Blutverlust während der Operation, warmer Ischämiezeit, Krankenhausaufenthaltsdauer und der Clavien-Dindo-Klassifikation verglichen. Außerdem wurde die Konversionsrate bestimmt, wobei unterschieden wurde, ob zu einer Roboter-assistierten NX, einer offenen NTR oder einer offenen NX konvertiert wurde.

### 3.5 Statistik

Für die statistische Auswertung der Daten wurde das Statistik Software-Programm SPSS Statistics (IBM SPSS Statistics Macintosh, Version 25.0. Armonk, NY: IBM Corp), sowie Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Version 14.4.7) verwendet.

Zunächst erfolgte die deskriptive Statistik des Kollektivs offener Nierenteilresektionen, wobei kontinuierliche Variablen mit Median, Minimal- und Maximalwert angegeben werden, nominale Werte mittels absoluter als auch relativer Häufigkeit (in %).

Um zu überprüfen, ob sich das Kollektiv der offenen Nierenteilresektionen im zeitlichen Verlauf veränderte, wurde der gesamte Erhebungszeitraum zweigeteilt in die Abschnitte 2007-2012 und 2013-2018. Diese wurden mittels Chi-Quadrat- oder Mann-Whitney-U-Test verglichen. Auch der Wilcoxon-Test wurde zum Vergleich zusammenhängender Stichproben durchgeführt, um zu zeigen, ob die Veränderungen der Laborwerte im Verlauf von Signifikanz sind.

Im nächsten Schritt wurde das Kollektiv offener Nierenteilresektionen mit denen der robotischen NTR verglichen, sowohl über den gesamten Zeitraum als auch in der Subgruppenanalyse von 2007-2012 und 2013-2018. Um den Einfluss vom OP-Verfahren (offen vs. robotisch) im Vergleich zu anderen Faktoren, wie Tumorkomplexität oder Patientencharakteristika auf das perioperative Outcome zu bestimmen, erfolgten zudem univariable und multiple binär logistische und lineare Regressionsanalysen. Dazu wurden das OP-Verfahren, PADUA-Score, Patientenalter, Geschlecht, BMI, ASA-Score, das Vorhandensein abdomineller Voroperationen und renaler Voroperationen als unabhängige Variablen definiert. Als abhängige Variablen wurden OP-Zeit, das Auftreten jeglicher Komplikationen, Minor oder Major Komplikationen, die Ischämiezeit, Verweildauer und der R-Status verwendet. Unabhängige Variablen wurden nur in die multiple Regression eingeschlossen, sofern sie auch univariabel signifikant waren.

In einer letzten Analyse erfolgte zusätzlich ein Propensity Score Matching zwischen den Kollektiven offener und robotischer NTR, um inhärente Unterschiede in Patienten- und Tumorcharakteristika auszugleichen. Mithilfe des Propensity Scores kann einer Verzerrung der Ergebnisse bezüglich der Auswirkungen der Behandlungsmethode aufgrund nicht vergleichbarer Patientencharakteristika entgegengewirkt werden [31]. Als Matching-Variablen wurden der PADUA-Score, die Tumorgröße und die Anzahl der abdominellen Voroperationen festgelegt. Nach dem 1:1 nearest neighbor Matching wurden die Fall-Kontroll-Paare erneut als verbundene Stichprobe verglichen.

Bei einem Signifikanzniveau  $p < 0.05$  wurde von einem statistischen Zusammenhang ausgegangen.

## 4 Ergebnisse

Die vorliegende retrospektive Studie schließt 313 offene NTR ein. Alle Eingriffe wurden zwischen September 2007 und Juli 2018 in der Klinik für Urologie und Kinderurologie der Universität des Saarlandes in Homburg durchgeführt. Insgesamt 31 verschiedene Operateure führten die Operationen durch, wobei die Anzahl der Eingriffe pro Operateur innerhalb des Zeitraums im Median vier betrug (Range 1-65). Die Anzahl der Assistenten betrug 48, von denen jeder bei im Median fünf (Range 1-28) Eingriffen assistierte.

Die offenen NTR erfolgten zu 89,1 % (n=268) in elektiver und zu 10,8 % (n=45) in imperativer Indikationsstellung. Die häufigsten imperativen Ursachen waren das Vorliegen einer Einzelniere, eine fortgeschrittene Niereninsuffizienz oder ein beidseitiger Tumor (vgl. Tab. 8). Die Einteilung bei chronischer Niereninsuffizienz in die einzelnen Gruppen erfolgte anhand des GFR-Wertes (KDIGO, 2012) [37].

Tabelle 8. Gründe imperativer Indikationsstellung des Kollektivs offener Nierenteilresektion (n=45), relative Häufigkeit bezieht sich auf das Gesamtkollektiv (n=313)

Imperative Ursache	Absolute (relative) Häufigkeit
Einzelniere	23 (7,3 %)
Niereninsuffizienz nach KDIGO	15 (1,3 %)
	Stadium 3a=3
	Stadium 3b=6
	Stadium 4=4
	Stadium 5=2
Tumor beidseits	7 (2,2 %)

### 4.1 Charakterisierung des Patientenkollektivs offener Nierenteilresektionen

Die mediane jährliche Fallzahl betrug 39 (3-88), wobei hier das Jahr 2007 und 2018 nicht einbezogen sind, da diese Jahre nicht vollständig erfasst wurden. Es ist weder eine klare Zu- noch Abnahme der jährlichen Operationszahlen ersichtlich. (vgl. Abb. 3)

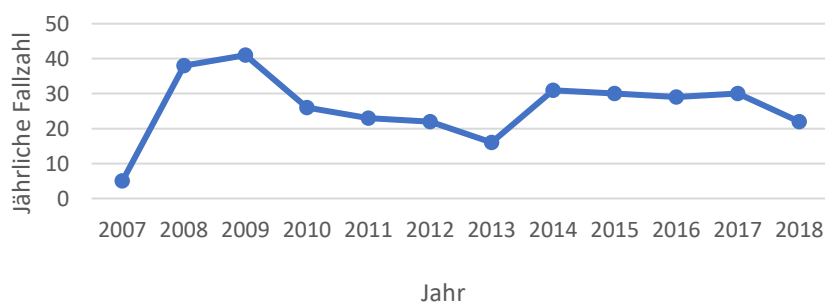


Abbildung 3. Absolute Anzahl der offenen Nierenteilresektionen im zeitlichen Verlauf

### 4.1.1 Patientencharakteristika

Von 313 Eingriffen wurden 194 (62 %) bei Männern und 119 (38 %) bei Frauen durchgeführt. Die meisten Patienten (296; 94,6 %) wurden im gesamten Zeitraum nur einmal operiert, sieben (4,5 %) Patienten zweimal und ein (1 %) Patient dreimal. Im Median betrug das Patientenalter 65 Jahre (Range 21-88 Jahre). Der BMI betrug im Median 26,8 kg/m<sup>2</sup> (17,1-50,1 kg/m<sup>2</sup>). Der ASA-Score konnte bei 303 Patienten ermittelt werden und betrug im Median zwei. (vgl. Tab. 9)

Tabelle 9. ASA-Score des Kollektivs der offenen Nierenteilresektionen.

	Absolute Häufigkeit (n=303)	Relative Häufigkeit [%]
<b>ASA 1</b>	20	6,6 %
<b>ASA 2</b>	157	51,8 %
<b>ASA 3</b>	123	40,6 %
<b>ASA 4</b>	3	1,0 %
<b>ASA 5</b>	0	0,0 %

In 196 (62,6 %) Fällen lag eine vorbestehende arterielle Hypertonie und/oder eine koronare Herzkrankheit vor. 25 (8 %) Patienten wiesen beide Krankheitsbilder gleichzeitig auf, 164 (52,4 %) hatten ausschließlich einen Hypertonus und sieben (2,2 %) ausschließlich eine koronare Herzkrankheit.

In 86 (27,5 %) Fällen nahmen die Patienten ein Antikoagulans oder einen Thrombozytenaggregationshemmer ein, in 52 (16,6 %) Fällen Acetylsalicylsäure. Bei 203 (64,9 %) Fällen wurden präoperativ keine Antikoagulantien eingenommen, in weiteren 24 (7,7 %) Fällen war dies unklar.

Insgesamt waren 192 (61,3 %) Patienten abdominell voroperiert, im Median einmal (vgl. Tab. 10).

Tabelle 10. Anzahl abdomineller Voroperationen des Kollektivs der offenen Nierenteilresektionen (n=313)

Anzahl abdomineller Voroperationen	Absolute (relative) Häufigkeit
0	121 (38,7 %)
1	96 (30,7 %)
2	52 (16,6 %)
3	22 (7,0 %)
4	11 (3,5 %)
5	9 (2,9 %)
6	1 (0,3 %)
13	1 (0,3 %)

50 (16 %) Patienten waren bereits an den Nieren voroperiert. Davon lagen bei 27 (54 %) Patienten Eingriffe an der kontralateralen Niere, bei zwölf (24 %) Patienten Eingriffe an der ipsilateralen Niere und bei elf (22 %) Patienten beidseitige vorherige Niereneingriffe vor. Zwölf (3,8 %) Patienten waren



mehr als einmal an den Nieren voroperiert, davon neun Patienten zweimal und drei Patienten dreimal. (vgl. Tab. 11).

Tabelle 11. Art der Nierenvoroperation des Kollektivs der offenen Nierenteilresektionen (n=50)

Art der Nierenvoroperation	Absolute (relative) Häufigkeit
Nur Nephrektomie	20 (40,0 %)
Davon mit Adrenalektomie	4 (8,0 %)
Nur Nierenteilresektion	17 (34,0 %)
Beidseits	2 (4,0 %)
Ipsilateral	8 (16,0 %)
Kontralateral	7 (14,0 %)
NX mit Adrenalektomie und kontralateralen Adrenalektomie	3 (6,0 %)
NTR und NX	4 (8,0 %)
Ipsilaterale Pyelolithotomie	2 (4,0 %)
Ipsilaterale Pyelolithotomie und kontralaterale NTR	1 (2,0 %)
Kontralaterale Pyelolithotomie und kontralaterale Nephrouretherektomie	1 (2,0 %)
Ipsilaterale Nierenfreilegung	1 (2,0 %)
Unbekannt	1 (2,0 %)

Während der Beobachtungsperiode gab es keine eindeutige Veränderung hinsichtlich des jährlichen Anteils an Patienten mit Nierenvoroperationen, bezogen auf die jährliche Fallzahl (vgl. Abb. 4).

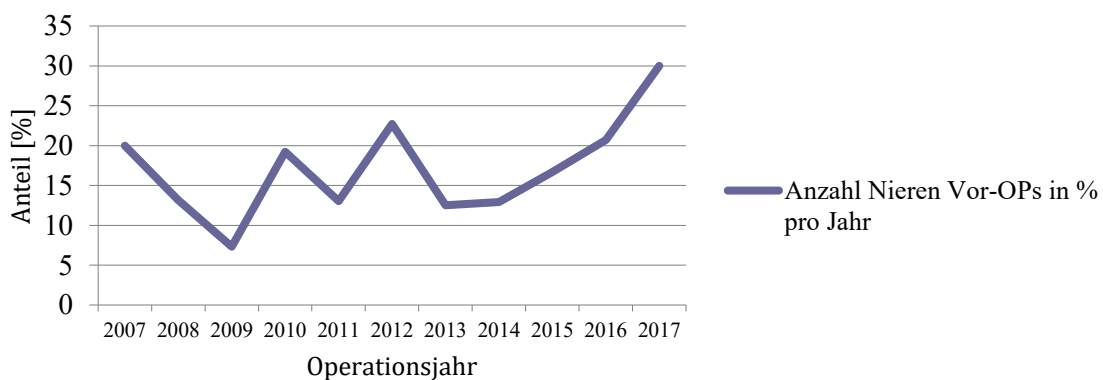


Abbildung 4. Anteil [%] der renalen Voroperationen bezogen auf die jährliche Fallzahl, aufgetragen nach Jahren der offenen Nierenteilresektionen

#### 4.1.2 Tumorcharakteristika

Der PADUA-Score konnte in 253 (80,8 %) Fällen ermittelt werden. Im Median betrug er zehn Punkte, die meisten Patienten hatten einen PADUA-Score von elf (n=64, 25,3 %). (vgl. Tab. 12; Abb. 5).

Insgesamt waren 13,5 % der Patienten der Low-risk Gruppe, 25,7 % der Mid-risk und 60,9 % der High-risk Gruppe zuzuordnen.

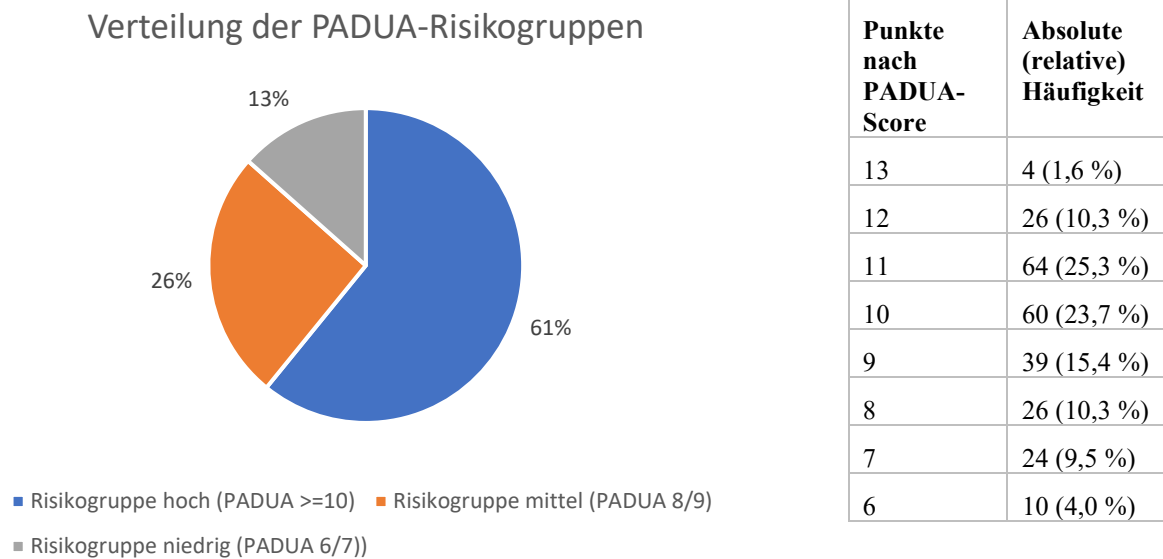


Abbildung 5 und Tabelle 12. PADUA-Score nach Risikogruppen des Kollektivs der offenen Nierenteilresektionen und dessen Punktverteilung (n=253)

### 4.1.3 Histologische Befunde

Die histologische Auswertung ergab bei 259 (82,7 %) Patienten eine maligne und bei 54 (17,3 %) Patienten eine benigne Tumorentität. Bei den malignen Tumoren wurden 187 (72,2 %) und damit am häufigsten klarzellige Nierenzellkarzinome diagnostiziert. Unter den benignen Tumorentitäten fanden sich am häufigsten Onkozytome (n=25, 46,3 %). (vgl. Tab. 13)

Tabelle 13. Übersicht über histologische Entitäten nach offenen Nierenteilresektionen (n=313)

Pathologie	Tumorentität	Absolute (relative) Häufigkeit
<b>Maligne</b>		259 (82,8 %)
	Klarzelliges NZK	187 (72,2 %)
	Papilläres NZK gesamt	49 (18,9 %)
	Papilläres NZK Typ I	37 (14,3 %)
	Papilläres NZK Typ II	12 (4,6 %)
	Chromophobes NZK	11 (4,3 %)
	Zystisches NZK	3 (1,2 %)
	Ductus Bellini Karzinom	1 (0,4 %)
	Hellzelliges NZK	1 (0,4 %)
	Mittelgradig differenziertes NZK	1 (0,4 %)
	Metastase gesamt	4 (1,5 %)
	Plattenepithelkarzinom des Thymus	2 (0,8 %)
	Plattenepithelkarzinom der Lunge	1 (0,4 %)

## Ergebnisse

	Follikuläres Schilddrüsenkarzinom	1 (0,4 %)
	B-CLL	1 (0,4 %)
	Liposarkom	1 (0,4 %)
<b>Benigne</b>		54 (17,3 %)
	Onkozytom	25 (46,3 %)
	Angiomyolipom	15 (27,8 %)
	Zyste	7 (13,0 %)
	Metanephrisches Adenom	1 (1,9 %)
	Myelolipom	1 (1,9 %)
	Nephritis	3 (5,6 %)
	Niereninfarkt	1 (1,9 %)
	Zystisches Nephrom	1 (1,9 %)

Hinsichtlich der Einteilung der malignen Tumore nach TNM wurden 216 (83,4 %) und damit deutlich die meisten Fälle dem Stadium pT1 zugeordnet. 6,4 % der Tumore waren organüberschreitend mit einem pT-Stadium  $\geq 3$ , wobei kein Tumor dem Stadium pT4 zugeordnet wurde (vgl. Tab. 14).

*Tabelle 14. Einteilung der pT-Stadien nach der TNM-Klassifikation des Kollektivs der offenen Nierenteilresektionen (n=259)*

<b>T-Stadium</b>	<b>Absolute (relative) Häufigkeit</b>
pT1	216 (83,4 %)
pT1a	126
pT1b	84
pT2	16 (6,2 %)
pT2a	10
pT2b	1
pT3	20 (7,7 %)
pT3a	19
pT3b	1
pT4	0
TX	7 (2,7 %)
Davon multiple Infiltrate durch B-CLL	1
Davon Metastase	4
Davon klarzelliges NZK, kein T-Stadium angegeben	2

Bei zwei (0,6 %) Patienten lagen Lymphknotenmetastasen im Stadium pN1 vor, sieben (2,2 %) Patienten waren synchron metastasiert (cM1). Bei 291 (93 %) Patienten des Kollektivs lagen R0-, bei 20 (6,1 %) Patienten R1- und bei zwei (0,6 %) Patienten eine R2-Resektion vor.

Tabelle 15. Histologisches Ergebnis der Nierenvoroperation bei dem Kollektiv der offenen Nierenteilresektionen (n=50)

Histologisches Ergebnis der Nierenvoroperation	Absolute (relative) Häufigkeit
NZK	34 (68,0 %)
Davon klarzelliges NZK	15 (30,0 %)
Davon papilläres NZK	7 (14,0 %)
Davon hellzelliges NZK	1 (2,0 %)
Adenokarzinom	1 (2,0 %)
Urothelkarzinom	1 (2,0 %)
Metastase eines Thymuskarzinoms (Plattenepithelkarzinom)	1 (2,0 %)
Verhornendes Plattenepithelkarzinom des Nierenbeckens	1 (2,0 %)
Keine Malignität	5 (10,0 %)
k. A.	7 (14,0 %)

Von den 50 (16 %) bereits an der Niere voroperierten Patienten ergab sich in 31 (62 %) Fällen dieselbe Tumorentität, hierbei handelte es sich in zwei (4 %) Fällen wiederholt um einen benignen Befund. Ein abweichendes histologisches Ergebnis zeigte sich in zwölf (24 %) Fällen. (vgl. Tab. 15)

#### 4.1.4 Operative Ergebnisse

Im Median dauerten die 313 offenen Nierenteilresektionen 118 min (44-280 min) und der Patient verlor 300 ml (10-2600 ml) Blut. Bei 253 (80,8 %) Patienten erfolgte die Resektion in warmer Ischämie, die im Median 13 Minuten (1-38 min) betrug. Es wurden bei 296 (94,6 %) Eingriffen Drainagen eingelegt, in 15 (4,8 %) Fällen handelte es sich um Pleura- bzw. Thoraxdrainagen. Außerdem kam es in 157 (50,2 %) Fällen zu einer Eröffnung des Nierenhohlsystems und in 126 (40,3 %) Fällen zu einer Eröffnung der Pleura. Die ipsilaterale Nebenniere wurde in 298 (95,2 %) Fällen belassen, in 15 (4,8 %) Fällen wurde sie entfernt. (vgl. Tab. 16)

Tabelle 16. Operative Besonderheiten des Kollektivs der offenen Nierenteilresektionen

	Ja (Anzahl n und %)	Nein/keine Angabe (k. A.) (Anzahl n und %)
Entzündliche Veränderung/Verwachsungen im OP-Bericht erwähnt	70 (22,4 %)	243 (77,6 %)
Drainage gelegt	296 (94,6 %)	17 (5,4 %)
Eröffnung des Nierenhohlsystems	157 (50,2 %)	156 (49,8 %)
Eröffnung der Pleura	126 (40,3 %)	187 (59,7 %)

#### 4.1.5 Postoperativer Verlauf

Insgesamt wurden 122 Blutkonserven in 40 (12,8 %) Fällen transfundiert. Im Median wurden zwei (1-7) Blutkonserven gegeben. Postoperativ traten in 110 (35,1 %) Fällen Komplikationen auf. Dabei handelte

es sich in 72 (23 %) Fällen um Minor Komplikationen und in 38 (12,1 %) Fällen um Major Komplikationen. (vgl. Tab. 17)

Tabelle 17. Einteilung der postoperativen Komplikationen des Kollektivs der offenen Nierenteilresektionen nach Clavien-Dindo (n=313)

Grad	Absolute (relative) Häufigkeit
0	203 (64,9 %)
1	8 (2,6 %)
2	64 (20,5 %)
3	32 (10,2 %)
3a	16 (5,1 %)
3b	16 (5,1 %)
4	4 (1,3 %)
5	2 (0,6 %)

Die häufigste **Minor Komplikation** war die transfusionsbedürftige Anämie (n=28, 8,9 %), zusätzlich musste in 19 (6,1 %) Fällen eine Antibiose verabreicht werden. Als dritthäufigste Komplikation traten zwölf (3,8 %) Herz-/Kreislauf-Komplikationen auf, zu diesen zählen Hypo- und Hypertension, neu aufgetretener Tachyarrhythmia absoluta bei Vorhofflimmern oder Tachykardien. (vgl. Tab. 18)

Tabelle 18. Art der Minor Komplikationen bei dem Kollektiv der offenen Nierenteilresektionen (n=72), relative Häufigkeit vom Gesamtkollektiv (n=313)

Art der Minor Komplikationen	Absolute (relative) Häufigkeit
Anämie	28 (8,9 %)
Antibiose	19 (6,1 %)
Herz-/Kreislauf Komplikationen	12 (3,8 %)
Pulmonale Komplikationen	6 (1,9 %)
Harnverhalt (Zystostomiekatheter)	1 (0,3 %)
Rötung im Wundbereich (Rivanolumschläge)	1 (0,3 %)
Migraine ophtalmique	1 (0,3 %)
2/3 Tage Überwachung Intensivstation	1 (0,3 %)
Ausschließlich Durchgangssyndrom	1 (0,3 %)
Weiteres (primär chirurgisch, daher nicht zu erschließen)	1 (0,3 %)

Unter den 38 (12,1 %) **Major Komplikationen** war die Revisionsoperation die am häufigsten aufgetretene Komplikation während des postoperativen Aufenthalts. Diese musste bei 15 Patienten (4,8 %) nach offener NTR erfolgen. In den meisten Fällen geschah dies zur Hämatomausräumung bzw. Blutstillung. In zwei Fällen (0,6 %) verstarben die Patienten in zeitlichem Zusammenhang mit dem Eingriff. Die mediane Aufenthaltsdauer betrug zehn Tage (Range 4-56). (vgl. Tab. 19)

Tabelle 19. Art der Major Komplikationen des Kollektivs der offenen Nierenteilresektionen (n=38), relative Häufigkeit vom Gesamtkollektiv (n=313)

Art der Major Komplikationen	Absolute (relative) Häufigkeit
<b>Grad 3 nach Clavien-Dindo</b>	
Revisionsoperation	15 (4,8 %)
Einlage/ Wechsel Doppel-J-Harnleiterschiene oder Mono-J-Harnleiterschiene	10 (3,2 %)
Einlage Thorax-Drainage	3 (1,0 %)
Embolisation	1 (0,3 %)
Bronchoskopie mit Absaugen eines Aspirates	1 (0,3 %)
Kardioversion	1 (0,3 %)
Transurethrale Prostataresektion nach mehrfach frustanem Blasenkatheter-Auslassversuch	1 (0,3 %)
<b>Grad 4 nach Clavien-Dindo</b>	
Dialysepflichtiges Nierenversagen	3 (1,0 %)
Weitergeführte Beatmung und kreislaufunterstützende Medikamente auf interdisziplinärer Intensivstation notwendig	1 (0,3 %)
<b>Grad 5 nach Clavien-Dindo</b>	
Exitus letalis	2 (0,6 %)

#### 4.1.6 Laborwerte

Die Patienten hatten einen medianen präoperativen Hb-Wert von 14,2 (8,3-18) g/dl und am dritten postoperativen Tag von 10,2 (7,2-14,3) g/dl, was einer medianen Abnahme von 4,0 g/dl entspricht ( $p < 0,001$ ). Auch im Vergleich zum direkt postoperativen abgenommenen Hb-Wert ergab sich ein signifikanter Abfall um 2,2 g/dl auf 12 g/dl (Range 7,5-16,5,  $p < 0,001$ ). (vgl. Tab. 20)

Tabelle 20. Hämoglobin-Werte des Kollektivs der offenen Nierenteilresektionen

	Median [g/dl]	Minimum [g/dl]	Maximum [g/dl]	k. A. (n)
<b>Präoperativ</b>	14,2	8,3	18,0	-
<b>Direkt postoperativ</b>	12,0	7,5	16,5	-
<b>Postoperativ 1 Tag</b>	11,1	6,9	15,1	2
<b>Postoperativ 2 Tage</b>	10,5	6,2	14,8	57
<b>Postoperativ 3 Tage</b>	10,2	7,2	14,3	94

Hinsichtlich der Nierenfunktion zeigte sich ein kontinuierlicher postoperativer Abfall der medianen GFR-Werte. Die GFR betrug präoperativ im Median 75,6 ml/min (Range 3,7-144,1 ml/min), sank direkt postoperativ auf 71,6 ml/min (Range 3,5-142,9 ml/min) und fiel bis zum dritten postoperativen Tag weiter auf 61,9 ml/min (Range 3,9-141,6 ml/min) ab. Diese Veränderung im Vergleich zu den präoperativen Werten war sowohl bei GFR als auch Serum-Kreatinin statistisch signifikant ( $p < 0,001$ ).

Zwölf Monate postoperativ besserte sich die Nierenfunktion wieder deutlich, erreichte aber nicht das präoperative Niveau. (vgl. Tab. 21)

Tabelle 21. Kreatinin- und GFR-Werte des Kollektivs der offenen Nierenteilresektionen

	Median Kreatinin [mg/dl]	Minimum Kreatinin [mg/dl]	Maximum Kreatinin [mg/dl]	n=313	Median GFR [ml/min]	Minimum GFR [ml/min]	Maximum GFR [ml/min]
<b>Präoperativ</b>	1,0	0,35	12,94	313	75,6	3,7	144,1
<b>Postoperativ direkt</b>	1,0	0,36	13,3	312	71,6	3,5	142,9
<b>Postoperativ 1 Tag</b>	1,1	0,4	15,5	312	63,4	2,9	133,7
<b>Postoperativ 2 Tage</b>	1,2	0,3	9,5	256	62,2	5,3	133,7
<b>Postoperativ 3 Tage</b>	1,1	0,37	12,4	218	61,9	3,9	141,6
<b>Follow-Up 3-12 Monate postoperativ</b>	1,14	0,55	13,6	86			

## 4.2 Zeitliche Veränderungen des Kollektivs offener NTR im Verlauf

### 4.2.1 Patientencharakteristika

Um zu überprüfen, ob sich das Patientenkollektiv im Laufe des Beobachtungszeitraums mit Einführung der robotischen Operationsmöglichkeit veränderte, wurde es in zwei nahezu gleich große Gruppen aufgeteilt von 2007-2012 (n=155 Fälle) und von 2013-2018 (n=158). Die relevanten Patientencharakteristika, also Alter, Geschlecht, BMI, ASA-Score, Anzahl abdomineller Vor-OPs und Indikationsstellung änderten sich im Laufe der Zeit nicht und waren auch nicht statistisch signifikant verschieden (vgl. Tab. 22).

Tabelle 22. Patientencharakteristika der offenen Nierenteilresektionen im zeitlichen Verlauf

	2007-2012 (offene NTR)	2013-2018 (offene NTR)	p-Wert
Alter bei OP [Jahre]	66 (21-87)	64 (31-88)	0,85
Geschlecht:			0,8
Männlich	95 (61,3 %)	99 (62,7 %)	
Weiblich	60 (38,7 %)	59 (37,3 %)	
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	27,1 (17,19-50,12)	26,74 (17,1-43,7)	0,72
ASA	2 (1-3)	2 (1-4)	0,13
Anzahl abdomineller Vor-OPs	1 (0-13)	1 (0-6)	0,088
Vor-OP Niere:			0,39
Ja	22 (14,2 %)	28 (17,7 %)	
Nein	133 (85,8 %)	130 (82,3 %)	

## Ergebnisse

Indikation:			0,68
Elektiv	134 (86,5 %)	134 (84,8 %)	
Imperativ	21 (13,5 %)	24 (15,2 %)	

### 4.2.2 Tumorcharakteristika

Bei den tumorspezifischen Faktoren nahm lediglich die Tumorgöße um im Median 0,4 cm zu ( $p=0,005$ ). PADUA-Score, PADUA-Risikogruppe und Wachstumsverhalten änderten sich nicht signifikant. Während beider Zeiträume entfielen die meisten Tumore auf die High-risk-Gruppe (2007-2012: 57,3 % vs. 2013-2018: 63,1 %), dieser Anteil veränderte sich aber nicht statistisch signifikant. (vgl. Tab. 23 und Abb. 6)

Tabelle 23. Tumorcharakteristika der offenen Nierenteilresektionen im zeitlichen Vergleich

	2007-2012 (offene NTR)	2013-2018 (offene NTR)	p-Wert
PADUA Score	10 (6-13) (n=96)	10 (6-13) (n=157)	0,76
Risk-group			0,44
Low-risk (6, 7)	12 (12,5 %)	22 (14,0 %)	
Mid-risk (8, 9)	29 (30,2 %)	36 (22,9 %)	
High-risk ( $\geq 10$ )	55 (57,3 %)	99 (63,1 %)	
Tumorgöße [cm]	3,9 (1,0-8,0)	4,3 (1,3-20,4)	<b>0,005</b>
Wachstumsverhalten:			0,2
Endophytisch	12 (12,5 %)	12 (7,6 %)	
Exophytisch	84 (87,5 %)	145 (92,4 %)	

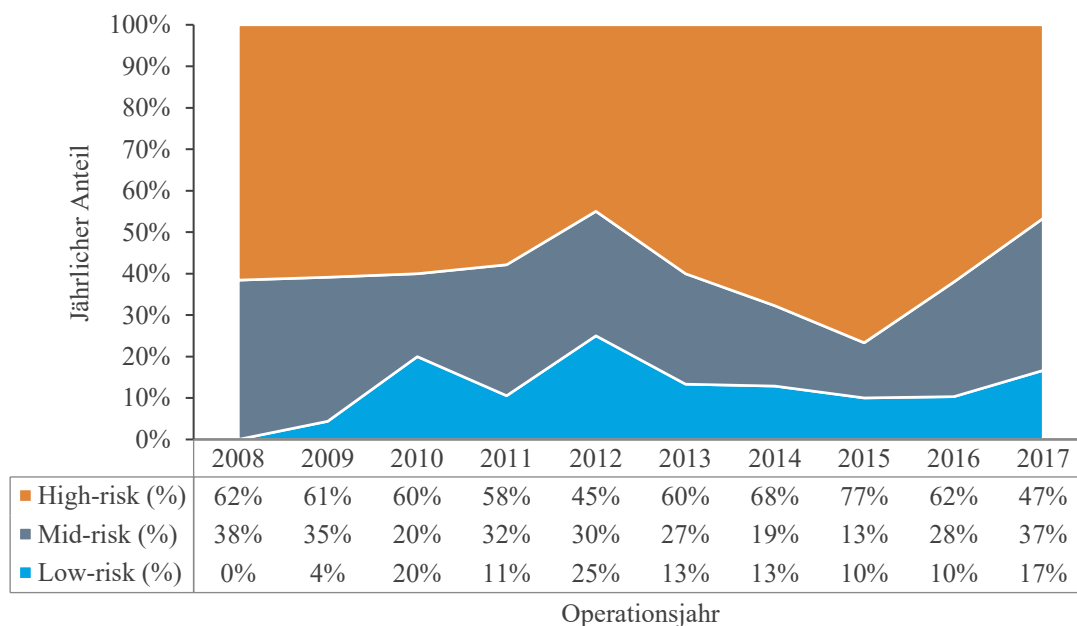


Abbildung 6. Anzahl [%] in den einzelnen Risikogruppen des PADUA-Scores in den einzelnen Jahren der Studie der offenen Nierenteilresektionen (2007 und 2018 fehlen, da diese Jahre nicht vollständig erfasst wurden)



### 4.2.3 Histologie

Hinsichtlich der Dignität und der TNM-Verteilung lagen keine signifikanten Veränderungen im Kollektiv von 2007-2012 im Vergleich zu 2013-2018 vor. (vgl. Tab. 24)

Tabelle 24. Zeitlicher Vergleich der histologischen Daten der offenen Nierenteilresektionen

	2007-2012	2013-2018	p-Wert
Tumorentität:			0,33
Maligne	125 (80,6 %)	134 (84,8 %)	
Benigne	30 (19,4 %)	24 (15,2 %)	
pT-Status:			0,18
pT1	106 (69,7 %)	110 (71,4 %)	
pT2	10 (6,6 %)	6 (3,9 %)	
pT3	6 (4,0 %)	14 (9,1 %)	
pT4	0	0	
R-Status:			0,33
R0	141 (91,0 %)	150 (94,9 %)	
R1	13 (8,4 %)	7 (4,4 %)	
R2	1 (0,6 %)	1 (0,6 %)	

### 4.2.4 Operative Ergebnisse

Die operativen Parameter blieben im zeitlichen Verlauf stabil, da sich Blutverlust, OP-Dauer, Ischämiezeit, Anzahl der Pleuraeröffnungen oder Nierenbeckenkelchsystemeröffnungen (NBKS) sowie Anzahl der gelegten Drainagen nicht statistisch signifikant veränderten. (vgl. Tab. 25)

Tabelle 25. Zeitlicher Vergleich der intraoperativen Daten der offenen Nierenteilresektionen

	2007-2012	2013-2018	p-Wert
Blutverlust [ml]	300 (10-2100)	300 (20-2600)	0,36
OP-Dauer [min]	114,5 (48-246)	120,0 (44-280)	0,44
Ischämie:			0,93
Keine	30 (19,4 %)	30 (19,0 %)	
Warm	125 (80,6 %)	128 (81,0 %)	
Ischämiezeit [min]	12,5 (0-37)	13 (0-38)	0,75
Adhärentes Fett:			0,54
Nein	118 (76,1 %)	112 (70,9 %)	
Wenig	5 (3,2 %)	6 (3,8 %)	
Viel	32 (20,7 %)	40 (25,3 %)	
Pleura eröffnet:			0,93
Ja	62 (40,0 %)	64 (40,5 %)	

## Ergebnisse

Nein	93 (60,0 %)	94 (59,5 %)	
NBKS eröffnet:			0,4
Ja	74 (47,7 %)	83 (52,5 %)	
Nein	81 (52,3 %)	75 (47,5 %)	
Wunddrainage:			0,085
Ja	143 (92,3 %)	153 (96,8 %)	
Nein	12 (7,7 %)	5 (3,2 %)	

### 4.2.5 Postoperative Parameter

Auch im postoperativen Verlauf ergaben sich keine signifikanten Veränderungen beim Vergleich der offenen NTR von 2007-2012 gegenüber 2013-2018. Die Komplikationsrate blieb unverändert, Patienten wurden im Median einen Tag später entlassen, was aber nicht statistisch signifikant war ( $p=0,14$ ). Auch die Häufigkeit an Bluttransfusionen und die Krankenhausverweildauer änderten sich nicht. (vgl. Tab. 26)

Tabelle 26. Zeitlicher Vergleich der postoperativen Daten der offenen Nierenteilresektionen

	2007-2012	2013-2018	p-Wert
Clavien-Dindo:	0 (0-5)	0 (0-5)	0,81
Grad 0	105 (67,7 %)	98 (62,0 %)	
Grad 1	4 (2,6 %)	4 (2,5 %)	
Grad 2	27 (17,4 %)	37 (23,4 %)	
Grad 3a	8 (5,2 %)	8 (5,1 %)	
Grad 3b	9 (5,8 %)	7 (4,4 %)	
Grad 4	1 (0,6 %)	3 (1,9 %)	
Grad 5	1 (0,6 %)	1 (0,6 %)	
KH-Verweildauer [d]	9 (5-56)	10 (4-42)	0,14
Bluttransfusionen:			0,78
Ja	19 (12,3 %)	21 (13,3 %)	
Nein	136 (87,7 %)	137 (86,7 %)	
Bluttransfusionen [Summe]	54	68	

### 4.3 Vergleich offene vs. robotische Nierenteilresektion

Im folgenden Abschnitt wird das in Kapitel 4.1 und 4.2 ausführlich charakterisierte Kollektiv offener NTR mit dem Kollektiv der robotischen NTR, die in der Klinik für Urologie und Kinderurologie im selben Zeitraum operiert wurden, verglichen. Den 313 offenen werden 500 robotische NTR gegenübergestellt.

Beim Vergleich der jährlichen Fallzahl zeigt sich mit Ausnahme des Jahres 2012, in welchem die Anzahl der Eingriffe leicht gesunken ist, ein kontinuierlicher Anstieg der Gesamtzahl robotischer Nierenteilresektionen, während die Fallzahl offenen NTR sich nicht signifikant veränderte. (vgl. Abb. 7)

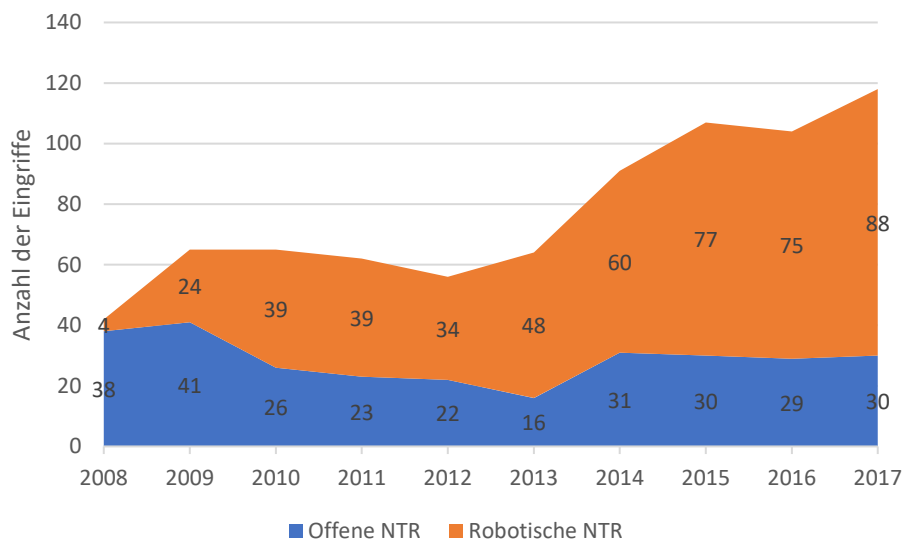


Abbildung 7. Jährliche Fallzahl offener vs. robotischer Nierenteilresektionen im Vergleich

#### 4.3.1 Vergleich über den gesamten Zeitraum

Beide Kollektive unterschieden sich nicht signifikant voneinander hinsichtlich Patientenalter zum Operationszeitpunkt, Geschlecht, BMI und ASA-Score. Der Anteil abdomineller Voroperationen war bei den offen operierten Patienten höher (offen im Median 1 (0-13) vs. robotisch im Median 1 (0-5),  $p < 0,001$ ), wie auch der Anteil renaler Voroperationen (offen 16 % vs. robotisch 6,2 %,  $p < 0,001$ ). Der Anteil imperativer Indikationsstellungen war bei der offenen NTR mit 14,4 % fast doppelt so hoch wie bei der robotischen mit 7,8 % ( $p = 0,003$ ). (vgl. Tab. 27)

Tabelle 27. Vergleich der Patientencharakteristika der offenen und robotischen Nierenteilresektionen

	Offene NTR	Robotische NTR	p-Wert
Alter bei OP [Jahre]	65 (21-88)	63 (24-93)	0,17
Geschlecht:			0,32
Männlich	194 (62,0 %)	327 (65,4 %)	
Weiblich	119 (38,0 %)	173 (34,6 %)	
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	26,87(17,1-50,1)	27,64 (18,0-59,5)	0,081
ASA	2 (1-4)	2 (1-4)	0,43
ASA 1	20 (6,4 %)	25 (5,0 %)	
ASA 2	157 (50,2 %)	257 (51,4 %)	
ASA 3	123 (39,3 %)	164 (32,8 %)	
ASA 4	3 (1,0 %)	8 (1,6 %)	

## Ergebnisse

ASA 5	0	0	
k. A.	10 (3,2 %)	46 (9,2 %)	
Anzahl abdomineller Vor-OPs	1 (0-13)	1 (0-5)	<b>&lt;0,001</b>
0 Vor-OPs	121 (38,7 %)	236 (47,2 %)	
1 Vor-OP	96 (30,7 %)	176 (35,2 %)	
2-3 Vor-OPs	74 (23,6 %)	78 (15,6 %)	
> 3 Vor-OPs	22 (7,0 %)	10 (2,0 %)	
Vor-OP Niere:			<b>&lt;0,001</b>
Ja	50 (16,0 %)	31 (6,2 %)	
Nein	263 (84,0 %)	469 (93,8 %)	
Indikation:			<b>0,003</b>
Elektiv	268 (85,6 %)	461 (92,2 %)	
Imperativ	45 (14,4 %)	39 (7,8 %)	

Die Tumorcharakteristika waren in beiden Kollektiven hinsichtlich des PADUA-Scores (offen 10 vs. robotisch 8,  $p < 0,001$ ) signifikant verschieden. Insbesondere der Anteil der Patienten mit High-risk Tumoren war mit 60,9 % im offenen Kollektiv signifikant höher als im robotischen mit 33,7 % ( $p < 0,001$ ). Die mediane Tumorgröße war mit 4,2 cm in der Gruppe der offenen NTR zudem signifikant größer ( $p < 0,001$ ) als in der Gruppe der robotischen NTR mit 3,0 cm. Kein signifikanter Unterschied zeigte sich hingegen beim Tumorwachstumsverhalten, welches in beiden Gruppen hauptsächlich als endophytisch beschrieben wurde (offen 90,5 % vs. robotisch 92,1 %). (vgl. Tab. 28)

*Tabelle 28. Vergleich der Tumorcharakteristika zwischen offenen und robotischen Nierenteilresektionen*

	<b>Offene NTR</b>	<b>Robotische NTR</b>	<b>p-Wert</b>
PADUA-Score	10 (6-13)	8 (6-14)	<b>&lt;0,001</b>
Risk-group	3 (1-3) (n=253)	2 (1-3) (n=439)	<b>&lt;0,001</b>
Low-risk (6, 7)	34 (13,4 %)	139 (31,7 %)	
Mid-risk (8, 9)	65 (25,7 %)	152 (34,6 %)	
High-risk ( $\geq 10$ )	154 (60,9 %)	148 (33,7 %)	
Tumorgröße [cm]	4,2 (1,0-20,4)	3 (0,4-10,0)	<b>&lt;0,001</b>
Wachstumsverhalten:			0,48
Exophytisch	229 (90,5 %)	406 (92,1 %)	
Endophytisch	24 (9,5 %)	35 (7,9 %)	

Hinsichtlich der operativen Ergebnisse bestanden deutliche Unterschiede zwischen den Gruppen. Der mediane Blutverlust war nach offener NTR mit 300 ml signifikant höher als in der Gruppe der robotischen NTR mit 200 ml im Median ( $p < 0,001$ ). Die Operationsdauer war beim robotischen Eingriff mit 157 min signifikant länger als bei offener OP (118min,  $p < 0,001$ ). Bei den robotisch-assistierten Eingriffen war die warme Ischämiezeit im Median zwei Minuten länger ( $p = 0,003$ ), wohingegen der

Anteil an Resektionen ohne Ischämie sich nicht signifikant unterschied. Signifikant mehr adhärentes Fett auf der Niere und am Nierentumor, sowie häufigere Eröffnungen der Pleura waren in der Gruppe der offenen NTR feststellbar ( $p < 0,001$ ). Zudem mussten bei offenen Eingriffen häufiger das Nierenbeckenkelchsystem (NBKS) eröffnet und häufiger Wunddrainagen eingelegt werden. (vgl. Tab. 29)

Tabelle 29. Vergleich der intraoperativen Parameter zwischen offenen und robotischen Nierenteilresektionen

	Offene NTR	Robotische NTR	p-Wert
Blutverlust [ml]	300 (10-2600)	200 (0-2600)	<b>&lt;0,001</b>
OP-Dauer [min]	118 (44-280)	157 (52-376)	<b>&lt;0,001</b>
Ischämie:			0,19
Keine	60 (19,2 %)	76 (15,6 %)	
Warm	253 (80,8 %)	411 (84,4 %)	
Ischämiezeit [min]	13 (0-38)	15 (0-43)	<b>0,003</b>
Adhärentes Fett:			<b>&lt;0,001</b>
Nein	230 (73,5 %)	354 (70,8 %)	
Wenig	11 (3,5 %)	59 (11,8 %)	
Viel	72 (23,0 %)	87 (17,4)	
Pleura eröffnet:			<b>&lt;0,001</b>
Ja	126 (40,3 %)	1 (0,2 %)	
Nein	187 (59,7 %)	499 (99,8 %)	
NBKS eröffnet:			<b>&lt;0,001</b>
Ja	157 (50,2 %)	25 (5,0 %)	
Nein	156 (49,8 %)	475 (95,0 %)	
Wunddrainage:			<b>&lt;0,001</b>
Ja	296 (94,6 %)	199 (39,8 %)	
Nein	17 (5,4 %)	301 (60,2 %)	

Der R-Status war in beiden Gruppen vergleichbar (R0: offen 93 % vs. robotisch 84 %,  $p=0,27$ ). Demgegenüber wurden offen deutlich mehr maligne Tumore mit signifikant höheren pT-Stadien nierenteilreseziert. (vgl. Tabelle 30)

Tabelle 30. Vergleich der histologischen Parameter der offenen und robotischen Nierenteilresektionen

	Offene NTR	Robotische NTR	p-Wert
pT-Status:			<b>0,001</b>
pT1	216 (85,7 %)	327 (90,1 %)	
pT2	16 (6,3 %)	9 (2,5 %)	
pT3	20 (7,9 %)	25 (6,9 %)	
pT4	0	2 (0,6 %)	

## Ergebnisse

R-Status:			0,27
R0	291 (93,0 %)	420 (84,0 %)	
R1	20 (6,4 %)	32 (6,4 %)	
R2	2 (0,6 %)	0	
Tumorentität:			<b>&lt;0,001</b>
Maligne	259 (82,7 %)	363 (72,6 %)	
Benigne	54 (17,3 %)	137 (27,4 %)	

Im perioperativen Verlauf traten Komplikationen nach offener NTR signifikant häufiger und mit höherem Komplikationsgrad nach Clavien-Dindo auf. Lediglich der Anteil an Grad 1 Komplikationen war in der robotischen Gruppe minimal höher. Die Notwendigkeit einer Bluttransfusion unterschied sich hingegen nicht. Im Median verlängerte sich der stationäre Aufenthalt im Kollektiv der offenen NTR um vier Tage ( $p < 0,001$ ). (vgl. Tab. 31)

*Tabelle 31. Vergleich der postoperativen Parameter der offenen und robotischen Nierenteilresektionen*

	<b>Offene NTR</b>	<b>Robotische NTR</b>	<b>p-Wert</b>
Clavien-Dindo:	0 (0-5)	0 (0-5)	<b>&lt;0,001</b>
Grad 0	203 (64,9 %)	378 (75,6 %)	
Minor Komplikationen			
Grad 1	8 (2,6 %)	31 (6,2 %)	
Grad 2	64 (20,4 %)	69 (13,8 %)	
Major Komplikationen			
Grad 3a	16 (5,1 %)	8 (1,6 %)	
Grad 3b	16 (5,1 %)	11 (2,2 %)	
Grad 4	4 (1,3 %)	2 (0,4 %)	
Grad 5	2 (0,6 %)	1 (0,2 %)	
KH-Verweildauer [d]	10 (4-56)	6 (3-49)	<b>&lt;0,001</b>
Bluttransfusionen:			0,07
Ja	40 (12,8 %)	44 (8,8 %)	
Nein	273 (87,2 %)	456 (91,2 %)	
Bluttransfusionen [Summe]	122	159	

Die Patienten des robotischen Kollektivs hatten präoperativ einen signifikant höheren Hb-Wert ( $p < 0,001$ ), eine signifikant höhere GFR ( $p = 0,002$ ) und dementsprechend ein signifikant geringeres Serum-Kreatinin ( $p < 0,001$ ). Im weiteren Verlauf ließ sich eine größere Differenz zwischen den präoperativen Hb-Werten und denen vom dritten postoperativen Tag im offenen Kollektiv finden (offen -3,6 g/dl vs. robotisch -2,75 g/dl,  $p < 0,001$ ). Hinsichtlich der Serum-Kreatininwerte war direkt postoperativ nach offenen Eingriffen ein signifikant geringerer Anstieg zu verzeichnen (offen

## Ergebnisse

0,02 mg/dl vs. robotisch 0,09 mg/dl,  $p < 0,001$ ). Bei der GFR bestanden zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen. (vgl. Tab. 32)

*Tabelle 32. Vergleich der Laborwerte der offenen und robotischen Nierenteilresektionen, angegeben jeweils als Median (Range)*

	<b>Offene NTR</b>	<b>Robotische NTR</b>	<b>p-Wert</b>
<b>Absolutwerte</b>			
Präoperativ:			
Hb [g/dl]	14,2 (8,3-18)	14,6 (8,5-18,6)	<b>&lt;0,001</b>
Kreatinin [mg/dl]	1 (0,4-12,9)	0,92 (0,5-4,4)	<b>&lt;0,001</b>
GFR	75,6 (3,7-144,1)	81,1 (13,0-134,7)	<b>0,002</b>
Direkt postoperativ:			
Hb [g/dl]	12 (7,5-16,5)	13,1 (7,7-16,5)	<b>&lt;0,001</b>
Kreatinin [mg/dl]	1,0 (0,4-13,3)	1,0 (0,3-3,8)	0,878
GFR	71,7 (3,5-142,9)	70,4 (15,7-121,6)	0,858
Laborwerte am dritten postoperativen Tag			
Hb [g/dl]	10,2 (7,2-14,3)	11,1 (6,1-17,4)	<b>&lt;0,001</b>
Kreatinin [mg/dl]	1,11 (0,4-12,4)	1,1 (0,6-5,2)	0,06
GFR	62,0 (3,9-141,6)	67,2 (5,4-134,2)	0,199
Laborwerte Follow-Up (3-12 Monate postoperativ)			
Kreatinin [mg/dl]	1,2 (0,6-13,6) (n=86)	1,0 (0,5-6,9) (n=141)	<b>0,005</b>
GFR	60,8 (3,4-115,0) (n=86)	67,9 (8,4-170,7) (n=140)	0,091
<b>Differenzen:</b>			
Prä-direkt postoperativ			
Hb Diff. [g/dl]	-1,9 (-8,8-+2,0)	-1,4 (-6,9-+0,3)	<b>&lt;0,001</b>
Kreatinin Diff. [mg/dl]	0,0 (-0,6-+1,3)	0,1 (-0,9-+0,74)	<b>&lt;0,001</b>
GFR Diff.	-1,4 (-43,5-+28,8)	-7,6 (-59,7-+21,0)	<b>&lt;0,001</b>
Prä-3 Tage postoperativ			
Hb Diff.	-3,6 (-9,0-+1,8)	-2,7 (-8,7-+0,2)	<b>&lt;0,001</b>
Kreatinin Diff.	0,1 (-0,7-7,4)	0,1 (-0,6-+3,2)	<b>0,038</b>
GFR Diff.	-6,3 (-59,9-+35,0)	-4,6 (-71,2-+58,1)	0,423
Prä-Follow-Up			
Kreatinin Diff. prä-Follow-Up	0,1 (-0,5-+0,8)	0,1 (-0,6-+4,1)	0,367
GFR Diff. prä-Follow-Up	-7,4 (-32,9-+27,6)	-6,7 (64,9-+41,7)	0,605

### 4.3.2 Subgruppenanalyse im zeitlichen Verlauf

Beide Kollektive wurden in zwei gleich lange Zeiträume aufgeteilt und diese Subgruppen dann erneut verglichen. Von 2007 bis 2012 wurden 155 offene NTR insgesamt 143 robotischen NTR gegenübergestellt, und im Zeitraum 2013 bis 2018 158 offene NTR mit 357 robotischen NTR verglichen.

Hinsichtlich der Patientencharakteristika, sprich Alter, Operationszeitpunkt, BMI, Geschlecht und ASA-Score, zeigten sich in beiden Zeiträumen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kollektiven. Demgegenüber unterschied sich die Anzahl abdomineller Voroperationen zwischen den Kollektiven von 2013-2018, nicht aber von 2007-2012. Zwischen 2013 und 2018 war der Anteil an abdominell voroperierten Patienten in der offenen Gruppe signifikant höher (offen 65,8 % vs. robotisch 52,6 %,  $p < 0,001$ ). Die Anzahl an Patienten mit Voroperationen an den Nieren war über den gesamten Zeitraum im robotisch operierten Kollektiv signifikant geringer (2007-2012: offen 14,2 % vs. robotisch 2,8 %,  $p < 0,001$ ; 2013-2018: offen 17,7 vs. robotisch 7,6 %,  $p < 0,001$ ). (vgl. Tab. 33)

Tabelle 33: Vergleich der Patientencharakteristika im zeitlichen Verlauf der offenen und robotischen Nierenteilresektionen

	2007-2012			2013-2018		
	Offene NTR	Robotische NTR	p-Wert	Offene NTR	Robotische NTR	p-Wert
Alter bei OP [Jahre]	66 (21-87)	65 (29-93)	0,76	64 (31-88)	62 (24-87)	0,17
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	27,1 (17,2-50,1)	27,5 (19,1-48,7)	0,32	26,74 (17,1-43,7)	27,72 (18,0-59,5)	0,15
Geschlecht:			0,59			0,49
Männlich	95 (61,3 %)	92 (64,3 %)		99 (62,7 %)	235 (65,8 %)	
Weiblich	60 (38,7 %)	51 (35,7 %)		59 (37,3 %)	122 (34,2 %)	
ASA	2 (1-3)	2 (1-4)	0,55	2 (1-4)	2 (1-4)	0,48
ASA 1	12 (7,7 %)	7 (5,0 %)		8 (5,1 %)	18 (5,0 %)	
ASA 2	80 (51,6 %)	76 (53,1 %)		77 (48,7 %)	181 (50,7 %)	
ASA 3	53 (34,2 %)	44 (30,8 %)		70 (44,3 %)	120 (33,6 %)	
ASA 4	0	1 (0,7 %)		3 (1,9 %)	7 (2,0 %)	
ASA 5	0	0		0	0	
k. A.	10 (6,5 %)	15 (10,5 %)		0	31 (8,7 %)	
Anzahl abdomineller Vor-OPs	1 (0-13)	1 (0-3)	0,071	1 (0-6)	1 (0-5)	<b>&lt;0,001</b>
0 Vor-OPs	67 (43,2 %)	67 (46,9 %)		54 (34,2 %)	169 (47,3 %)	
1 Vor-OP	44 (28,4 %)	56 (39,2 %)		52 (32,9 %)	120 (33,6 %)	
2- 3 Vor-OPs	38 (24,5 %)	20 (14,0 %)		36 (22,8 %)	58 (16,2 %)	
>3 Vor-OPs	6 (3,9 %)	0		16 (10,1 %)	10 (2,8 %)	



## Ergebnisse

Vor-OP Niere:			<b>&lt;0,001</b>			<b>&lt;0,001</b>
Ja	22 (14,2 %)	4 (2,8 %)		28 (17,7 %)	27 (7,6 %)	
Nein	133 (85,8 %)	139 (97,2 %)		130 (82,3 %)	330 (92,4 %)	

Hinsichtlich der Tumorcharakteristika war der PADUA-Score in der offenen Gruppe sowohl von 2007-2012 als auch von 2013-2018 signifikant höher ( $p < 0,001$ ). Analog dazu war auch die Verteilung auf Low-, Mid- und High-risk Gruppen signifikant verschieden mit mehr High-risk Tumoren in der offenen Gruppe in beiden Zeiträumen. Auch die Tumorgröße war in beiden Zeiträumen in der offenen Gruppe signifikant größer, wobei die Differenz leicht zunahm ( $p < 0,001$ ). (vgl. Tab. 34)

*Tabelle 34. Vergleich der Tumorcharakteristika im zeitlichen Verlauf der offenen und robotischen Nierenteilresektionen*

	2007-2012			2013-2018		
	Offene NTR	Robotische NTR	p-Wert	Offene NTR	Robotische NTR	p-Wert
PADUA-Score	10 (6-13)	8 (6-13)	<b>&lt;0,001</b>	10 (6-13)	9 (6-14)	<b>&lt;0,001</b>
Risk-group	3 (1-3)	2 (1-3)	<b>&lt;0,001</b>	3 (1-3)	2 (1-3)	<b>&lt;0,001</b>
Low-risk (6, 7)	12 (12,5 %)	44 (44,4 %)		22 (14,0 %)	95 (27,9 %)	
Mid-risk (8, 9)	29 (30,2 %)	30 (30,3 %)		36 (22,9 %)	122 (35,9 %)	
High-risk ( $\geq 10$ )	55 (57,3 %)	25 (25,3 %)		99 (63,1 %)	123 (36,2 %)	
Tumorgröße [cm]	3,9 (1,0-8,0)	3 (0,7-10,0)	<b>0,004</b>	4,3 (1,3-20,4)	3 (0,4-10,0)	<b>&lt;0,001</b>

Während das pT-Stadium im Zeitraum von 2007-2012 (offen pT1 69,7 % vs. robotisch pT1 72,7 %,  $p=0,16$ ) bei offenen und robotischen Operationen noch vergleichbar war, lagen von 2013-2018 signifikante Unterschiede vor (offen pT1 71,4 % vs. robotisch pT1 62,8 %,  $p=0,005$ ). Der Anteil benigner Tumore war nur von 2013-2018 in der robotischen Kohorte mit 29,7 % vs. 15,2 % signifikant höher ( $p < 0,001$ ). Der R-Status unterschied sich in beiden Zeiträumen nicht signifikant. (vgl. Tab. 35)

*Tabelle 35. Vergleich der histologischen Daten der offenen und robotischen Nierenteilresektionen im zeitlichen Verlauf*

	2007-2012			2013-2018		
	Offene NTR	Robotische NTR	p-Wert	Offene NTR	Robotische NTR	p-Wert
pT-Status:			0,16			<b>0,005</b>
pT1	106 (86,9 %)	104 (92,9 %)		110 (84,6 %)	223 (88,8 %)	
pT2	10 (8,2 %)	2 (1,8 %)		6 (4,6 %)	7 (2,8 %)	
pT3	6 (4,9 %)	5 (4,5 %)		14 (10,8 %)	20 (8,0 %)	

## Ergebnisse

pT4	0	1 (0,9 %)		0	1 (0,4 %)	
R-Status:			0,66			0,15
R0	141 (91,0 %)	129 (93,5 %)		150 (94,9 %)	291 (92,7 %)	
R1	13 (8,4 %)	9 (6,5 %)		7 (4,4 %)	23 (7,3 %)	
R2	1 (0,6 %)	0		1 (0,6 %)	0	
Tumorentität:			0,62			<b>&lt;0,001</b>
Maligne	125 (80,6 %)	112 (78,3 %)		134 (84,8 %)	251 (70,3 %)	
Benigne	30 (19,4 %)	31 (21,7 %)		24 (15,2 %)	106 (29,7 %)	

Die Operationsdauer war bei den offenen NTR in beiden Zeiträumen signifikant kürzer ( $p < 0,001$ ). Hierbei nahm die zeitliche Differenz zwischen den Gruppen im Verlauf jedoch ab, weil sich insbesondere die Operationszeit der robotischen NTR von 2007-2012 zu 2013-2018 um 20 Minuten verkürzte.

Die Anwendung einer warmen Ischämie (offen 80,6 % vs. robotisch 91,4 %,  $p < 0,001$ ), sowie die warme Ischämiedauer (offen 12 min vs. robotisch 18 min,  $p < 0,001$ ) unterschieden sich lediglich von 2007-2012 signifikant. Da sich die warme Ischämiezeit im robotischen Kollektiv, sowie auch der Anteil der Resektionen in Ischämie bis 2013-2018 deutlich verkürzte, war der Unterschied zur offenen Operationstechnik nicht mehr statistisch signifikant. Während von 2007-2012 kein Unterschied im Blutverlust zwischen offener und robotischer OP vorlag, war von 2013-2018 ein signifikanter Unterschied feststellbar (offen 300 ml vs. robotisch 200 ml,  $p < 0,001$ ), da der Blutverlust bei den robotischen NTR abnahm (2007-2012: 220 ml vs. 2013-2018: 200 ml,  $p < 0,001$ ).

Die Dauer des stationären Aufenthaltes war in beiden Zeiträumen nach robotischer NTR signifikant kürzer ( $p < 0,001$ ). In dem Kollektiv der robotischen NTR fiel der mediane Krankenhausaufenthalt von sieben auf sechs Tage, während in der Gruppe der offenen NTR die mediane Krankenhausverweildauer von neun auf zehn Tage anstieg.

Die Komplikationsraten nach Clavien-Dindo unterschieden sich von 2007-2012 zwischen beiden Kohorten nicht signifikant (komplikationsfreier Verlauf offen 67,7 % vs. robotisch 69,3 %,  $p = 0,19$ ). Von 2013-2018 hingegen nahm die Komplikationsrate nach robotischer NTR deutlich ab, weswegen diese nun signifikant niedriger war (2013-2018: offen 62 % vs. robotisch 77,9 %,  $p < 0,001$ ).

Im Kollektiv der robotischen NTR wurden Pleura und NBKS signifikant weniger häufig eröffnet und außerdem signifikant weniger Wunddrainagen eingelegt ( $p < 0,001$ ). So kam es im robotischen Kollektiv während des gesamten Studienzeitraums nur einmal zur Eröffnung der Pleura, während diese in beiden Zeiträumen bei rund 40% der Patienten im offenen Kollektiv eröffnet wurde (2007-2012: 40 %; 2013-2018: 40,5 %). Auch die Anzahl der Eröffnungen des NBKS war in beiden Intervallen im offenen Kollektiv erheblich höher (2007-2012: offen 47,7 % vs. robotisch 2,8 %, 2013-2018: offen 52,5 % vs. robotisch 5,9 %). Wunddrainagen wurden in beiden Zeitspannen bei der offenen NTR mehr als doppelt so häufig eingelegt. (vgl. Tab. 36)

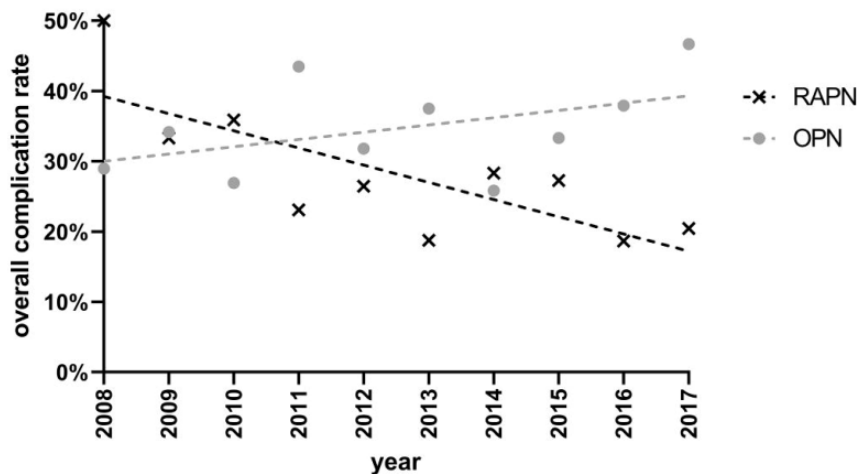
## Ergebnisse

Tabelle 36. Vergleich der intraoperativen Daten der offenen und robotischen Nierenteilresektionen im zeitlichen Verlauf

	2007-2012			2013-2018		
	Offene NTR	Robotische NTR	p-Wert	Offene NTR	Robotische NTR	p-Wert
OP-Zeit [min]	114,5 (48-246)	172 (68-356)	<0,001	120 (44-280)	152 (52-376)	<0,001
Ischämie:			0,008			0,88
Ja	125 (80,6 %)	128 (91,4 %)		128 (81,0 %)	283 (81,6 %)	
Nein	30 (19,4 %)	12 (8,6 %)		30 (19,0 %)	64 (18,4 %)	
Ischämiezeit [min]	12 (0-37)	18 (0-43)	<0,001	13 (0-38)	13 (0-40)	0,93
Blutverlust [ml]	300 (10-2100)	220 (20-2000)	0,33	300 (20-2600)	200 (0-2600)	<0,001
KH-Verweildauer [d]	9 (5-56)	7 (4-29)	<0,001	10 (4-42)	6 (3-49)	<0,001
Bluttransfusionen:			0,95			0,03
Ja	19 (12,3 %)	18 (12,6 %)		21 (13,3 %)	26 (7,3 %)	
Nein	135 (87,7 %)	125 (87,4 %)		137 (86,7 %)	331 (92,7 %)	
Clavien-Dindo:			0,19			<0,001
Grad 0	105 (67,7 %)	100 (69,9 %)		98 (62,0 %)	278 (77,9 %)	
Minor Komplikationen						
Grad 1	4 (2,6 %)	9 (6,3 %)		4 (2,5 %)	22 (6,2 %)	
Grad 2	27 (17,4 %)	27 (18,9 %)		37 (23,4 %)	42 (11,8 %)	
Major Komplikationen						
Grad 3a	8 (5,2 %)	2 (1,4 %)		8 (5,1 %)	6 (1,7 %)	
Grad 3b	9 (5,8 %)	4 (2,8 %)		7 (4,4 %)	7 (2,0 %)	
Grad 4	1 (0,6 %)	0		3 (1,9 %)	2 (0,6 %)	
Grad 5	1 (0,6 %)	1 (0,7 %)		1 (0,6 %)	0	
Pleura eröffnet:			<0,001			<0,001
Ja	62 (40,0 %)	0		64 (40,5 %)	1 (0,3 %)	
Nein	93 (60,0 %)	143 (100 %)		94 (59,5 %)	356 (99,7 %)	
NBKS eröffnet:			<0,001			<0,001
Ja	74 (47,7 %)	4 (2,8 %)		83 (52,5 %)	21 (5,9 %)	
Nein	81 (52,3 %)	139 (97,2 %)		75 (47,5 %)	336 (94,1 %)	
Wunddrainage:			<0,001			<0,001
Ja	143 (92,3 %)	61 (42,7 %)		153 (96,8 %)	138 (38,7 %)	
Nein	12 (7,7 %)	82 (57,3 %)		5 (3,2 %)	219 (61,3 %)	

Im zeitlichen Verlauf bestand eine gegenläufige Tendenz der jährlichen Gesamtkomplikationsraten beider Kohorten (s. Abbildung 8). So bestand eine leichte Zunahme bei den offenen NTR, jedoch eine Abnahme bei den robotischer NTR. Im Jahr 2012 unterschritt die Gesamtkomplikationsrate der robotischen NTR erstmalig die der offenen NTR.

Abb. 8 Gesamtkomplikationen offener und robotischer Nierenteilresektionen im zeitlichen Verlauf mit linearer Regressionsgerade [71]



### 4.3.3 Einfluss des OP-Verfahrens auf das Outcome in der Regressionsanalyse

Um den Einfluss des Operationsverfahrens auf das perioperative Outcome zu ermitteln und mit anderen Einflussfaktoren wie Tumorkomplexität oder Patientencharakteristika zu vergleichen, erfolgten mehrere Regressionsanalysen.

Hinsichtlich der **Operationszeit** zeigte sich ein statistisch signifikanter Einfluss des Operationsverfahrens, aber auch vom BMI in der multiplen Analyse. Bei der Wahl des offenen Operationsverfahrens betrug die Operationszeit 39,96 min weniger im Vergleich zum robotischen Vorgehen ( $p < 0,001$ ). Außerdem nahm die Operationszeit pro BMI-Punkt um 0,97 min in der multiplen Analyse zu ( $p = 0,007$ ). (vgl. Tab. 37)

Tabelle 37. Logistische Regression der Operationszeit [min]

	Regressionskoeffizient B		p-Wert	
	univariabel	multipl	univariabel	multipl
OP-Verfahren (Ref.: offen)	39,96 (32,81-47,12)	38,4 (31,05-45,74)	<0,001	<0,001
PADUA-Score	n.s. (nicht signifikant)	-	0,97	-
Alter	n.s.	-	0,086	-
Geschlecht (Ref.: Mann)	n.s.	-	0,063	-
BMI	1,23 (0,53-1,94)	0,97 (0,27-1,66)	<0,001	0,007
ASA-Score	6,81 (0,47-13,16)	n.s.	0,035	0,069
Anzahl abdomineller Vor-OPs	n.s.	-	0,24	-
Vor-OP Niere ja/nein	-27,50 (-49,35- -5,65)	n.s.	0,014	0,39

Der PADUA- und ASA-Score hatten demgegenüber in der multiplen Analyse einen signifikanten Einfluss auf den **Blutverlust**. Zusammenhänge zeigten sich zudem bei der Wahl des Operationsverfahrens, dem Patientenalter, dem BMI und den abdominalen Voroperationen. Allerdings waren diese Zusammenhänge nur univariabel signifikant. Wurde die NTR robotisch durchgeführt, war der Blutverlust in der univariablen logistischen Regression um -113,22 ml geringer. (vgl. Tab. 38)

Tabelle 38. Logistische Regression des Blutverlustes [ml]

	Regressionskoeffizient B		p-Wert	
	univariabel	multipl	univariabel	multipl
OP-Verfahren (Ref.: offen)	-113,22 (-176,45- -49,99)	n.s.	<0,001	0,224
PADUA-Score	31,83 (14,20-49,46)	31,58 (12,45-50,71)	<0,001	0,001
Alter	3,85 (1,31-6,39)	n.s.	0,003	0,187
Geschlecht (Ref.: Mann)	n.s.	-	0,24	-
BMI	7,26 (1,86-12,66)	n.s.	0,0085	0,205
ASA-Score	102,69 (53,38-152,00)	65,82 (8,53-123,11)	<0,001	0,024
Anzahl abdominaler Vor-OPs	28,21 (3,83-52,58)	n.s.	0,023	0,16
Vor-OP Niere ja/nein	n.s.	-	0,35	-

Betrachtet man die Faktoren, welche die **Gesamtkomplikationen** beeinflussten, waren erneut das Operationsverfahren, ASA-Score und abdominale Voroperationen in der multiplen Analyse statistisch signifikant. Das Risiko des Auftretens jeglicher Komplikationen war bei robotischer NTR um 33,9 % vermindert (p=0,013). (vgl. Tab. 39)

Tabelle 39. Logistische Regression der Gesamtkomplikationen

	Odds Ratio (95 % KI)		p-Wert	
	univariabel	multipl	univariabel	multipl
OP-Verfahren (Ref.: offen)	0,60 (0,44-0,81)	0,66 (0,48-0,92)	0,001	0,013
PADUA-Score	n.s.	-	0,14	-
Alter	1,02 (1,01-1,03)	n.s.	0,003	0,255
Geschlecht (Ref.: Mann)	0,4 (1,1-2,05)	n.s.	0,011	0,05
BMI	n.s.	-	0,91	-
ASA-Score	1,52 (1,17-1,97)	1,48 (1,13-1,93)	0,002	0,004
Anzahl abdominaler Vor-OPs	1,25 (1,10-1,41)	1,21 (1,06-1,38)	<0,001	0,004
Vor-OP Niere ja/nein	n.s.	-	0,15	-

Wenn nur die **Minor Komplikationen** betrachtet wurden, zeigte sich ein signifikanter Einfluss vom ASA-Score und den abdominalen Voroperationen sowohl in der univariablen als auch in der multiplen

Analyse. Zum Geschlecht der operierten Person konnte statistisch ein univariabler Zusammenhang hergestellt werden, denn Frauen hatten ein 1,5-fach erhöhtes Risiko für Minor Komplikationen. Die Wahl des Operationsverfahrens hatte keinen statistisch signifikanten Einfluss. (vgl. Tab. 40)

Tabelle 40. Logistische Regression der Minor Komplikationen

	Odds Ratio (95 % KI)		p-Wert	
	univariabel	multipl	univariabel	multipl
OP-Verfahren (Ref.: offen)	n.s.	-	0,308	-
PADUA-Score	n.s.	-	0,646	-
Alter	n.s.	-	0,106	-
Geschlecht (Ref.: Mann)	1,51 (1,07-2,13)	n.s.	<b>0,018</b>	0,092
BMI	n.s.	-	0,343	-
ASA-Score	1,39 (1,04-1,85)	1,35 (1,01-1,80)	<b>0,025</b>	<b>0,046</b>
Anzahl abdomineller Vor-OPs	1,26 (1,10-1,44)	1,25 (1,09-1,43)	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>
Vor-OP Niere ja/nein	n.s.	-	0,640	-

Auf das Auftreten von **Major Komplikationen** hatten im Gegensatz dazu nur das OP-Verfahren (robotische NTR: OR 0,34,  $p < 0,001$ ) und das Lebensalter (pro 1 Jahr: OR 1,03,  $p = 0,015$ ) einen signifikanten Einfluss in der multiplen Analyse. Das Risiko für Major Komplikationen war nach robotischer OP signifikant geringer und stieg mit zunehmendem Patientenalter an. (vgl. Tab. 41)

Tabelle 41. Logistische Regression der Major Komplikationen

	Odds ratio (95 % KI)		p-Wert	
	univariabel	multipl	univariabel	multipl
OP-Verfahren (Ref.: offen)	0,33 (0,19-0,57)	0,34 (0,20-0,59)	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
PADUA-Score	n.s.	-	0,071	-
Alter	1,03 (1,01-1,06)	1,03 (1,01-1,06)	<b>0,01</b>	<b>0,015</b>
Geschlecht (Ref.: Mann)	n.s.	-	0,49	-
BMI	n.s.	-	0,2	-
ASA-Score	n.s.	-	0,055	-
Anzahl abdomineller Vor-OPs	n.s.	-	0,54	-
Vor-OP Niere ja/nein	n.s.	-	0,089	-

Auf die **Ischämiedauer** hatte neben dem Operationsverfahren nur der PADUA-Score (pro PADUA Punkt: B-Wert 0,99,  $p < 0,001$ ) signifikanten Einfluss. Bei Wahl des robotischen Vorgehens war die Ischämiezeit zudem 2,18 min länger ( $p = 0,002$ ). (vgl. Tab. 42)

## Ergebnisse

Tabelle 42. Logistische Regression der Ischämiezeit [min]

	Regressionskoeffizient B		p-Wert	
	univariabel	multipl	univariabel	multipl
OP-Verfahren (Ref.: offen)	1,94 (0,71-3,17)	2,18 (0,82-3,54)	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>
PADUA-Score	0,84 (0,48-1,20)	0,99 (0,62-1,37)	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
Alter	-0,07 (-0,12- -0,02)	n.s.	<b>0,01</b>	0,29
Geschlecht (Ref.: Mann)	n.s.	-	0,071	-
BMI	n.s.	-	0,82	-
ASA-Score	n.s.	-	0,677	-
Anzahl abdomineller Vor-OPs	n.s.	-	0,75	-
Vor-OP Niere ja/nein	n.s.	-	0,96	-

Die **Dauer des stationären Aufenthalts** wurde ebenso durch das Operationsverfahren und den PADUA-Score beeinflusst. Fiel die Wahl auf das robotische Vorgehen, konnten die Patienten 3,8 Tage früher entlassen werden. Für jeden Punkt, den der PADUA-Score zunahm, verlängerte sich die stationäre Aufenthaltsdauer um 0,3 Tage. (vgl. Tab. 43)

Tabelle 43. Logistische Regression der Krankenhausverweildauer [d]

	Regressionskoeffizient B		p-Wert	
	univariabel	multipl	univariabel	multipl
OP-Verfahren (Ref.: offen)	-3,97 (-4,65--3,28)	-3,80 (-4,59--3,00)	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
PADUA-Score	0,56 (0,35-0,78)	0,31 (0,08-0,53)	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,007</b>
Alter	0,04 (0,01-0,07)	n.s.	<b>0,018</b>	0,259
Geschlecht (Ref.: Mann)	n.s.	-	0,062	-
BMI	n.s.	-	0,89	-
ASA-Score	0,69 (0,10-1,29)	n.s.	<b>0,023</b>	0,095
Anzahl abdomineller Vor-OPs	n.s.	-	0,16	-
Vor-OP Niere ja/nein	n.s.	-	0,25	-

Auf den **R-Status** hatte keiner der untersuchten Parameter einen Einfluss, weder in der univariablen noch in der multiplen Analyse.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass in der multiplen Analyse das OP-Verfahren auf die mit Abstand meisten Parameter (OP-Zeit, Gesamtkomplikationen, Major Komplikationen, Ischämiezeit, Verweildauer) einen statistisch signifikanten Einfluss hatte. Außerdem wurden die (post)operativen Ergebnisse auch maßgeblich von PADUA- und ASA-Score beeinflusst. (vgl. Tab. 44)

Tabelle 44. Uni- und multivariable Regression ausgewählter Parameter der offenen und robotischen Nierenteilresektionen (x=multipel signifikant)

		Perioperatives Outcome							
		OP-Zeit	Blutverlust	Jegliche KOs	Minor KOs	Major KOs	Ischämiezeit	Verweildauer	R-Status
Einflussfaktoren	OP-Verfahren	x		x		x	x	x	
	PADUA-Score		x				x	x	
	Alter					x			
	Geschlecht								
	BMI	x							
	ASA-Score		x	x	x				
	VorOPs abdominell			x	x				
	VorOP Niere								

#### 4.3.4 Vergleich offene vs. robotische NTR nach Propensity-Score Matching

Abschließend wurde ein Propensity-Score Matching zwischen beiden Datensätzen durchgeführt und 216-Fall-Kontroll-Paare erneut verglichen. Die Fall-Kontroll-Paare unterschieden sich hinsichtlich der Patienten- und Tumorcharakteristika nur noch bei Anzahl renaler Voroperationen ( $p=0,007$ ) und der Indikationsstellung ( $p=0,002$ ), alle anderen Parameter waren nun vergleichbar (vgl. Tab. A und B, Anhang).

Bei den histologischen Befunden lagen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen vor (vgl. Tab. C, Anhang). Demgegenüber zeigten sich ohne die Matched-pair-Analyse signifikante Unterschiede hinsichtlich des Anteils maligner Tumore und pT-Stadien (vgl. Kapitel 4.3.1).

Hinsichtlich der intraoperativen Ergebnisse blieben nach Propensity-Score Matching signifikante Unterschiede zwischen der OP-Dauer, Ischämiezeit, Anzahl an Pleura- und Nierenbeckeneröffnungen und Einlage einer Wunddrainage bestehen (vgl. Tab. 45). Nach Propensity-Score Matching bestanden hingegen keine Unterschiede hinsichtlich des Blutverlustes und dem Vorhandensein von adhärentem Fett. Die Rate an warmen Ischämien war in beiden Gruppen nach Propensity-Score Matching vergleichbar.

Tabelle 45. Matched-pair Ergebnisse der intraoperativen Daten

	Offene NTR	Robotische NTR	p-Wert
Blutverlust [ml]	300 (10-2600)	250 (0-2000)	n.s. (Wilcoxon 0,161)
OP-Dauer [min]	116 (44-280)	160 (65-376)	<b>&lt;0,001</b>
Ischämie:			n.s. (0,088)
Keine	39 (18,1 %)	24 (11,1 %)	
Warm	177 (81,9 %)	183 (84,7 %)	



## Ergebnisse

Ischämiezeit [min]	13 (0-38)	15 (0-43)	<b>0,007</b>
Adhärentes Fett:			n.s.
Nein	152 (70,4 %)	153 (70,8 %)	
Wenig	10 (4,6 %)	27 (12,5 %)	
Viel	54 (25,0 %)	36 (16,7 %)	
Pleura eröffnet:			<b>&lt;0,001</b>
Ja	85 (39,4 %)	1 (0,5 %)	
Nein	131 (60,6 %)	215 (99,5 %)	
NBKS eröffnet:			<b>&lt;0,001</b>
Ja	108 (50,0 %)	17 (7,9 %)	
Nein	108 (50,0 %)	199 (92,1 %)	
Wunddrainage:			<b>&lt;0,001</b>
Ja	203 (94,0 %)	101 (46,8 %)	
Nein	13 (6,0 %)	115 (53,2 %)	

Im postoperativen Verlauf zeigten sich nun weiterhin signifikante Unterschiede beim Clavien-Dindo-Score ( $p < 0,001$ ) und der Dauer des stationären Aufenthalts ( $p < 0,001$ ). So gab es in der Gruppe der robotischen NTR deutlich weniger Komplikationen (offen 64,6 % ohne Komplikationen vs. robotisch 75,9 % ohne Komplikationen) und auch die mediane Aufenthaltsdauer war deutlich kürzer (offen 10 Tage vs. robotisch 6 Tage). Die Anzahl der Bluttransfusionen war weiterhin nicht signifikant verschieden. (vgl. Tab. 46)

*Tabelle 46. Matched-pair Ergebnisse der postoperativen Daten*

	Offene NTR	Robotische NTR	p-Wert
Clavien-Dindo:			<b>&lt;0,001</b>
Grad 0	139 (64,6 %)	164 (75,9 %)	
Grad 1	5 (2,3 %)	14 (6,5 %)	
Grad 2	45 (20,8 %)	27 (12,5 %)	
Grad 3a	13 (6,0 %)	5 (2,3 %)	
Grad 3b	9 (4,2 %)	6 (2,8 %)	
Grad 4	3 (1,4 %)	-	
Grad 5	2 (0,9 %)	-	
KH-Verweildauer [d]	10 (4-56)	6 (4-29)	<b>&lt;0,001</b>
Bluttransfusionen:			n.s.
Ja	26 (12,0 %)	17 (7,9 %)	
Nein	190 (88,0 %)	199 (92,1 %)	

Bluttransfusionen [Summe]	85	65	n.s. (p=0,165)
---------------------------	----	----	----------------

#### 4.4 Zusammenfassung

In der vorliegenden retrospektiven Studie wurden 313 offene NTR analysiert und im Anschluss mit 500 robotischen NTR aus einer separaten Promotionsarbeit verglichen [45]. Alle Eingriffe fanden zwischen September 2007 und Juli 2018 in der Klinik für Urologie und Kinderurologie der Universität des Saarlandes in Homburg statt. Um Veränderungen der Kollektive im zeitlichen Verlauf festzustellen, wurden die Ergebnisse zudem in Subgruppenanalysen von 2007-2012 und 2013-2018 weiter untersucht. Der Einfluss des Operationsverfahrens auf das Outcome wurde einerseits mittels Regressionsanalysen, andererseits mittels Propensity-Score Matching untersucht.

Mit Einführung der robotischen NTR im Jahr 2007 nahmen die jährlichen Fallzahlen der robotischen NTR von vier (2008) auf 88 (2017) kontinuierlich zu, während die der offenen NTR mit durchschnittlich 26 Eingriffen konstant blieb. Das Kollektiv offener NTR unterlag während des Zeitraumes keinen signifikanten Veränderungen hinsichtlich der Patienten- und/oder Tumoreigenschaften oder operativen Ergebnisse. Lediglich die Anzahl abdomineller Voroperationen und die Größe der operierten Tumore nahm im Verlauf signifikant zu.

Im Gesamtvergleich zur robotischen NTR waren die Patientencharakteristika, wie Alter zum Operationszeitpunkt, Geschlecht, BMI, ASA-Score, nicht signifikant verschieden. Abdominelle und renale Voroperationen waren signifikant häufiger im offenen Kollektiv. Hinsichtlich der Tumorcharakteristika wurden im offenen Kollektiv signifikant größere Tumore höherer Komplexität (vgl. PADUA-Score) operiert.

Im Gesamtvergleich verloren die Patienten der offenen Kohorte signifikant mehr Blut und die Operationszeit war kürzer. Des Weiteren gab es keine signifikanten Unterschiede bei der Durchführung einer warmen Ischämie sowie der Ischämiezeit. Außerdem wurden im offenen Kollektiv signifikant häufiger die Pleura eröffnet, häufiger das NBKS eröffnet und häufiger Wunddrainagen gelegt. Die Ergebnisse der nach Operationsjahren getrennten Kohorten zeigten, dass die Patienten nur im späteren Zeitintervall mit signifikant größerem Blutverlust operiert wurden. Auch die Anzahl der gegebenen Bluttransfusionen war im zweiten Zeitintervall signifikant höher im offenen Kollektiv, während im ersten Zeitintervall keine signifikanten Unterschiede bestanden. Des Weiteren war die Ischämiezeit im ersten Zeitintervall im offenen Kollektiv kürzer, während sich dieser signifikante Unterschied im zweiten Zeitintervall nicht mehr zeigte.

Der R-Status war in beiden Gruppen vergleichbar, während die Patienten des offenen Kollektivs signifikant höhere pT-Stadien aufwiesen und häufiger als maligne eingeordnet wurden. Im zeitlichen Verlauf bestanden lediglich im späteren Zeitraum Zeitintervall signifikant häufiger maligne Tumore und auch höhere pT-Stadien im offenen Kollektiv.

Komplikationen traten nach offenen NTR signifikant häufiger und auch mit höherem Komplikationsgrad nach Clavien-Dindo auf. Während anfänglich kein signifikanter Unterschied in der Komplikationsrate bestand, waren diese später signifikant häufiger in der offenen Kohorte. Die stationäre Aufenthaltsdauer war in der Gruppe robotischer NTR signifikant kürzer. Dieser Unterschied nahm im zeitlichen Verlauf zu.

In der Regressionsanalyse hatte die Wahl des operativen Verfahrens erhebliche Auswirkungen auf das perioperative Outcome. Das offene Vorgehen war mit kürzerer Operations- und Ischämiezeit assoziiert. Demgegenüber zeigte sich ein statistisch unabhängiger Einfluss auf eine nach offener Operation verlängerte Aufenthaltsdauer, sowie höhere Gesamt- und Major-Komplikationen. Es bestand kein Zusammenhang zwischen der Wahl des Operationsverfahrens und Minor Komplikationen, Blutverlust und R-Status. Diese Ergebnisse bestätigten sich im Propensity-Score Matching. Als weitere statistisch unabhängige Faktoren beeinflussten insbesondere der PADUA- und ASA-Score das perioperative Outcome.

## 5 Diskussion

Die operativen Therapieverfahren des Nierenzellkarzinoms haben sich in den letzten 50 Jahren grundlegend verändert, von der NX hin zur NTR und vom offenen zum minimal-invasiven Vorgehen [19,57,66]. Studien zeigen, dass der offene Ansatz heute nur noch unter bestimmten Umständen gewählt wird. Dazu zählen beispielsweise anatomische Besonderheiten, eine Invasion des Nierenbeckens oder des Sinus renalis sowie große Tumore. Außerdem kann auch eine mangelnde Verfügbarkeit der Technik für minimal-invasive Eingriffe ein offenes Vorgehen notwendig machen [12]. Die vorliegende Arbeit gibt in diesem Zusammenhang weiteren Aufschluss über diese Veränderungen in der Anwendung der OP-Techniken. Dies geschieht über einen vergleichsweise langen Erhebungszeitraum von 12 Jahren, wodurch eine longitudinale Beurteilung möglich ist. Dazu wurden zunächst die Daten der offenen NTR für sich selbst analysiert und dann den Roboter-assistierten NTR, die im selben Zeitraum in der Klinik erfolgt sind, gegenübergestellt.

Die robotische NTR gewinnt seit 2004, dem Jahr der FDA-Zulassung des DaVinci-Operationssystems von Intuitive Surgical, zunehmend an Bedeutung. So wurde in Australien anhand der Daten aus dem System Medicare Benefit Schedule (MBS) ein Anstieg des Anteils der robotisch-assistierten Operationen von 5 % im Jahr 2010 auf 60 % im Jahr 2016 bei 6045 eingeschlossenen Fällen ermittelt. Zusätzlich nahmen in dieser Erhebung auch die jährlichen Fallzahlen an NTR insgesamt zu, was unter anderem mit einer erhöhten Operationsbereitschaft in höherem Alter und auch einer häufigeren früheren Diagnosestellung zusammenhängt – und abnehmenden jährlichen Zahlen an NX im Gegenzug. [3] Dieser Trend lässt sich grundlegend auch gut in den vorliegenden Daten nachvollziehen: in der Klinik für Urologie und Kinderurologie des Universitätsklinikums des Saarlandes wurden im analysierten Zeitraum 313 offene NTR und 500 robotische NTR durchgeführt. Die jährliche Anzahl an NTR nahm über die Jahre deutlich zu (2008: 42 Eingriffe vs. 2017: 118 Eingriffe). Dies lässt sich insbesondere auf die steigende Anzahl robotischer NTR zurückführen (2008: 4 Eingriffe vs. 2017: 88 Eingriffe), während die der offenen NTR auf einem konstanten Niveau blieben. Auch an anderen Kliniken in Deutschland, wie beispielsweise in einer Arbeit von Boy et al., spiegelt sich dieser Trend wider, wo seit der ersten robotischen NTR im Jahr 2010 die Zahlen der robotischen Eingriffe die der offenen NTR nach wenigen Jahren einholten [9].

### 5.1 Ergebnisse der offenen Nierenteilresektionen

In der hier vorliegenden Arbeit wurden nur volljährige Patienten eingeschlossen, welche ein medianes Erkrankungsalter von 65 Jahren aufwiesen. Dies liegt in etwa in dem Bereich des mittleren Erkrankungsalters von Nierenzellkarzinomen und ist gut mit anderen Studien vergleichbar [54,62,65]. So wurden in einer Arbeit von Banapour et al. aus dem Jahr 2018 Patienten in einem ähnlichen durchschnittlichen Alter von 59,1 Jahren operiert [4]. Auch bezüglich der Geschlechterverteilung (weiblich 38 % vs. männlich 62 %) ähnelten die Daten des offenen Kollektivs denen anderer Studien

und stimmten mit dem geschlechtsspezifischen Verteilungsmuster bei Nierenzellkarzinomen überein, da NZK deutlich häufiger bei Männern auftreten [4,65]. Vergleicht man den BMI und den ASA-Score mit denen in der Literatur, lag der ASA-Score in den meisten Fällen ebenso bei zwei und auch der BMI betrug in etwa 26 kg/ m<sup>2</sup> [42,65].

In der vorliegenden Studie wurden zudem die abdominellen und renalen Voroperationen erhoben, um diese als mögliche Confounder in der Regressionsanalyse miteinbeziehen zu können. Über 60 % der Patienten waren zum Operationszeitpunkt bereits abdominell voroperiert und etwa 16 % wurden zuvor schon renal operiert. Han et al. zeigten in ihrer Arbeit stark abweichende Ergebnisse, da nur 9,3 % der Patienten abdominell voroperiert waren [29]. Und auch in einer Arbeit von Patton et al. waren nur 38,9 % der Patienten der offenen NTR abdominell voroperiert [53]. Insofern zeigte sich eine deutlich höhere Häufigkeit abdomineller Voroperationen, was möglicherweise damit zu erklären ist, dass die Klinik für Urologie und Kinderurologie des Universitätsklinikums Homburg auch als Zuweiserklinik fungiert, in denen auch (sehr) komplexe Operationen durchgeführt werden.

Dennoch stellen nicht nur patientenspezifische, sondern auch tumorspezifische Faktoren potenziell bedeutsame Einflussfaktoren auf die operativen Ergebnisse bei NTR dar. Der PADUA-Score ist ein etablierter Parameter, mit dem das Risiko für peri- und postoperative Komplikationen vorhergesagt werden kann [72]. Die meisten Patienten (>60 %) des offenen Kollektivs entfielen, zur o.g. Hypothese passend, auf die High-risk-Gruppe, sprich mit einem PADUA Score von zehn Punkten oder mehr. In einer vergleichbaren Arbeit mit den Daten aus der Klinik für Urologie in Bochum betrug der durchschnittliche PADUA Score 8,59 Punkten im offenen Kollektiv [9]. Insofern ist das hier vorliegende Kollektiv offener Nierenteilresektionen auch hinsichtlich des PADUA-Scores eine Hoch-Risiko-Gruppe für Komplikationen. Auch in anderen Veröffentlichungen wurden geringere mittlere PADUA-Scores beschrieben [1,64]. Analog dazu ist die mediane Tumorgröße im Vergleich zu anderen Studien mit 4,2 cm etwas größer. Beispielsweise betrug sie in einer multizentrischen Studie von Peyronnet et al. in der Gruppe der offenen NTR, welche 863 Patienten einschloss, 3,99 cm [54].

Der Anteil benignen Befunde ist etwas geringer als in vergleichbaren Arbeiten (hier 17,3 % vs. 23,6 % bzw. 21,2 %) [9,64], was damit erklärt werden könnte, dass die in Homburg operierten Tumore größer sind als an den meisten anderen Arbeiten. Dagegen spricht jedoch, dass die pT-Stadienverteilung mit der Literatur vergleichbar ist [9,64]. Zum Beispiel ermittelten Vittori et al. in einer vergleichbaren Arbeit bei 68,8 % ein pT1-Stadium (vs. 69 %) und in 10 % der Fälle ein Stadium größer als pT1 (vs. 11,5 %) [64]. Auch die R0 Raten von 93 % sind mit anderen Arbeiten vergleichbar, was für eine gute operative Qualität spricht [23].

Hinsichtlich der intraoperativen Ergebnisse betrug der mediane Blutverlust 300 ml, was den Ergebnissen diverser Studien ähnelt. Beispielsweise beschrieb Wang et al. mit 240,8 ml einen etwas geringeren Blutverlust, während eine Arbeit von Peyronnet et al. mit 359,5 ml einen etwas höheren Blutverlust zeigte [54,65]. Eine vergleichende Übersicht einiger Studien gibt Tabelle 47. Im Median betrug die

Operationszeit 118 min und war damit geringer als bei vielen Studien mit vergleichbaren Patientengruppen [2,4]. In einer Studie mit Daten der Klinik für Urologie in Bochum betrug die Operationszeit knapp 170 min [9]. Auch die Ischämiezeit mit im Median 13 min ist im Vergleich zu vielen andere Studien deutlich kürzer, denn Peyronnet et al. kamen bspw. auf 18,6 Minuten [2,4,54]. Der Anteil an off-clamp-Resektionen, also ohne jegliche warme Ischämiezeit, betrug hier 19,2 %, was mit den Daten von Peyronnet et al. (20,1 %) vergleichbar ist. [54].

Eröffnungen von Pleura und NBKS sowie die Notwendigkeit der Einlage einer Wunddrainage wurden in der vorliegenden Arbeit ebenfalls untersucht. Bei fast alle Patienten wurde am Ende der offenen NTR eine Wunddrainage eingelegt und etwa bei der Hälfte wurde das NBKS eröffnet. Eine Arbeit von Boy et al. zeigte eine ähnlich hohe Rate der Eröffnungen des NBKS innerhalb der offenen Kohorte mit 46,3 % [9].

Als postoperative Ergebnisse wurden hier insbesondere Komplikationen nach der Clavien-Dindo-Klassifikation, die Dauer des stationären Aufenthalts und die Anzahl der perioperativen Bluttransfusionen untersucht. Bei der Clavien-Dindo-Klassifikation lässt sich durch eine grobe Einteilung in Minor Komplikationen (1-2 Punkte) und Major Komplikationen (3-5 Punkte) ein genauerer Vergleich zu anderen Arbeiten herstellen. Ungeachtet der Schwere der Komplikationen traten bei 35,1 % der Patienten Komplikationen auf, was geringfügig höher als in vergleichbaren Studien ist. So wurden in einer Arbeit von Peyronnet et al. bei 28,6 % der Patienten Komplikationen beschrieben, bei Tachibana et al. sogar nur bei 20,7 % der Patienten nach offenen NTR [54,59]. Andererseits ergab eine Arbeit von Boy et al. eine Gesamtkomplikationsrate von 43,1 % [9]. Vergleicht man die Raten dieser Arbeit in Höhe von 23 % Minor Komplikationen und 12,1 % Major Komplikationen mit denen der Literatur, sind bei den Minor Komplikationen vergleichbare Zahlen zu finden [2,9,64,65]. Bei den Major Komplikationen gab es hingegen deutlich größere Schwankungen (Wang et al. 4,7 % vs. Abedali et al. 20,3 %) [2,65]. Weitere Studienergebnisse zeigt Tabelle 47.

Von zentraler Bedeutung, sowohl für Kliniken als auch für die betroffenen Patienten, ist zudem die stationäre Aufenthaltsdauer. Diese betrug bei den offenen NTR im vorliegenden Kollektiv im Median zehn Tage. Dies spiegelt sich auch in anderen Arbeiten wider [1,54,65]. Einige Arbeiten ergaben allerdings deutlich kürzere stationäre Aufenthalte. So berichten Tachibana et al. von einer durchschnittlichen stationären Aufenthaltsdauer von 6,3 Tagen [59]. Und auch in einer Arbeit von Banapour et al. wurden die Patienten bereits nach fünf Tagen entlassen [4]. Hierbei ist zu beachten, dass die Patientenverweildauer ein Parameter ist, der auch maßgeblich von ökonomischen Faktoren beeinflusst wird. Alle anderen hier aufgeführten Arbeiten wurden in anderen Ländern mit teils stark divergierenden Gesundheitssystemen erhoben, weswegen dieser Parameter nur bedingt vergleichbar ist.

Tabelle 47. Übersicht Outcome der offenen NTR in der Literatur [1,4,9,54,59,64,65]

	<b>Homburger Kollektiv</b>	Peyronet et al. (2016)	Banapour et al. (2018)	Wang et al. (2017)	Boy et al. (2018)	Abdelhafez et al. (2017)	Vittori et. Al. (2013)	Tachibana et al. (2020)
Zeitraum	<b>2007-2018</b>	2006-2014	2007-2014	2007-2014	2006-2016	2005-2012	2010-2011	2004-2018
Fallzahl	<b>313</b>	863	176	190	123	170	198	659588
PADUA Score	<b>9,7</b>	-	-	-	8,59	7,7	7,0	-
Blutverlust [ml]	<b>300,0</b>	395,5	300,0	240,8	-	370,0	230,0	168,0
OP-Zeit [min]	<b>118,0</b>	146,6	244,0	148,5	169,4	160,2	123,0	199,0
Komplikationen:								
Overall [%]	<b>35,1</b>	28,6	-	28,9	43,1	32,9	21,2	20,7
Minor [%]	<b>23,0</b>	17,6	-	24,2	26,0	-	12,1	15,0
Major [%]	<b>12,1</b>	11,0	-	4,7	17,1	-	9,1	5,9
Verweildauer [d]	<b>10,0</b>	10,1	5,0	9,2	13,9	8,6	7,0	6,3

## 5.2 Offene vs. robotische Nierenteilresektion

Im nächsten Schritt wurden in der vorliegenden Arbeit die Ergebnisse der offenen NTR mit denen der robotischen Operationen verglichen. Ganz grundlegend erfolgte zunächst eine Gegenüberstellung der Gesamtkollektive, um etwaige Unterschiede bei den operativen Ergebnissen vor dem Hintergrund inhärenter Gruppenunterschiede interpretieren zu können. Es bestanden keine signifikanten Abweichungen in den Punkten Alter zum Operationszeitpunkt, Geschlecht, BMI und dem ASA-Score, wie auch in anderen Studien [2,64,65].

Demgegenüber lagen signifikante Unterschiede bei den abdominellen und renalen Voroperationen vor. Die Patienten des offenen Kollektivs wurden signifikant häufiger abdominell voroperiert. Eine mögliche Ursache könnte sein, dass durch bestehende Verwachsungen Operateure mit einem komplizierteren Eingriff rechneten und daher von vornherein offen operierten. Die Literatur zeigt hier abweichende Ergebnisse. So befanden sich zum einen weniger Patienten mit abdomineller Voroperation in der offenen Gruppe und zum anderen ergaben sich zumeist keine großen Differenzen in der Literatur zwischen den beiden Kohorten. In einer Arbeit von Han et al. wurden in der Gruppe der offenen NTR weniger Patienten mit abdominellen Voroperationen operiert (offen 9,3 % vs. robotisch 10,9 %) [29]. Auch die Zahlen an abdominell voroperierten Patienten von Patton et al. ergaben deutlich geringere Abweichungen zwischen beiden Kohorten (offen 38,9 % vs. robotisch 43,3 %) [53]. Laut Petros et al. müssen abdominelle Voroperationen bei einer robotisch-assistierten NTR nicht zwingend mit einer Zunahme von Komplikationen verbunden sein. Es sind allerdings Zunahmen der Ischämiezeit und des

Blutverlustes möglich. [36] Diese Ergebnisse stimmen mit denen der vorliegenden Studie teilweise überein. So zeigte sich bei abdominell voroperierten Patienten ein vermehrtes Auftreten an Gesamt- und Minor-Komplikationen in der Regressionsanalyse. Da der Anteil abdominell voroperierter Patienten im robotischen Kollektiv zunahm, könnte dies auch auf eine zunehmende Erfahrung der Operateure hindeuten: wahrscheinlich fühlten sie sich auch bei potenziell komplizierten Eingriffen sicherer, weswegen sich die Operateure nun zutrauten, vermehrt voroperierte Patienten robotisch zu operieren.

Große Unterschiede zeigten sich zusätzlich hinsichtlich der **Tumorkomplexität**, da der PADUA-Score in der offenen Gruppe um zwei Punkte signifikant höher war. Nahezu doppelt so viele Patienten befanden sich bei der offenen NTR in der High-risk-Gruppe. Dies bedeutet, dass in der Gruppe der offenen NTR deutlich komplexere Tumore operiert wurden und somit auch dieser Faktor bei dem Vergleich der intra- und postoperativen Parameter berücksichtigt werden muss. Viele Studien haben aus diesem Grund – so wie auch hier – Matched-pair-Analysen durchgeführt, um diesen Faktor möglichst zu minimieren und das Operationsverfahren weitgehend ohne Störvariablen zu bewerten [2,65]. In einer Arbeit von Luciani et al. fanden sich insbesondere in der offenen Kohorte, aber auch zu einem geringeren Maß in der robotischen Gruppe, große Abweichungen hinsichtlich der Komplexität der Tumore. Anhand des PADUA-Scores ließ sich auf deutlich weniger komplexe Tumore in beiden Kohorten schließen (High-risk-Gruppe: offen 15,1 % vs. 60,9 %, robotisch 13,6 % vs. 33,7 %,  $p < 0,58$ ). Außerdem wich die Komplexität der Tumore zwischen den Kollektiven nicht so stark voneinander ab. [42] Demnach lässt sich feststellen, dass die hier vorliegenden Kollektive der offenen vs. robotischen NTR signifikante Unterschiede hinsichtlich der renalen und abdominellen Voroperationen sowie des PADUA-Scores aufwiesen.

In der robotischen Kohorte lagen mit 27,4 % signifikant häufiger **benigne Tumore** im Vergleich zur offenen Kohorte mit 17,2 % vor. Dies ist eine Beobachtung, die sich in der Literatur sehr widersprüchlich zeigte. In einer Arbeit von Luciani et al. befanden sich in der offenen Kohorte deutlich häufiger Patienten mit einem benignen Tumor (offen 31,5 % vs. robotisch 10 %) [42]. Demgegenüber war bei Boy et al. deren Häufigkeit in beiden Gruppen recht ähnlich (offen 23,6 % vs. minimal- invasiv 25,3 %) [9] Möglicherweise lässt sich der Unterschied in den vorliegenden Daten an der Differenz in der Tumorgröße erklären, weil größere Nierentumoren prinzipiell eine höhere Wahrscheinlichkeit haben, maligne zu sein (s.o.). Ganz unabhängig davon verdeutlicht die hohe Rate an benignen Tumoren die Notwendigkeit, vermehrt Nierenbiopsien durchzuführen, um potenziell nicht notwendige Eingriffe zu vermeiden.

Hinsichtlich der **pT-Stadien** ergaben sich ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen beiden Kohorten. In beiden Gruppen waren die Tumore zumeist im Stadium pT1 (offene 69 % vs. robotisch 65,4 %), aber der Anteil an Tumoren  $\geq$  pT2 war in der offenen Gruppe deutlich höher (offene 11,5 % vs. robotisch 7,2 %). Auch in anderen Arbeiten konnten mehr Patienten der offenen Kohorte Stadien größer pT1 zugeordnet werden, allerdings ohne signifikante Unterschiede [23,42].



Mittels multipler Regression wurden Zusammenhänge zwischen einem positiven **R-Status** und verschiedenen Einflussfaktoren untersucht. Besonders wichtig ist hier, dass keine statistisch signifikante Assoziation vom Operationsverfahren zum R-Status vorlag, was dafürspricht, dass die robotische Operationstechnik der offenen hinsichtlich des onkologischen Outcomes zumindest gleichwertig ist. Auch in der Matched-pair-Analyse als auch im Gesamtvergleich lag hier kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen beiden Kohorten vor. Die R1-Raten lagen in vergleichbaren Studien in einem ähnlichen Bereich, teilweise noch um einige Prozentpunkte höher [9,64]. An dieser Stelle ist auf die aktuellen S3-Leitlinien (2021) hinzuweisen, die bei einer R1-Resektion keine Nachresektion, sondern eine systemische Überwachung des Patienten bei einem erhöhtem Risiko für ein Lokalrezidiv empfehlen [38]. Eine verminderte tumorspezifische Überlebensdauer konnte zum aktuellen Zeitpunkt bei makroskopisch tumorfreiem Resektionsrand nicht nachgewiesen werden [38].

Bezüglich der operativen Ergebnisse kam es in der offenen Gruppe zu einem um 100 ml höheren, statistisch signifikanten **Blutverlust** im Gesamtvergleich. Dieses Ergebnis bestätigte sich allerdings nicht in der Matched-pair-Analyse. Ganz unabhängig davon kann ein Unterschied von 100 ml Blutverlust aus klinischer Sicht sicherlich vernachlässigt werden, zumal sich auch die Rate an Bluttransfusionen nicht unterschied. Passend dazu wurde der Blutverlust in der multiplen Regressionsanalyse nicht vom OP-Verfahren beeinflusst, sondern vom Alter des Patienten und dem PADUA-Score, welcher sich zwischen den Kohorten signifikant unterschied. Die aktuelle Literatur zeigt übereinstimmende Daten [2,23,47,62,68]. Besonders hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang die Arbeit von Tsai et al., die zeigte, dass die Überlegenheit des robotischen Vorgehens bezüglich des Blutverlustes bei zunehmender Komplexität von Nierentumoren abgeschwächt wird [62]. Passend dazu wurden Bluttransfusionen in der offenen Kohorte nicht signifikant häufiger gegeben. In einer Studie von Hamilton et al. waren die Transfusionsraten hingegen mit 6,6 % bei dem offenen und 5,5 % bei den robotischen NTR fast vergleichbar [28]. Demgegenüber belegen andere Arbeiten einen signifikanten Vorteil des robotischen Operationsverfahrens mit signifikant selteneren Transfusionen [2,62]. Auch der Hämoglobin-Wert wurde hier untersucht, wobei die Unterschiede insbesondere für Patienten mit einem ohnehin niedrigen Hämoglobin-Wert oder mit Vorerkrankungen, die für eine Anämie prädestinieren, häufiger von Bedeutung sind. Insgesamt sank der Hämoglobin-Wert in der Gruppe der offenen NTR signifikant stärker innerhalb der ersten drei postoperativen Tage (offen -3,6 g/dl vs. robotisch -2,75 g/dl,  $p < 0,001$ ). Dies könnte sich auf den höheren Blutverlust in der offenen Kohorte der robotischen NTR zurückführen lassen. Dieses Ergebnis hängt aber nur bedingt mit dem Operationsverfahren zusammen und ist mehr durch die Faktoren PADUA-Score und ASA-Score sowie zum Teil durch das Alter, den BMI und abdominelle Voroperationen beeinflusst. Ein Blick auf das Propensity-Score-Matching lässt eine minimal geringere Abnahme des Hämoglobin-Wertes im robotischen Kollektiv (-2,9,  $p = 0,041$ ) erkennen, während der Hämoglobin-Wert im offenen Kollektiv im Median identisch blieb. Ähnliche Ergebnisse bestanden in einer Arbeit von Luciani et al. mit einer postoperativen Abnahme der

Hämoglobin-Werte, wobei sich die Ergebnisse in beiden Kohorten in einem vergleichbaren Bereich zeigten (offen -3,1 g/dl vs. robotisch -3 g/dl) [42].

Durch das Operationsverfahren beeinflusst wurde dagegen die **Operationszeit**. In der Matched-pair Analyse betrug der Unterschied fast 45 Minuten zugunsten der offenen Operation. Diese war auch im Gesamtvergleich bei dem offenen Vorgehen signifikant kürzer und stellt somit einen Nachteil der robotischen NTR dar. Durchaus zu beachten ist, dass in dieser Analyse die allerersten robotischen Nierenteilresektionen an der Klinik eingeschlossen sind, die einem Lernkurveneffekt unterlagen. Allerdings bestand auch bei der Subgruppenanalyse nach Zeiträumen im späteren Intervall von 2013-2018 weiterhin ein signifikanter Unterschied. Die logistische Regression stützt die Annahme, dass die Wahl des Operationsverfahren Einfluss auf die Dauer des Eingriffs nimmt. Ein weiterer Einflussfaktor auf die Operationszeit ist aber auch der BMI des Patienten, da so schon der Zugang und auch das weitere operative Vorgehen oftmals erschwert und somit mehr Zeit benötigt wird, was sich andernorts bestätigt [2,42,62,68]. Lediglich in einer Studie von Banapour et al. wichen die Ergebnisse, insbesondere in der offenen Kohorte, erheblich ab. Dort lag die Operationszeit der offenen Kohorte mit 244 min deutlich über den Ergebnissen an der Universität des Saarlandes mit 118 min.

Die Anzahl der Patienten, bei denen der Tumor in **wärmer Ischämie** exzidiert wurde, war sowohl im Gesamtvergleich als auch in der Matched-pair-Analyse, zwischen beiden Gruppen nicht signifikant verschieden. Demgegenüber war die Ischämiezeit bei dem robotischen Kollektiv insgesamt um zwei Minuten signifikant länger, was sich auch in der Matched-pair-Analyse bestätigte. In der multiplen Regressionsanalyse bestätigt sich dieser Einfluss des Operationsverfahrens auf die Ischämiezeit. Andere Arbeiten zeigen hingegen keine signifikanten Unterschiede der Ischämiezeit zwischen den Kollektiven [28,62,68]. Dabei muss eingeräumt werden, dass sich die Ischämiezeit im Laufe der Zeit bei den Operationsverfahren veränderte. Während die Differenz der Ischämiezeit zwischen beiden Kohorten von 2008-2012 noch sechs Minuten betrug (statistisch signifikant), glich sie sich im zweiten Zeitintervall (2013-2018) auf dreizehn Minuten in beiden Gruppen an. Diese Veränderung kann erneut durch einen Lernkurveneffekt, der im Jahr 2007 an der Klinik für Urologie eingeführten robotischen Operationstechnik, erklärt werden. In der Matched-pair Analyse bestand im robotischen Kollektiv wieder eine im Median um zwei Minuten längere Ischämiezeit. Hierbei ist zu beachten, dass in der Matched-pair-Analyse der gesamte Zeitraum eingeschlossen wurde. Somit wurden auch die Eingriffe während der Einführungsphase des robotischen Operationsverfahrens mit einbezogen. Erstaunlicherweise demonstrieren Peyronnet et al. in ihrer multizentrischen Studie eine *längere* warme Ischämiezeit im offenen Kollektiv (offen 18,6 min vs. robotisch 15,7 min,  $p < 0,001$ ) [54]. Dies könnte vermutlich daran liegen, dass hier weitere Einflussfaktoren wirksam wurden, wie z.B. der PADUA-Score.

Zudem können die **laborchemischen Veränderungen in der Nierenfunktion** auf Vor- und Nachteile der offenen vs. Roboter-assistierten Operationstechnik hinweisen. Zunächst ist von Bedeutung, dass es zwar kurzfristig zu signifikanten Unterschieden der Nierenfunktion nach der Operation bei beiden

Operationsverfahren kam, aber im Follow-up keine signifikanten Unterschiede mehr bestanden. Eine Studie von Abedali et al. zeigte, dass es einen Monat postoperativ keine signifikante Abnahme des GFR-Werts mehr gab (offen -12,9 ml/min vs. robotisch -6,6 ml/min,  $p=0,13$ ) [2]. Insbesondere bei dem Kreatinin-Wert ging es um so geringfügige mediane Veränderungen, dass es klinisch nur in Einzelfällen von Relevanz ist, obwohl die Statistik diese als signifikant unterschiedlich bewertete. So nahm der Kreatinin-Wert im Median um 0,1 mg/dl im offenen und 0,06 mg/dl im robotischen Kollektiv vom präoperativen Zeitpunkt zum Zeitpunkt drei Tagen postoperativ zu. Mit einer kurzfristigen Abnahme der GFR war in beiden Kollektiven prinzipiell auch zu rechnen. Banapour et al. veröffentlichten Ergebnisse in einem ähnlichen Bereich, wobei die GFR-Abnahme nach 30 Tagen in der robotischen Kohorte etwas geringer war (offen -7 mg/dl vs. robotisch -4,6 mg/dl).

Erhebliche Unterschiede zwischen den Gruppen bestanden in **der intraoperativen Eröffnung des Nierenbeckens**, denn dieses wurde mehr als zehnmals so häufig beim offenen Vorgehen eröffnet. Dies zeigten auch die Ergebnisse der Matched-pair-Analyse. In einer Studie von Boy et al. lagen die Zahlen der Eröffnungen des NBKS bei offenen NTR zwar in einem ähnlichen Bereich, allerdings waren die Zahlen im minimal-invasivem Kollektiv deutlich höher (offen 46,3 % vs. minimal-invasiv 31,6 %,  $p<0,05$ ). Hier ist zu beachten, dass in dieser Arbeit auch laparoskopische Eingriffe eingeschlossen wurden [9]. Weitere abweichende Ergebnisse bestanden bei Abedali et al. mit höheren Eröffnungsraten des NBKS in der Kohorte der robotischen NTR (offen 69,2 % vs. robotisch 78,4 %,  $p=0,2$ ) [2].

Die Häufigkeit intraoperativ eingelegter **Wunddrainagen** unterschied sich ebenfalls zwischen offener und robotischer Kohorte und erfolgte in der offenen Gruppe nahezu immer, auch in der Propensity-Score Matching Analyse. In vergleichbaren Studien ist die Rate an Drainageeinlagen nach offener OP meist ähnlich, aber nach robotischer meist deutlich höher. Abedali et al. konnten innerhalb der offenen Kohorte eine ähnliche Anzahl an Drainageeinlagen ermitteln, während auch hier in der Gruppe der robotischen NTR ähnliche hohe Zahlen an Drainagen eingelegt wurden (offen 90,9 % vs. robotisch 89,15 %,  $p=0,72$ ) [2]. In einer weiteren Studie von Boylu et al. wurde die Liegedauer der Drainage nach der Operation bestimmt und zudem auch nach allen robotischen NTR eine Drainage eingelegt. Hier bestand in der Gruppe der offenen NTR eine statistisch signifikant längere Einlagedauer (offen 3,85 Tage vs. robotisch 3,13 Tage,  $p=0,05$ ) [10]. Hierbei ist einzuräumen, dass die Evidenzlage, dass eine Drainageeinlage klare Vorteile mit sich bringt, gering ist und häufig nach „Haus-“ oder „Klinikstandard“ erfolgt. Außerdem besteht häufig die Annahme der Operateure, dass eine Nachblutung oder urinöse Fistel durch eine Drainage schneller erkannt werden kann. Allerdings kann durch eine Drainage das Wohlbefinden des Patienten gemindert werden oder auch eine sekundäre, potentiell vermeidbare Infektion entstehen [52]. Passend dazu belegten Peyronnet et al., dass nach robotischer NTR das Risiko einer postoperativen Komplikation durch die Einlage einer Drainage nicht gemindert wird und schlussfolgerte, man könne darauf verzichten [55]. Eine weitere Studie von Godoy et al. verwies analog darauf, dass eine Drainageeinlage nicht routinemäßig erfolgen sollte, sondern individuell bei den Eingriffen überlegt werden sollte [26].

Von besonderer Bedeutung sind bei den operativen Ergebnissen die **Komplikationsraten**, welche anhand der Clavien-Dindo-Klassifikation graduiert wurden. Die Gesamtkomplikationsraten, aber auch die Major Komplikationen, waren im Homburger Kollektiv nach offener NTR im Vergleich zur robotischen OP signifikant höher. Passend dazu war auch der Zusammenhang zwischen Komplikationen und Operationsverfahren in der multiplen Regression statistisch signifikant. Auch nach Propensity-Score Matching blieben die Unterschiede hinsichtlich der Komplikationsraten bestehen. Dieser Vorteil der robotischen Operationstechnik ist von erheblicher Bedeutung. Ursächlich für die geringere Komplikationsrate bei der robotischen Operationstechnik könnte sein, dass durch das minimal-invasive Vorgehen die Verletzungen, um etwa zu dem Operationsgebiet zu gelangen, kleiner sind und dadurch postoperative Schmerzen im Wund- und Operationsbereich verhindert oder zumindest verkleinert werden können. Diese können wiederum in einer Art Kaskade weitere schwerere Komplikationen auslösen. Auch die aktuellen Leitlinien weisen auf die Überlegenheit bezüglich der Komplikationen beim robotisch-assistierten Vorgehen hin [38], da diese Ergebnisse umfangreich in der Literatur belegt wurden [54,62,65,68]. Gerade die Major Komplikationen sind von extremer Bedeutung für den Patienten. Hier beschreiben auch Vittori et al. nach der offenen NTR bei 9,1 % der Patienten einen Komplikationsgrad 3-4 und nach der robotischen NTR bei nur 1 % ( $p=0,001$ ) [64]. Einige Studien berichten jedoch von vergleichbaren Komplikationsraten, wie die von Boylu et al. [10]. Dies könnte daran liegen, dass andere Faktoren Einfluss auf die Komplikationsrate genommen haben, denn diese wurde hier zusätzlich durch das Patientenalter, Geschlecht und Vorhandensein abdomineller Voroperationen beeinflusst.

Hinsichtlich der zeitlichen Entwicklung der Raten an Gesamtkomplikationen zeigten sich gegenläufige Tendenzen. Während es unter den offenen NTR zu einer Zunahme der Gesamtkomplikationen kam, nahmen diese in der robotischen Kohorte tendenziell ab – a.e. erneut infolge des inhärenten Lerneffekts. Die Zunahme der Komplikationsrate nach offenen NTR könnte demgegenüber dadurch bedingt sein, dass für dieses Operationsverfahren im Verlauf nur noch Patienten ausgewählt wurden, bei denen von komplizierten Eingriffen ausgegangen wurde, was sich anhand der zunehmenden Tumorgröße im zeitlichen Verlauf zeigt.

Sowohl aus Sicht von Patienten als auch von Krankenhausbetreibern sind kurze **Verweildauern** von großem Interesse. In der vorliegenden Studie bestand ein signifikanter Vorteil des robotischen Kollektivs mit einem vier Tage kürzeren stationären Aufenthalt nach der NTR. Dieses Finding wurde sowohl im Propensity-Score-Matching als auch in der linearen Regressionsanalyse bestätigt. Daneben hatten auch PADUA-Score, Alter des Patienten und der ASA-Score davon unabhängigen, statistisch signifikanten Einfluss. In der Literatur sind teilweise abweichende Aufenthaltsdauern zu finden, allerdings mit der deutlichen Tendenz, dass Patienten nach robotischen NTR früher entlassen werden [2,28,62]. Wie schon oben aufgeführt, können unterschiedliche Gesundheitssysteme mit divergierenden Vergütungen die Patientenverweildauer stark beeinflussen. So zeigte eine Studie von Banapour et al. mit drei Tagen stationärem Aufenthalt im robotischen Kollektiv und fünf Tagen stationärem Aufenthalt

im offenen Kollektiv insgesamt deutlich kürzere Krankenhausaufenthalte [4]. Auch bei Vittori et al. wurden die Patienten nach offenen NTR bereits nach sieben Tagen aus dem Krankenhaus entlassen. Allerdings ist dieses Ergebnis nicht alleinstehend zu bewerten, da die Patienten einen um 2,7 Punkte niedrigeren PADUA-Score aufwiesen, was für deutlich weniger komplexe Tumore und somit auch komplikationslosere Operationen spricht. [64] Andererseits wurden die Patienten beispielsweise in einer Studie von Boy et al. erst nach 13,9 Tagen nach offenen NTR und nach 9,7 Tagen nach robotischer NTR entlassen [9]. Aber auch diese Studie zeigt die Überlegenheit der robotischen Operationstechnik in Bezug auf die Krankenhausaufenthaltsdauer.

### **5.3 Vor- und Nachteile der offenen Nierenteilresektion**

Die offene NTR galt lange als Goldstandard in der Therapie des NZK, findet seit Einführung der minimal-invasiven Operationstechniken aber immer weniger Anwendung im klinischen Alltag [3]. Insbesondere die robotische Operationstechnik hat schnell an Popularität gewonnen und gilt in der aktuellen Leitlinie neuerdings als Goldstandard mit geringeren Komplikationsraten und kürzeren Krankenhausaufenthalten bei nicht unterlegenen Ergebnissen hinsichtlich des funktionellen und onkologischen Outcomes [38]. Dementsprechend muss hinterfragt werden, in welchen Fällen ein offenes Vorgehen noch zeitgemäß ist und ob das robotische Vorgehen dieses nicht vollständig ablösen könnte.

In dieser Analyse lassen sich diverse Vor-, aber auch Nachteile der offenen Nierenteilresektion vor dem Hintergrund weiterer veröffentlichter Studien ableiten (vgl. Tab. 48). Die Bedeutung der einzelnen Vor- und Nachteile lassen sich jedoch nur schwer gegeneinander aufwiegen, da die Gewichtung der einzelnen Parameter kaum objektiv darzustellen ist. Somit sollte immer hinterfragt werden, ob ein objektiv, statistisch signifikanter Vorteil auch klinisch von größerer Bedeutung ist. Beispielsweise kam es im Gesamtvergleich zu einem statistisch signifikant größeren Blutverlust im offenen Kollektiv, allerdings handelte es sich hierbei um lediglich 100 ml, was aus klinischer Sicht im Normalfall zu vernachlässigen ist. Auch die Einschätzung, wie groß der Nachteil einer längeren Operationszeit oder eines längeren stationären Aufenthalts für den einzelnen Patienten wirklich ist, geht nicht vollständig aus den Daten hervor. Zum einen wird jeder, der die Daten bewertet, diese unterschiedlich bewerten. Zum anderen würden aber auch die Patienten den einzelnen Parametern unterschiedliche Prioritäten zuschreiben. Außerdem sollten Unterschiede, wie beispielsweise die Häufigkeit einer Drainageeinlage im Allgemeinen kritisch hinterfragt werden (vgl. Kap. 5.2).

Ein zentraler Aspekt der vorliegenden Arbeit sind die Komplikationsraten nach Clavien-Dindo. Diese waren sowohl hinsichtlich der Gesamt-, als auch Major Komplikationen signifikant geringer im robotischen Kollektiv. Dies ist ein Aspekt des postoperativen Outcomes, der sowohl den Patienten direkt, aber auch das Gesundheitssystem beeinflusst. Zum einen sind Komplikationen für den Patienten

häufig mit Schmerzen und längeren stationären Aufenthalten verknüpft und zum anderen wird das Gesundheitssystem vermehrt belastet.

Tabelle 48. Übersicht über Vor- und Nachteile des offenen Vorgehens bei offenen Nierenteilresektionen

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kürzere Ischämiezeit</li> <li>• Kürzere Operationsdauer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pleura häufiger eröffnet</li> <li>• NBKS häufiger eröffnet</li> <li>• Häufiger Einlage einer Wunddrainage nötig</li> <li>• Häufiger postoperative Komplikationen (Gesamtkomplikationen und Major Komplikationen)</li> <li>• Längerer stationärer Aufenthalt</li> </ul>

Schlussendlich ist es nicht möglich, für jeden Patienten das überlegene Verfahren zu bestimmen. So gibt es auch weiterhin Fälle, in denen ein offenes Vorgehen durchaus sinnvoll ist, beispielsweise bei hoch komplexen Tumoren, oder bei unerfahrenen robotischen Operateuren. Diese Entscheidung sollte immer individuell von dem Patienten und dem behandelnden Arzt getroffen werden.

#### 5.4 Limitationen der Studie

Die hier vorliegende Studie stellt eine unizentrische Analyse dar, was sowohl Vor- als auch Nachteile mit sich bringt. In multizentrischen Settings werden zentrumsspezifische Unterschiede ausgeglichen, bspw. hinsichtlich der Verfügbarkeit diagnostischer und operativer Mittel, oder demographischer Unterschiede der Patientenversorgung in Regionen bzw. Ländern. Schwierig ist es zudem, die personellen Unterschiede abseits der harten Faktoren, wie etwa dem Personalschlüssel, zu berücksichtigen. So können Aspekte wie die Erfahrung des Operateurs oder das individuelle operative Geschick nur sehr schwer in Zahlen bemessen werden und sind somit nicht leicht zu objektivieren und zu vergleichen. Dieser Einfluss könnte durch die Daten verschiedener Kliniken im Rahmen einer multizentrischen Studie abgeschwächt werden.

Auch persönliche Gewichtungen bei der Wahl des Operationsverfahrens sind nur schwer in Scores abzubilden. So könnte es sein, dass ein Operateur mit langjähriger Erfahrung im Bereich der offenen Operationstechnik diese weiterhin favorisiert. Wobei außerdem unklar ist, ob bei einem Operateur mit jahrzehntelanger Erfahrung in dem Bereich des offenen operativen Vorgehens auch die Vorteile des robotischen Vorgehens überwiegen. Dies gilt insbesondere für die Lernphase der robotischen Operationstechnik.

Ein weiterer Aspekt, der in der vorliegenden Arbeit nicht überprüft wurde, sind die klinikinternen Standards. Hier könnten auch Abweichungen zu anderen Studien erklärt werden. Klinikinterne Standards könnten zu verschiedenen Ergebnissen, durch Unterschiede in operativen und stationären Abläufen, führen. Beispielsweise wurde in der vorliegenden Arbeit nicht erfasst, bei Vorliegen welcher Kriterien ein Patient entlassen werden kann. So könnte es sein, dass an anderen Kliniken andere Voraussetzungen für eine Entlassung erfüllt werden müssen und sich unter anderem auch dadurch die abweichenden stationären Aufenthaltsdauern erklären lassen.

Eine Stärke der vorliegenden Arbeit ist, dass diese einen vergleichsweise langen Zeitraum von zwölf Jahren erfasst. Beispielsweise umfasste eine Studie von Wang et al. einen kürzeren Zeitraum von acht Jahren [65]. Außerdem konnten für eine unizentrische Studie große Fallzahlen eingeschlossen werden. In einer Studie von Vittori et al. wurden insgesamt nur 303 Patienten eingeschlossen und in einer Arbeit von Abedali et al. konnten nur 222 Patienten berücksichtigt werden, während es in der vorliegenden Arbeit 813 Patienten sind [2,64]. Bei großen Fallzahlen handelte es sich wie etwa in einer Arbeit von Peyronnet et al. häufig um Patientendaten aus verschiedenen Zentren [54].

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Studie ist, dass der Erhebungszeitraum genau auf den Beginn der Einführung der robotischen NTR an dem Universitätsklinikum des Saarlandes fällt. Somit kann der Prozess der Etablierung eines neuen Operationsverfahren und dessen Auswirkungen auf den bisherigen Goldstandard beurteilt werden. Insbesondere durch die Erhebung der Unterschiede in den beiden Zeitintervallen (2007-2012 vs. 2013-2018) konnten Entwicklungen insbesondere während der Einführungsphase gezeigt werden.

Außerdem wurden die Daten von nur einer Person erhoben. Dies führt insbesondere bei Daten wie dem PADUA-Score zu einer hohen Vergleichbarkeit innerhalb der Kohorte der offenen NTR mit nur geringem interobserver-Bias. Die Daten der robotischen NTR wurden allerdings von einer anderen Person erhoben, wobei die Auswertungen in gegenseitiger Absprache erfolgten, was auch hier zu einer guten Vergleichbarkeit der Daten innerhalb der Studie führt.

### **5.5 Schlussfolgerungen und Ausblick**

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass bei der Wahl des geeigneten Operationsverfahrens für eine NTR viele Faktoren aufeinandertreffen, die die individuelle Entscheidungsfindung beeinflussen. In dieser Arbeit lassen sich sowohl für die offene NTR als auch für die robotische NTR Vorteile feststellen, wobei das robotische dem offenen Vorgehen in vielen Aspekten überlegen ist. Vor dem Hintergrund der zeitlichen Veränderungen, insbesondere des Einflusses der operativen Erfahrung lässt sich schlussendlich keine definitive Empfehlung geben, in welcher Situation offen oder robotisch zu operieren ist. Es lässt sich konstatieren, dass es offensichtlich weiterhin Fälle gibt, die ein offenes Vorgehen notwendig machen. Daher ist es wichtig, dass in den Kliniken die Fähigkeiten und Möglichkeiten des offenen operativen Vorgehens weiterhin vorhanden sind und weitergegeben werden.

Bereits im November 2021 kam es daher aufgrund der veränderten Studienlage und zunehmenden Erfahrung mit robotischen Eingriffen zu einer Änderung der Empfehlung des Operationsverfahrens des Leitlinienprogramms Onkologie der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V. (AWMF), Deutschen Krebsgesellschaft e.V. (DKG) und Stiftung Deutsche Krebshilfe (DKH) mit der Deutschen Gesellschaft für Urologie (DGU) als federführende Fachgesellschaft. Diese empfehlen seitdem, dass das operative Vorgehen immer unter Berücksichtigung der Erfahrung des chirurgischen Teams gewählt werden sollte. Allerdings werden die Vorteile des robotischen Vorgehens mit einer geringeren Komplikationsrate und kürzeren Krankenhausaufenthalten beschrieben, wobei vergleichbare onkologische und funktionelle Ergebnisse erzielt werden können. [38]

Vor dem Hintergrund der zunehmenden operativen Erfahrung im Umgang mit Roboter-assistierten Operationssystemen sollte das offene Vorgehen bei der Nierenteilresektion heute in spezialisierten Zentren demnach nur noch komplexen Fällen vorbehalten bleiben. Dennoch muss kritisch hinterfragt werden, ob zukünftig nicht auch diese Fälle Roboter-assistiert durchgeführt werden können – und damit der offenen OP die Daseinsberechtigung genommen wird. Hierbei muss sicherlich eingeräumt werden, dass nicht jede urologische Klinik ein Robotersystem vorhält und aufgrund der immensen Kosten vorhalten kann. Am Beispiel Großbritanniens lässt sich die Frage aufwerfen, ob auch nicht in Deutschland eine vermehrte Zentrumsbildung angestrebt werden sollte, wo anspruchsvolle Eingriffe, wie die Nierenteilresektion, nur noch in wenigen spezialisierten Zentren angeboten wird.

Für ein noch besseres Verständnis könnten in Folgearbeiten klinikinterne Standards genauer untersucht und verglichen werden, vor dem Hintergrund der Fragestellung, welche Abläufe bzw. Prozesse noch bessere Ergebnisse ermöglichen können. So könnte die klinikübergreifende einheitliche Verwendung von Scores zu einer noch besseren Vergleichbarkeit führen. Auch die regionalen (Versorgungs-) Unterschiede innerhalb Deutschlands bezüglich der Verfügbarkeiten sollten genauer untersucht werden, um hier mögliche Unterschiede zukünftig ausgleichen zu können.



## 6 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ASA-Score	American Society of Anesthesiologists Classification
BMI	Body-Mass-Index
BSG	Blutsenkungsgeschwindigkeit
bzw.	beziehungsweise
CT	Computertomografie
d	Tage
FDA-Zulassung	Zulassung der Food and Drug Administration
GFR	Glomeruläre Filtrationsrate
IVP	Intravenöses Pyelogramm
k. A.	Keine Angabe
KDIGO	Kidney Disease – Improving Global Outcomes
KH-Aufenthalt	Krankenhausaufenthalt
KI	Konfidenzintervall
min	Minuten
ml	Milliliter
MRT	Magnetresonanztomografie
mTOR	Mammalian target of rapamycin-Kinase
n	Anzahl
NBKS	Nierenbeckenkelchsystem
n. d.	Nicht definiert
n. s.	Nicht signifikant
NTR	Nierenteilresektion
NX	Nephrektomie
NZK	Nierenzellkarzinom
o. g.	Oben genannt
OP	Operation
PADUA	Preoperative aspects and dimensions used for an anatomical (classification of renal tumors)
R0	Tumorfreier Resektionsrand
R1	Mikroskopischer Residualtumor
R2	Makroskopischer Residualtumor
Ref.	Referenz
sog.	Sogenannt
Tab.	Tabelle
TNM	Primärtumor, Lymphknotenbefall, Metastasen
UICC	International Union against Cancer
VEGF	Vascular endothelial growth factor

## Abkürzungsverzeichnis

---

vgl.	Vergleiche
vs.	Versus
%	Prozent

## 7 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

### 7.1 Abbildungen

Kapitel	Abbildung	Titel	Seite
3.3.3	1 und 2	Transversalschnitt (1) und Sagittalschnitt (2) im CT. Es zeigt sich der Befund einer 79-jährigen Patientin mit einem Nierentumor links, PADUA 13, da auf der longitudinalen Achse medial, vollständig endophytisch, medial gelegen, Bezug sowohl zum Sinus renalis auch als Nierenbecken und Tumorgroße von 4.1 bis 7cm (Patientenkollektiv des Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg)	21
4.1	3	Absolute Anzahl der offenen Nierenteilresektionen im zeitlichen Verlauf	23
4.1.1	4	Anteil [%] der renalen Voroperationen bezogen auf die jährliche Fallzahl, aufgetragen nach Jahren der offenen Nierenteilresektionen	25
4.1.2	5	PADUA-Score nach Risikogruppen des Kollektivs der offenen Nierenteilresektionen und dessen Punktverteilung, relative Häufigkeit bezieht sich auf das Gesamtkollektiv (n=313)	26
4.2.2	6	Anzahl [%] in den einzelnen Risikogruppen des PADUA-Scores in den einzelnen Jahren der Studie der offenen Nierenteilresektionen (2007 und 2018 fehlen, da diese Jahre nicht vollständig erfasst wurden)	32
4.3	7	Jährliche Fallzahl offener vs. robotischer Nierenteilresektionen im Vergleich	35
4.3.2	8	Gesamtkomplikationen offener und robotischer Nierenteilresektionen im zeitlichen Verlauf mit linearer Regressionsgerade	44

## 7.2 Tabellen

Kapitel	Tabelle	Titel	Seite
2.4	1	TNM-Klassifikation von Nierenzellkarzinomen	11
2.4	2	Stadiengruppierung UICC	11
2.5.2	3	Zusammenfassung der Vor- und Nachteile der verschiedenen Operationsmethoden	13
2.5.2.2	4	Vor- und Nachteile des offenen Vorgehens gegenüber einer robotisch-assistierten Nierenteilresektion	14
3.3.1	5	ASA-Score	19
3.3.2	6	Clavien-Dindo-Klassifikation	20
3.3.3	7	PADUA-Score	20/21
4	8	Gründe imperativer Indikationsstellung des Kollektivs offener Nierenteilresektion (n=45), relative Häufigkeit bezieht sich auf das Gesamtkollektiv (n=313)	23
4.1.1	9	ASA-Score des Kollektivs der offene Nierenteilresektionen	24
4.1.1	10	Anzahl abdomineller Voroperationen des Kollektivs der offenen Nierenteilresektionen (n=313)	24
4.1.1	11	Art der Nierenvoroperation des Kollektivs der offenen Nierenteilresektionen (n=50)	25
4.1.2	12	PADUA-Score nach Risikogruppen des Kollektivs der offenen Nierenteilresektionen und dessen Punktverteilung, relative Häufigkeit bezieht sich auf das Gesamtkollektiv (n=313)	26
4.1.3	13	Übersicht über histologische Entitäten nach 313 offenen Nierenteilresektionen, relative Häufigkeit bezieht sich auf das Gesamtkollektiv (n=313)	26/27
4.1.3	14	Einteilung der pT-Stadien nach der TNM-Klassifikation des Kollektivs der offenen Nierenteilresektionen (n=259)	27

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

4.1.3	15	Histologisches Ergebnis der Nierenvoroperation bei dem Kollektiv der offenen Nierenteilresektionen (n=50)	28
4.1.4	16	Operative Besonderheiten des Kollektivs der offenen Nierenteilresektionen	28
4.1.5	17	Einteilung der postoperativen Komplikationen des Kollektivs der offenen Nierenteilresektionen nach Clavien-Dindo (n=313)	29
4.1.5	18	Art der Minor Komplikationen bei dem Kollektiv der offenen Nierenteilresektionen (n=72), relative Häufigkeit bezieht sich auf das Gesamtkollektiv (n=313)	29
4.1.5	19	Art der Major Komplikationen des Kollektivs der offenen Nierenteilresektionen (n=38), relative Häufigkeit bezieht sich auf das Gesamtkollektiv (n=313)	30
4.1.6	20	Hämoglobin-Werte des Kollektivs der offenen Nierenteilresektionen	30
4.1.6	21	Kreatinin- und GFR-Werte des Kollektivs der offenen Nierenteilresektionen	31
4.2.1	22	Patientencharakteristika der offenen Nierenteilresektionen im zeitlichen Verlauf	31
4.2.2	23	Tumorcharakteristika der offenen Nierenteilresektionen im zeitlichen Vergleich	32
4.2.3	24	Zeitlicher Vergleich der histologischen Daten der offenen Nierenteilresektionen	33
4.2.4	25	Zeitlicher Vergleich der intraoperativen Daten der offenen Nierenteilresektionen	33/34
4.2.5	26	Zeitlicher Vergleich der postoperativen Daten der offenen Nierenteilresektionen	34
4.3.1	27	Vergleich der Patientencharakteristika der offenen und robotischen Nierenteilresektionen	35/36

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

4.3.1	28	Vergleich der Tumorcharakteristika zwischen offenen und robotischen Nierenteilresektionen	36
4.3.1	29	Vergleich der intraoperativen Parameter zwischen offenen und robotischen Nierenteilresektionen	37
4.3.1	30	Vergleich der histologischen Parameter der offenen und robotischen Nierenteilresektionen	37/38
4.3.1	31	Vergleich der postoperativen Parameter der offenen und robotischen Nierenteilresektionen	38
4.3.1	32	Vergleich der Laborwerte der offenen und robotischen Nierenteilresektionen, angegeben jeweils als Median (Range)	39
4.3.2	33	Vergleich der Patientencharakteristika im zeitlichen Verlauf der offenen und robotischen Nierenteilresektionen	40/41
4.3.2	34	Vergleich der Tumorcharakteristika im zeitlichen Verlauf der offenen und robotischen Nierenteilresektionen	41
4.3.2	35	Vergleich der histologischen Daten der offenen und robotischen Nierenteilresektionen im zeitlichen Verlauf	41/42
4.3.2	36	Vergleich der intraoperativen Daten der offenen und robotischen Nierenteilresektionen im zeitlichen Verlauf	43
4.3.3	37	Logistische Regression der Operationszeit [min]	44
4.3.3	38	Logistische Regression des Blutverlustes [ml]	45
4.3.3	39	Logistische Regression der Gesamtkomplikationen	45
4.3.3	40	Logistische Regression der Minor Komplikationen	46
4.3.3	41	Logistische Regression der Major Komplikationen	46
4.3.3	42	Logistische Regression der Ischämiezeit [min]	47
4.3.3	43	Logistische Regression der Krankenhausverweildauer [d]	47

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

4.3.3	44	Uni- und multivariable Regression ausgewählter Parameter der offenen und robotischen Nierenteilresektionen (x=multipel signifikant, Leerzeichen=nicht signifikant)	48
4.3.4	45	Matched-pair Ergebnisse der intraoperativen Daten	48/49
4.3.4	46	Matched-pair Ergebnisse der postoperativen Daten	49/50
5.1	47	Übersicht Outcome der offenen NTR in der Literatur [1,4,9,54,59,64,65]	55
5.3	48	Übersicht über Vor- und Nachteile des offenen Vorgehens bei offenen Nierenteilresektionen	62

### 7.3 Tabellen Anhang

Kapitel	Tabelle	Titel	Seite
12	A	Matched-pair Ergebnisse Patientencharakteristika	81
12	B	Matched-pair Ergebnisse der Tumorcharakteristika	82
12	C	Matched-pair Ergebnisse der histologischen Daten	82

## 8 Literaturverzeichnis

1. ABDELHAFEZ M, BASTIAN A, RAUSCH S, STENZL A, BEDKE J, KRUCK S (2017) Laparoscopic versus Open Partial Nephrectomy: Comparison of Overall and Subgroup Outcomes. *Anticancer Res* 37:261–266
2. Abedali ZA, Monn MF, Huddleston P, Cleveland BE, Sulek J, Bahler CD, Foster RS, Koch MO, Mellon MJ, Kaimakliotis HZ, Cary C, Bihle R, Gardner TA, Masterson TA, Boris RS, Sundaram CP (2020) Robotic and open partial nephrectomy for intermediate and high complexity tumors: a matched-pairs comparison of surgical outcomes at a single institution. *Scand J Urol* 54:313–317
3. Ali S, Ahn T, Papa N, Perera M, Teloken P, Coughlin G, Wood ST, Roberts MJ (2020) Changing trends in surgical management of renal tumours from 2000 to 2016: a nationwide study of Medicare claims data. *ANZ J Surg* 90:48–52
4. Banapour P, Abdelsayed GA, Bider-Canfield Z, Elliott PA, Kilday PS, Chien GW (2018) Nephrometry score matched robotic vs. laparoscopic vs. open partial nephrectomy. *J Robot Surg* 12:679–685
5. Bertolotto M, Bucci S, Valentino M, Currò F, Sachs C, Cova MA (2018) Contrast-enhanced ultrasound for characterizing renal masses. *Eur J Radiol* 105:41–48
6. Bertz J, Dahm S, Haberland J, Kraywinkel K, Wolf U, Kurth B (2010) Prävalenz von Krebserkrankungen in Deutschland.
7. Bieber C (2018) *Duale Reihe Innere Medizin* 4. Auflage.
8. Bosniak MA (1986) The current radiological approach to renal cysts. *Radiology* 158:1–10
9. Boy A, Hein J, Bollow M, Lazica D, Roosen A, Ubrig B (2018) Minimally invasive vs. open partial nephrectomy: Perioperative success and complication rates. *Urol* 57:821–827
10. Boylu U, Basatac C, Yildirim U, Onol F, Gumus E (2015) Comparison of surgical, functional, and oncological outcomes of open and robot-assisted partial nephrectomy. *J Minim Access Surg* 11:72–77
11. Cacciamani GE, Gill T, Medina L, Ashrafi A, Winter M, Sotelo R, Artibani W, Gill IS (2018) Impact of Host Factors on Robotic Partial Nephrectomy Outcomes: Comprehensive Systematic Review and Meta-Analysis. *J Urol* 200:716–730
12. Capitanio U, Montorsi F (2016) Renal cancer. *Lancet* 387:894–906
13. Caspritz S, Christ M, Ernst A, Folkerts J, Hansmann J, Klein S, Kranzhöfer K, Kunz B, Manegold K, Penzkofer A, Treml K, Weg-Remers S, Wittenberg, Kerstin (Krebsinformationsdienst des Deutschen Krebsforschungszentrums K 3), Baras N, Barnes B,



- Bertz J, Buttmann-Schweiger N, Dahm S, Fiebig J, Franke M, Haberland J, Kraywinkel K, Wienecke A, Wolf U (RKI) (2015) Mundhöhle und Rachen.
14. Choi JE, You JH, Kim DK, Rha KH, Lee SH (2015) Comparison of perioperative outcomes between robotic and laparoscopic partial nephrectomy: A systematic review and meta-analysis. *Eur Urol* 67:891–901
  15. Clayman R V., Kavoussi LR, Soper NJ, Dierks SM, Meretyk S, Darcy MD, Roemer FD, Pingleton ED, Thomson PG, Long SR (1991) Laparoscopic nephrectomy: Initial case report. *J Urol* 146:278–282
  16. Dindo D, Demartines N CP (2004) C of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *AS* 240:205-213 (2004) Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *Ann Surg* 240:205-213.
  17. Duber C, Schweden F, Klose KJ, Storkel S, Engelmann U, Thelen M (1988) Das Onkozytom Der Niere. *RoFo Fortschritte auf dem Gebiete der Rontgenstrahlen und der Nukl* 148:227–233
  18. Dunnick NR (2016) Renal cell carcinoma: staging and surveillance. *Abdom Radiol* 41:1079–1085
  19. Emtage JB, Agarwal G, Sexton WJ (2015) Robotic-assisted surgery allows for the widespread adoption of minimally invasive techniques for patients with renal malignancies. *Robotic-Assisted Renal Surgery. Cancer Control* 22:291
  20. Eskaros S, Prabakar C, Aladdin M, Orbach D (2013) Renal angiomyolipoma. *Consultant* 53:541
  21. Ficarra V, Novara G, Secco S, Macchi V, Porzionato A, De Caro R, Artibani W (2009) Preoperative Aspects and Dimensions Used for an Anatomical (PADUA) Classification of Renal Tumours in Patients who are Candidates for Nephron-Sparing Surgery. *Eur Urol* 56:786–793
  22. Fiebig J, Kraywinkel K (2019) Epidemiologie des Nierenzellkarzinoms in Deutschland. *Der Onkol* 25:483–487
  23. Garisto J, Bertolo R, Dagenais J, Sagalovich D, Fareed K, Fergany A, Stein R, Kaouk J (2018) Robotic versus open partial nephrectomy for highly complex renal masses: Comparison of perioperative, functional, and oncological outcomes. *Urol Oncol Semin Orig Investig* 36:471.e1-471.e9
  24. Gettman MT, Blute ML, Chow GK, Neururer R, Bartsch G, Peschel R (2004) Robotic-assisted laparoscopic partial nephrectomy: Technique and initial clinical experience with daVinci robotic system. *Urology* 64:914–918
  25. Giambelluca D, Pellegrino S, Midiri M, Salvaggio G (2019) The “central stellate scar” sign in renal oncocytoma. *Abdom Radiol* 44:1942–1943

26. Godoy G, Katz DJ, Adamy A, Jamal JE, Bernstein M, Russo P (2011) Routine drain placement after partial nephrectomy is not always necessary. *J Urol* 186:411–416
27. Hackett NJ, De Oliveira GS, Jain UK, Kim JYS (2015) ASA class is a reliable independent predictor of medical complications and mortality following surgery. *Int J Surg* 18:184–190
28. Hamilton ZA, Uzzo RG, Larcher A, Lane BR, Ristau B, Capitanio U, Ryan S, Dey S, Correa A, Reddy M, Proudfoot JA, Nasser R, Yim K, Noyes S, Bundayi A, Montorsi F, Derweesh IH (2018) Comparison of functional outcomes of robotic and open partial nephrectomy in patients with pre-existing chronic kidney disease: a multicenter study. *World J Urol* 36:1255–1262
29. Han KS, Song GH, You D, Song C, Jeong IG, Hong JH, Ahn H, Kim CS, Hong B (2017) Comparison of hand-assisted laparoscopic vs robot-assisted laparoscopic vs open partial nephrectomy in patients with T1 renal masses. *J Endourol* 31:374–379
30. Hänze J, Wegner M, Noessner E, Hofmann R, Hegele A (2020) Co-Regulation of Immune Checkpoint PD-L1 with Interferon-Gamma Signaling is Associated with a Survival Benefit in Renal Cell Cancer. *Target Oncol* 15:377–390
31. Haukoos JS, Lewis RJ (2015) The propensity score. *JAMA - J Am Med Assoc* 314:1637–1638
32. Hensel M, Goetzenich A, Lutz T, Stoehr A, Moll A, Rockstroh J, Hanhoff N, Jäger H, Mosthaf F (2011) HIV und krebs in Deutschland.
33. Herold G (2021) Innere Medizin.
34. Hu SL, Chang A, Perazella MA, Okusa MD, Jaimes EA, Weiss RH (2016) The nephrologist's tumor: Basic biology and management of renal cell carcinoma. *J Am Soc Nephrol* 27:2227–2237
35. Israel GM, Silverman SG (2011) The Incidental Renal Mass. *Radiol Clin North Am* 49:369–383
36. Kaul S, Petros F, Sammon J, Menon M, Rogers C (2010) 92 Robotic partial nephrectomy in the setting of renal insufficiency. *Eur Urol Suppl* 9:526
37. KDIGO (2012) KDIGO 2012 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease.
38. Leitlinienprogramm Onkologie, Deutsche Krebshilfe, Deutsche Krebsgesellschaft, AWMF (2021) S3-Leitlinie Diagnostik , Therapie und Nachsorge des Nierenzellkarzinoms. Leitlinienprogr Onkol 1–221
39. Leitlinienprogramm Onkologie der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V. (AWMF), Deutsche Krebsgesellschaft e.V., Deutsche Krebshilfe e.V. (2020) Diagnostik, Therapie und Nachsorge des Nierenzellkarzinoms, Langversion 2.0. Diagnostik, Ther und Nachsorge des Nierenzellkarzinoms, Langversion 20 1–231
40. Ljungberg B, Bensalah K, Canfield S, Dabestani S, Hofmann F, Hora M, Kuczyk MA, Lam T,

- Marconi L, Merseburger AS, Mulders P, Powles T, Staehler M, Volpe A, Bex A (2015) EAU guidelines on renal cell carcinoma: 2014 update. *Eur Urol* 67:913–924
41. Ljungberg B, Albiges L, Abu-Ghanem Y, Bensalah K, Dabestani S, Montes SFP, Giles RH, Hofmann F, Hora M, Kuczyk MA, Kuusk T, Lam TB, Marconi L, Merseburger AS, Powles T, Staehler M, Tahbaz R, Volpe A, Bex A (2019) European Association of Urology Guidelines on Renal Cell Carcinoma: The 2019 Update. *Eur Urol* 75:799–810
42. Luciani LG, Chiodini S, Mattevi D, Cai T, Puglisi M, Mantovani W, Malossini G (2017) Robotic-assisted partial nephrectomy provides better operative outcomes as compared to the laparoscopic and open approaches: results from a prospective cohort study. *J Robot Surg* 11:333–339
43. Mahnken AH, König AM, Figiel JH (2018) Current Technique and Application of Percutaneous Cryotherapy. *RoFo Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der Bildgeb Verfahren*
44. Marschner CA, Ruebenthaler J, Schwarze V, Negrão De Figueiredo G, Zhang L, Clevert DA (2020) Comparison of computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI) and contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in the evaluation of unclear renal lesions. *RoFo Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der Bildgeb Verfahren* 192:10531058
45. Meyer I (2020) Retrospektive Analyse der perioperativen Ergebnisse von 500 roboterassistierten Nierenteilresektionen innerhalb von 10 Jahren unter besonderer Berücksichtigung der Lernkurve.
46. Mickisch G, Peters I, Grüllich C, Mudra T, Doehn C (2020) Immunotherapy and tyrosine kinase inhibitors in first-line treatment of metastatic renal cell carcinoma—Which strategy when? *Urol* 59:1504–1511
47. Miyake H, Hinata N, Imai S, Furukawa J, Tanaka K, Fujisawa M (2015) Partial nephrectomy for hilar tumors: comparison of conventional open and robot-assisted approaches. *Int J Clin Oncol* 20:808–813
48. Moch H, Cubilla AL, Humphrey PA, Reuter VE, Ulbright TM (2016) The 2016 WHO Classification of Tumours of the Urinary System and Male Genital Organs—Part A: Renal, Penile, and Testicular Tumours. *Eur Urol* 70:93–105
49. Moll F, Rathert P (1999) The surgeon and his intention: Gustav Simon (1824-1876), his first planned nephrectomy and further contributions to urology. *World J Urol* 17:162–167
50. Motzer RJ, Mazumdar M, Bacik J, Russo P, Berg WJ, Metz EM (2000) Effect of cytokine therapy on survival for patients with advanced renal cell carcinoma. *J Clin Oncol* 18:1928–1935
51. Müller M (2019) *Chirurgie für Studium und Praxis* 2020/21.
52. Nora PF, Vanecko RM (2015) *Prophylactic Abdominal*. 5–8

53. Patton MW, Salevitz DA, Tyson MD, Andrews PE, Ferrigni EN, Nateras RN, Castle EP (2016) Robot-assisted partial nephrectomy for complex renal masses. *J Robot Surg* 10:27–31
54. Peyronnet B, Seisen T, Oger E, Vaessen C, Grassano Y, Benoit T, Carrouget J, Pradère B, Khene Z, Giwerc A, Mathieu R, Beauval JB, Nouhaud FX, Bigot P, Doumerc N, Bernhard JC, Mejean A, Patard JJ, Shariat S, Roupret M, Bensalah K, French Committee of Urologic Oncology (CCAFU) (2016) Comparison of 1800 Robotic and Open Partial Nephrectomies for Renal Tumors. *Ann Surg Oncol* 23:4277–4283
55. Peyronnet B, Pradère B, De La Taille A, Bruyère F, Doumerc N, Droupy S, Vaessen C, Baumert H, Bernhard JC, Roupret M, Mejean A, Bensalah K (2016) Postoperative drainage does not prevent complications after robotic partial nephrectomy. *World J Urol* 34:933–938
56. Reifsnyder JE, Ramasamy R, Ng CK, DiPietro J, Shin B, Shariat SF, Del Pizzo JJ, Scherr DS (2012) Laparoscopic and open partial nephrectomy: Complication comparison using the Clavien system. *J Soc Laparoendosc Surg* 16:38–44
57. Russo P (2013) Oncological and renal medical importance of kidney-sparing surgery. *Nat Rev Urol* 10:292–299
58. Siva S, Pham D, Gill S, Corcoran NM, Foroudi F (2012) A systematic review of stereotactic radiotherapy ablation for primary renal cell carcinoma. *BJU Int* 110:737–743
59. Tachibana H, Kondo T, Yoshida K, Takagi T, Tanabe K (2020) Lower Incidence of Postoperative Acute Kidney Injury in Robot-Assisted Partial Nephrectomy Than in Open Partial Nephrectomy: A Propensity Score-Matched Study. *J Endourol* 34:754–762
60. Tacke J, Mahnken AH (2004) Perkutane radiofrequenz-ablation von nierentumoren. *Radiologe* 44:358–363
61. Thompson RH, Hill JR, Babayev Y, Cronin A, Kaag M, Kundu S, Bernstein M, Coleman J, Dalbagni G, Touijer K, Russo P (2009) Metastatic Renal Cell Carcinoma Risk According to Tumor Size. *J Urol* 182:41–45
62. Tsai SH, Tseng PT, Sherer BA, Lai YC, Lin PY, Wu CK, Stoller ML (2019) Open versus robotic partial nephrectomy: Systematic review and meta-analysis of contemporary studies. *Int J Med Robot Comput Assist Surg* 15:
63. Van Poppel H, Joniau S (2007) Is Surveillance an Option for the Treatment of Small Renal Masses? *Eur Urol* 52:1323–1330
64. Vittori G (2014) Open versus robotic-assisted partial nephrectomy: A multicenter comparison study of perioperative results and complications. *World J Urol* 32:287–293
65. Wang Y, Shao J, Ma X, Du Q, Gong H, Zhang X (2017) Robotic and open partial nephrectomy for complex renal tumors: a matched-pair comparison with a long-term follow-up. *World J Urol*

35:73–80

66. Wasserman M, Sobel D, Pareek G (2020) Choice of Surgical Options in Kidney Cancer and Surgical Complications. *Semin Nephrol* 40:42–48
67. Winfield HN, Donovan JF, Godet AS, Clayman R V. (1993) Laparoscopic Partial Nephrectomy: Initial Case Report for Benign Disease. *J Endourol* 7:521–526
68. Wu Z, Li M, Liu B, Cai C, Ye H, Lv C, Yang Q, Sheng J, Song S, Qu L, Xiao L, Sun Y, Wang L (2014) Robotic versus open partial nephrectomy: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 9:1–8
69. You C, Du Y, Wang H, Peng L, Wei T, Zhang X, Li X, Wang A (2020) Laparoscopic Versus Open Partial Nephrectomy: A Systemic Review and Meta-Analysis of Surgical, Oncological, and Functional Outcomes. *Front Oncol* 10:1–11
70. Zentrum für Krebsregisterdaten im Robert Koch-Institut (2016) Bericht zum Krebsgeschehen in Deutschland 2016. 274
71. Zeuschner P, Greguletz L, Meyer I, Linxweiler J, Janssen M, Wagenpfeil G, Wagenpfeil S, Siemer S, Stöckle M, Saar M (2021) Open versus robot-assisted partial nephrectomy: A longitudinal comparison of 880 patients over 10 years. *Int J Med Robot Comput Assist Surg* 17:1–8
72. Zinssius D, Junemann K-P, Geiger F, Hamann C, Seiler F, Osmonov D (2019) Evaluation von Padua- und R . E . N . A . L . -Score hinsichtlich ihrer Aussagekraft und Implikationen auf das perioperative Management bei der partiellen Nephrektomie Evaluation of the Padua and R . E . N . A . L . scores regarding their validity and i. Aktuelle Urol
73. <https://www.uicc.org/who-we-are/about-us>.
74. <https://www.onkopedia.com/de/onkopedia/guidelines/nierenzellkarzinom-hypernephrom/@@guideline/html/index.html#litID0EMDBG>.

## 9 Publikationen

### 9.1 Wissenschaftliche Veröffentlichungen

- Zeuschner, P.; **Greguletz, L.**; Meyer, I.; Linxweiler, J.; Janssen, M.; Wagenpfeil, G.; Wagenpfeil, S.; Siemer, S.; Stockle, M.; Saar, M. Open versus robot-assisted partial nephrectomy: A longitudinal comparison of 880 patients over 10 years. *Int J Med Robot* 2021, 17, 1-8, doi:10.1002/rcs.2167.

### 9.2 Wissenschaftliche Vorträge

- Zeuschner P, **Greguletz L**, Meyer I, Janssen M, Wagenpfeil G, Stöckle M, Siemer S, Saar M. Longitudinaler Vergleich offener und robotischer Nierenteilresektionen über 12 Jahre. Abstracts des 71. Kongresses der Deutschen Gesellschaft für Urologie e.V. *Der Urologe*. 58 (2019) 2-128, <https://doi.org/10.1007/s00120-019-1018-y>.
- Zeuschner, P.; **Greguletz, L.**; Meyer, I.; Janssen, M.; Wagenpfeil, G.; Stöckle, M.; Siemer, S.; Saar, M. A0347 - Longitudinal comparison of open vs. robot-assisted partial nephrectomy: Is the robot better from the start? *Eur. Urol.* **2022**, 81, S538, doi:[https://doi.org/10.1016/S0302-2838\(22\)00433-X](https://doi.org/10.1016/S0302-2838(22)00433-X).

### 10 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich zunächst bei Herrn Prof. Dr. M. Stöckle (Direktor der Klinik für Urologie und Kinderurologie der Universität des Saarlandes) für das entgegengebrachte Vertrauen und freundliche Überlassen des Themas bedanken. Des Weiteren gilt mein Dank dem gesamten urologischen Team der Universität des Saarlandes, welches innerhalb der Doktorandenseminare stets Vorschläge und Tipps für ein gutes Vorgehen während des gesamten Prozesses der Arbeit bot und auch durch konstruktive Diskussionen bezüglich meines Themas Unterstützung geben konnte.

Ein besonderer Dank gilt meinem Betreuer Herrn Dr. med. P. Zeuschner (Funktionsoberarzt der Klinik für Urologie und Kinderurologie der Universität des Saarlandes). Ich hätte mir keine bessere Betreuung vorstellen können und bin für die immer motivierenden Worte und die hervorragenden Hilfestellungen während des gesamten Prozesses der Dissertation sehr dankbar.

Außerdem gilt mein Dank Frau S. Bethge und Herrn T. Gebhardt, die mir bei administrativen und technischen Problemen zur Seite standen.

Die statistische Datenauswertung unterstützte das Institut für Epidemiologie und Biometrie des Universitätsklinikums des Saarlandes (Direktor: Prof. Dr. Stefan Wagenpfeil).

Zuletzt möchte ich auch meiner Familie und meinen Freunden danken. Insbesondere meinem Bruder Hendrik, meinen Eltern und meinen Mitbewohnerinnen Mona und Annalena gilt mein Dank für die ausdauernde Unterstützung während des gesamten Prozesses der Dissertation und meines gesamten Studiums.

## 11 Lebenslauf

Aus datenschutzrechtlichen Gründen wird der Lebenslauf in der elektronischen Fassung der Dissertation nicht veröffentlicht.

---



## 12 Anhang

Tabelle A Matched-pair Ergebnisse Patientencharakteristika

	Offene NTR	Robotische NTR	p-Wert
Alter bei OP [Jahre]	62 (25-83)	63 (24-85)	n.s.
Geschlecht:			n.s.
Männlich	131 (60,6 %)	135 (62,5 %)	
Weiblich	85 (39,4 %)	81 (37,5 %)	
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	26,7 (17,1-50,1)	28,08 (18-59,5)	n.s.
ASA	2 (1-4)	2 (1-4)	n.s.
ASA 1	14 (6,5 %)	11 (5,1 %)	
ASA 2	111 (51,4 %)	114 (52,8 %)	
ASA 3	87 (40,3 %)	71 (32,9 %)	
ASA 4	2 (0,9 %)	4 (1,9 %)	
ASA 5	-		
n. d.	2 (0,9 %)	16 (7,4 %)	
Anzahl abdomineller Vor-OPs	1 (0-5)	1 (0-5)	n.s.
0 Vor-OPs	86 (39,8 %)	82 (38,0 %)	
1 Vor-OP	66 (30,6 %)	71 (32,9 %)	
2-3 Vor-OPs	49 (22,7 %)	54 (25,0 %)	
> 3 Vor-OPs	15 (6,9 %)	9 (4,2 %)	
Vor-OP Niere:			<b>0,007</b>
Ja	35 (16,2 %)	17 (7,9 %)	
Nein	181 (83,8 %)	199 (92,1 %)	
Indikation:			<b>0,002</b>
Elektiv	182 (84,3 %)	203 (94,0 %)	
Imperativ	34 (15,7 %)	13 (6,0 %)	

## Anhang

*Tabelle B Matched-pair Ergebnisse der Tumorcharakteristika*

	<b>Offene NTR</b>	<b>Robotische NTR</b>	<b>p-Wert</b>
Tumorseite			n.s.
Links	121 (56,0 %)	115 (53,2 %)	
Rechts	94 (43,5 %)	101 (46,8 %)	
PADUA Score	10 (6-13)	10 (6-14)	n.s.
Risk-group	3 (1-3)	3 (1-3)	n.s.
Low-risk (6, 7)	33 (15,3 %)	31 (14,4 %)	
Mid-risk (8, 9)	61 (28,2 %)	72 (33,3 %)	
High-risk ( $\geq 10$ )	122 (56,5 %)	113 (52,3 %)	
TumorgroÙe [cm]	4,0 (1,0-20,4)	3,9 (0,4-10,0)	n.s.
Wachstumsverhalten:			n.s.
Endophytisch	22 (10,2 %)	22 (10,2 %)	
Exophytisch	194 (89,8 %)	194 (89,8 %)	

*Tabelle C Matched-pair Ergebnisse der histologischen Daten*

	<b>Offene NTR</b>	<b>Robotische NTR</b>	<b>p-Wert</b>
pT-Status:			n.s.
pT1	150 (85,7 %)	147 (87,5 %)	
pT2	9 (5,1 %)	8 (4,8 %)	
pT3	16 (9,1 %)	13 (7,7 %)	
pT4	-	-	
R-Status:			n.s.
R0	202 (93,5 %)	167 (77,3 %)	
R2	13 (6,0 %)	25 (11,6 %)	
R2	1 (0,5 %)	-	
Tumorentitat:			n.s.
Maligne	180 (83,3 %)	167 (77,3 %)	
Benigne	36 (16,7 %)	49 (22,7 %)	