

Aus der Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin der
Universität München
Direktor: Prof. Dr. med. Klaus Hahn

**Untersuchungen zum Einfluss von Lageänderung und
Blasenentleerung auf die szintigraphische Diagnostik
renaler Abflussstörungen kinderchirurgischer
Patienten**

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

vorgelegt von
Jan Stauss
aus Hamburg

2004

**Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München**

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Klaus Hahn

**Mitberichterstatter: Prof. Dr. Chr. Stief
Priv. Doz. Dr. Th. Sitter**

**Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: Dr. med. Ute Porn**

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h. c. Klaus Peter

Tag der mündlichen Prüfung: 18.11.2004

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
1.1	Diagnostik renaler Abflussstörungen in der Kinderurologie	7
1.1.1	Krankheitsbilder	7
1.1.1.1	Ureterabgangsstenose.....	7
1.1.1.2	Primärer obstruktiver Megaureter	11
1.1.2	Radiologische Diagnoseverfahren in der Kinderurologie	13
1.1.2.1	Sonographie	13
1.1.2.2	Intravenöse Urographie.....	15
1.1.2.3	Miktionszystourethrographie	15
1.1.2.4	Magnetresonanztomographie	17
1.2	Bedeutung der Nierenfunktions- und Diureseszintigraphie in der Kinderurologie	18
1.2.1	Durchführung der Nierenfunktions- und Diureseszintigraphie	18
1.2.2	Indikationen	23
1.2.3	Vorteile der Nierenfunktions- und Diureseszintigraphie	25
1.2.4	Limitationen der Aussagekraft und Problemstellung	25
1.3	Ziel der Arbeit	26
2	Material und Methodik	28
2.1	Ablauf der Nierenfunktions- und Diureseszintigraphie	28
2.1.1	Patientenvorbereitung	28
2.1.2	Radiopharmakon	31
2.1.3	Datenakquisition	32
2.2	Auswertung der Nierenfunktions- und Diureseszintigraphie	34
2.2.1	Region-of-Interest-Technik	35
2.2.2	Berechnung des Abflusses	36
2.2.3	Berechnung der Nierenfunktion	36
2.2.3.1	Tubuläre Extraktionsrate.....	36
2.2.3.2	Seitengetrennte Nierenfunktion	37

2.2.4	Erstellung der Summationsbilder	37
2.3	Quantifizierung des Effektes von Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie	37
2.3.1	Patienten	37
2.3.1.1	Einschlusskriterium, Anzahl, Alter und Geschlechtsverteilung	37
2.3.1.2	Indikation zur Nierenfunktionsszintigraphie	38
2.3.2	Quantifizierung des Effektes von Blasenentleerung und Umlagerung	39
2.4	Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der zusätzlichen Lageänderung und Blasenentleerung im Vergleich zur Nierenfunktionsszintigraphie alleine	40
2.4.1	Einschlusskriterium und Goldstandard	40
2.4.2	Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der Nierenfunktionsszintigraphie ohne anschließende Lageänderung und Blasenentleerung	41
2.4.3	Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der Nierenfunktionsszintigraphie mit anschließender Lageänderung und Blasenentleerung	41
2.4.4	Vergleich der diagnostischen Wertigkeit der Nierenfunktionsszintigraphie mit und ohne Lageänderung und Blasenentleerung	42
2.5	Quantifizierung des Effektes der Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie.....	42
2.6	Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der zusätzlichen Lageänderung und Blasenentleerung im Vergleich zur Diureseszintigraphie alleine	43
2.6.1	Einschlusskriterium und Goldstandard	43
2.6.2	Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der Diureseszintigraphie ohne anschließender Lageänderung und Blasenentleerung	44
2.6.3	Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der Diureseszintigraphie mit anschließender Lageänderung und Blasenentleerung.....	44
2.6.4	Vergleich der diagnostischen Wertigkeit der Diureseszintigraphie mit und ohne Lageänderung und Blasenentleerung.....	44

3	Ergebnisse	46
3.1	Quantifizierung des Effektes von Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie.....	46
3.1.1	Alle Indikationen.....	46
3.1.2	Ureterabgangsstenose	47
3.1.3	Primärer Obstruktiver Megaureter	50
3.1.4	Zusammenfassung.....	54
3.2	Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der zusätzlichen Lageänderung und Blasenentleerung im Vergleich zur Nierenfunktionsszintigraphie alleine	54
3.2.1	Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der Nierenfunktionsszintigraphie ohne anschließende Lageänderung und Blasenentleerung	55
3.2.2	Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der Nierenfunktionsszintigraphie mit anschließender Lageänderung und Blasenentleerung	59
3.2.2	Vergleich der diagnostischen Wertigkeit der Nierenfunktionsszintigraphie mit und ohne Lageänderung und Blasenentleerung	65
3.3	Quantifizierung des Effektes der Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie.....	68
3.3.1	Alle Indikationen.....	68
3.3.2	Ureterabgangsstenose	69
3.4	Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der zusätzlichen Lageänderung und Blasenentleerung im Vergleich zur Diureseszintigraphie alleine	72
3.4.1	Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der Diureseszintigraphie ohne anschließende Lageänderung und Blasenentleerung	73
3.4.2	Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der Diureseszintigraphie mit anschließender Lageänderung und Blasenentleerung.....	77
3.4.3	Vergleich der diagnostischen Wertigkeit der Diureseszintigraphie mit und ohne Lageänderung und Blasenentleerung.....	84

4	Diskussion	87
4.1	Beurteilung des Effektes von Blasenentleerung und Lageänderung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie.....	89
4.2	Beurteilung des Effektes von Blasenentleerung und Lageänderung im Anschluss an die Diureseszintigraphie.....	98
4.3	Limitationen	107
5	Zusammenfassung.....	109
	Literaturverzeichnis.....	112
	Anhang	123
	Danksagung.....	133
	Lebenslauf	134

1 Einleitung

Die Nierenfunktionsszintigraphie ist eine häufig angewendete Untersuchungsmethode bei Kindern. In der Nuklearmedizinischen Abteilung im Dr. von Haunerschen Kinderspital werden über 250 Nierenfunktionsszintigraphien pro Jahr durchgeführt. In den meisten Fällen soll mit dieser Untersuchungsmethode die Frage beantwortet werden, ob eine behandlungsbedürftige Abflussstörung vorliegt.

Im ersten Kapitel dieser Arbeit soll zunächst allgemein auf die Diagnostik renaler Abflussstörungen und die spezifische Bedeutung der Nierenfunktionsszintigraphie eingegangen werden, bevor das eigentliche Ziel der vorliegenden Arbeit, die Untersuchung des Einflusses von Lageänderung und Blasenentleerung auf die nierenzintigraphische Diagnostik, konkretisiert wird.

1.1 Diagnostik renaler Abflussstörungen in der Kinderurologie

1.1.1 Krankheitsbilder

1.1.1.1 Ureterabgangsstenose

Die Ureterabgangsstenose ist die häufigste Ursache einer Hydronephrose im Kindesalter [22]. Die Inzidenz wird in der Literatur mit 2-8 Fällen pro 10 000 Neugeborenen angegeben [31,39].

Ätiologisch werden intrinsische und extrinsische Ursachen unterschieden [86]. Die intrinsische Ureterabgangsstenose ist als idiopathische Verengung des pelvicoureteralen Übergangs anzusehen, während als extrinsische Ursachen Tumore, postentzündliche retroperitoneale Prozesse oder aberrante Gefäße verantwortlich für eine Behinderung des Harnabflusses von außen sein können [86]. Ein aberrantes Gefäß ist die häufigste extrinsische Ursache und für ca. 11% der Ureterabgangsstenosen verantwortlich, jedoch ist die überwiegende Mehrheit der Stenosen intrinsischer Natur [46]. Histologische Untersuchungen der Ureterabgangsstenosen zeigen perifaszikuläre Fibrose und Muskelhypertrophie als morphologisches Korrelat der Verengung, wobei interessanterweise histologisch nicht zwischen extrinsischen und intrinsischen Ursachen unterschieden werden kann [121]. In der lamina propria des verengten Ureterabgangs wurde im Vergleich zu gesunden Kontrollen eine signifikante Entzündungsreaktion mit

hauptsächlich Lymphozyten und einigen Plasma- und Mastzellen nachgewiesen, so dass spekuliert werden kann, ob die muskuläre Hypertrophie und Fibrosierung Folge einer chronischen Entzündungsreaktion ist [121]. Auch nervale Innervationsabnormalitäten im Bereich des ureteropelvinen Übergangs werden diskutiert, da eine reduzierte Nervenverteilung in diesem Bereich nachgewiesen wurde [79,118]. Jedoch bleibt unklar, ob diese Reduzierung ursächlich für die Obstruktion oder Folge der Muskelhypertrophie und Fibrosierung ist [79,118].

Die Ureterabgangsstenose ist häufig klinisch asymptomatisch oder präsentiert sich uncharakteristisch. Mögliche Symptome und Befunde sind Gedeihstörung mit Inappetenz, rezidivierendes Erbrechen, eine tastbare Raumforderung im Oberbauch, unklare Oberbauchbeschwerden, Flankenschmerzen oder Hämaturie. Gelegentlich werden Ureterabgangsstenosen erst durch Komplikationen klinisch manifest, da der gestörte Harnabfluss Harnwegsinfektionen, Pyelonephritis, Pyonephrose und Urosepsis begünstigt [7].

Der Verdacht auf eine Ureterabgangsstenose wird häufig im Rahmen des pränatalen Ultraschallscreenings aufgrund eines dilatierten Nierenbeckens geäußert; nicht jede pränatal diagnostizierte Erweiterung des Nierenbeckens ist jedoch mit einer Ureterabgangsstenose gleichzusetzen. Ursächlich kommen differentialdiagnostisch auch andere Erkrankungen wie beispielsweise Ureterklappen oder Polymegakalikosis in Frage. Darüber hinaus bildet sich die pränatale Hydronephrose oft spontan zurück und ist in postnatalen Ultraschalluntersuchungen in über 50% der Fälle nicht mehr nachweisbar [67]. Dieser Umstand zeigt die Bedeutung postnataler Follow-up-Untersuchungen. So wird empfohlen, drei Wochen nach der Geburt ein Kontrollultraschall durchzuführen [32]. Kriterien für die sonographische Beurteilung der Hydronephrose sind der Durchmesser des Nierenbeckens [1], das Verhältnis des Durchmessers des Nierenbeckens zum Nierendurchmesser [10], die Erweiterung der Nierenkelche [34] und die Dicke des Parenchyms [95,109]. Manche Autoren schlagen vor, dass serielle postnatale Ultraschalluntersuchungen die beste Methode sei, eine relevante Ureterabgangsstenose zu diagnostizieren und zu überwachen [67]. Koff et al. sehen in der Messung der kompensatorischen Größenzunahme der zur

hydronephrotischen Niere kontralateral gelegenen Niere die Möglichkeit, eine Obstruktion zu diagnostizieren [61].

Die Sonographie kann die morphologischen Verhältnisse im Bereich der Niere gut darstellen, jedoch alleine meist nicht die klinisch äußerst wichtige Frage beantworten, ob eine therapiebedürftige Obstruktion oder nur eine Erweiterung des Nierenbeckens ohne relevante Stenosierung vorliegt. Es wurde gezeigt, dass eine Hydronephrose ohne eine Obstruktion vorliegen kann, und dass die Nierenfunktion auch beim Vorliegen einer partiellen Obstruktion nicht eingeschränkt sein muss [60]. Daher sind weitere diagnostische Verfahren notwendig.

Viele Autoren sehen in der Diureseszintigraphie mit Furosemid den Goldstandard in der Diagnostik einer Obstruktion des ureteropelvinen Übergangs, weil durch diese Methode der renale Abfluss und die Nierenfunktion quantifiziert werden können [23,25,84].

Jedoch wird auch dieser Methode vorgeworfen, dass sie die weitere Entwicklung der Nierenfunktion nicht vorhersagen könne [48,60]. Aufgrund dieses diagnostischen Dilemmas wurde teilweise die pessimistische Schlussfolgerung gezogen, dass eine relevante Obstruktion nur durch eine fortschreitende Nierenfunktionseinschränkung bei Nichtbehandlung retrospektiv diagnostiziert werden kann [59]. Andere Untersuchungsmethoden haben vergleichsweise eine untergeordnete Bedeutung.

Die dargelegten Probleme in der Diagnostik der Ureterabgangsstenose und der unberechenbare Verlauf der Erkrankung spiegeln sich auch in den uneinheitlichen Therapieempfehlungen wieder. Wie bereits dargelegt, wird ein dilatiertes Nierenbeckenkelchsystem bei Kindern häufig durch das pränatale Ultraschallscreening identifiziert. Daher gab es Versuche, die gestauten Nieren in utero durch fetale Chirurgie mit Kathetershunts zu drainieren [44,74]. Jedoch hat sich diese Methode aufgrund der Komplikationsrate und der geschilderten spontanen Rückbildungsrate der Hydronephrose nicht durchgesetzt [117]. Eine ungeklärte und viel diskutierte Frage besteht darin, ob und zu welchem Zeitpunkt postnatal chirurgisch interveniert werden muss. Verfechter eines möglichst frühen chirurgischen Eingriffs stellen die Indikation eher großzügig und argumentieren, dass nur dadurch eine maximale Erholung der Nierenfunktion und der Erhalt des renalen Parenchyms gewährleistet werden kann [30,57,94]. Andere halten es für sinnvoller, die hydronephrotische Niere über einen

längeren Zeitraum sonographisch und funktionsszintigraphisch zu kontrollieren, um die Möglichkeit einer spontanen Besserung der Obstruktion bzw. Nierenfunktion abzuwarten, und nur die Fälle mit dokumentierter Befundverschlechterung zu operieren [62,69]. Einige Autoren orientieren sich bei der Entscheidung, ob konservativ oder chirurgisch vorgegangen werden soll in erster Linie an der seitengetrenten Nierenfunktion: Nieren mit einer partiellen Nierenfunktion über 40% bzw. 35% werden demnach grundsätzlich konservativ überwacht, Nieren mit einer Funktion unter 40% bzw. 35% und dem Befund einer Obstruktion in der Nierenfunktionsszintigraphie sollen operiert werden [13,72].

Palmer et al. führten eine multizentrische, prospektive und randomisierte Studie über die Behandlung von hochgradiger, unilateraler Hydronephrose für die Society for Fetal Urology durch [87]. Einschlusskriterien der Studie waren eine Hydronephrose (sonographisch mindestens Grad 3) und eine Nierenfunktion über 40%. Insgesamt 32 Patienten wurden randomisiert für die Studie und entweder chirurgisch oder konservative behandelt. 25% der Patienten mit signifikanter Verschlechterung der Nierenfunktion, des Abflusses aus dem Nierenbeckenkelchsystem oder mit zunehmender Hydronephrose wechselten in den chirurgischen Arm der Studie. Bei operierten Patienten zeigte die Nierenfunktionsszintigraphie nach 6 und 12 Monaten eine signifikante Besserung der Hydronephrose und des Abflusses gegenüber der konservativ behandelten Gruppe. Palmer schlussfolgerte aus diesem Ergebnis einen klaren Vorteil für das interventionelle Vorgehen. Allerdings änderte sich die Nierenfunktion in beiden Gruppen nicht wesentlich. Auch McAleer und Kaplan zeigten, dass sich die Nierenfunktion unabhängig von dem Ausgangswert durch eine Operation nicht verbessert [75]. Sie konnten ebenfalls eine Abnahme der Hydronephrose und eine Verbesserung des Abflusses durch die Operation nachweisen und empfahlen bei pathologischen Befunden in Ultraschall und Nierenfunktionsszintigraphie, gleich zu operieren, ohne eine Verschlechterung der Nierenfunktion abzuwarten, da diese sich durch eine verspätete Operation nicht wieder verbessern könne.

Aufgrund der divergierenden Meinungen über das optimale therapeutische Vorgehen, empfiehlt sich wohl ein auf den Einzelfall zugeschnittenes Vorgehen, das interdisziplinär mit Beteiligten aus der Urologie, Pädiatrie, Kinderradiologie und Nuklearmedizin festgelegt wird, und neben den radiologischen und

nuklearmedizinischen Befunden auch Einflusskriterien wie die klinische Symptomatik, das Alter des Kindes und die Compliance von Eltern und Kindern berücksichtigt [7]. Standardoperation ist die offene Pyeloplastik nach Anderson-Hynes, wobei ein eindeutiger Trend hin zu laparoskopischen Techniken zu erkennen ist [35,88,110].

1.1.1.2 Primärer obstruktiver Megaureter

Die Inzidenz des primären Megaureters wird mit 0,36 auf 1000 Geburten angegeben [113]. In einer Studie an 185 Neugeborenen mit Nierenbeckenkelchdilatation lag die Obstruktion bei 44 Kindern (23%) am ureterovesikalen Übergang [55]. Der primäre Megaureter betrifft 4 mal häufiger Jungen als Mädchen und der linke Ureter ist häufiger betroffen als der rechte [107].

Die Megaureteren werden nach ihrer Ätiologie in primäre und sekundäre Megaureteren eingeteilt. Die primären sind idiopathischen Ursprungs, die sekundären Folge beispielsweise von Urethralklappen.

Es gibt eine allgemeine Übereinstimmung darüber, dass beim primären obstruktiven Megaureter (POM) keine morphologische Verengung am vesicoureteralen Übergang vorliegt, sondern dass ein 0,5 bis 4 cm langes aperistaltisches Segment den Urintransport behindert und so eine funktionelle Obstruktion hervorruft [107]. Die Pathogenese der Aperistaltik wird kontrovers diskutiert. Mehrere Autoren haben eine überschüssige Kollagenablagerung im aperistaltischen Segment als potentiellen Störfaktor der Peristaltik nachgewiesen [38,43,116]. Nicotina et al. vertreten die Theorie, dass segmentale Veränderungen in den Muskelzellen im aperistaltischen Bereich vorliegen, da sie postnatal TGF- β Aktivität im aperistaltischen Segment nachweisen konnten, nicht aber in den proximal erweiterten Abschnitten des Ureters [80]. Sie vermuten, dass es während der pränatalen Entwicklung zu einem Entwicklungsstopp der Muskelzellen in dem aperistaltischen Bereich kommt. Die relativ häufige Beobachtung einer Spontanremission der Obstruktion in den ersten zwei Lebensjahren könnte durch eine Nachreifung der Muskelzellen aufgrund des erhöhten TGF- β erklärt werden.

Unabhängig von der Ursache führt die gestörte Peristaltik zu einem Rückstau des Urins und somit zu einer Aufweitung des Ureters und des Nierenbeckenkelchsystems. Durch

den Reservoireffekt des Ureters wird das Nierenparenchym im Vergleich zur Ureterabgangsstenose besser vor hohem Druck geschützt, so dass Parenchymschäden vergleichsweise weniger wahrscheinlicher sind als bei der Ureterabgangsstenose [107]. Typische Symptome des primären obstruktiven Megaureters sind Harnwegsinfektionen, Fieber, Bauchschmerzen und Hämaturie [77]. Jedoch sind ca. 50% der Fälle bei Diagnosestellung asymptomatisch [107].

Wie bei der Ureterabgangsstenose wird die Verdachtsdiagnose häufig im Rahmen des pränatalen Ultraschallscreenings gestellt. Im Ultraschall ist je nach Ausprägung eine deutliche Hydroureteronephrose nachweisbar. Der Befund wird sonographisch postnatal kontrolliert und bei Fortbestehen der Hydroureteronephrose ein Miktionszystourethrogramm zum Ausschluss eines vesicoureteralen Refluxes oder einer infravesikalen Obstruktion durchgeführt [8]. Die Diagnose wird gesichert durch ein intravenöses Urogramm, das den erweiterten und teilweise geschlängelten Harnleiter darstellen kann, und die Nierenfunktionsszintigraphie mit Furosemid, die neben der Abflussberechnung auch die Bestimmung der seitengetrenten Nierenfunktion ermöglicht. Die Furosemidszintigraphie wird von einigen Kinderurologen als wertvollstes diagnostisches Verfahren zur Abklärung eines vermuteten primären obstruktiven Megaureters angesehen [112].

Ähnlich wie bei der Ureterabgangsstenose ist auch die optimale Therapie des POM umstritten. Viele Publikationen befürworten eine frühzeitige Operation in Form einer Ureterozystoneostomie, um renale Schäden durch den Urinrückstau zu minimieren und Komplikationen wie Infektionen und Steinbildung zu vermeiden [106]. Peters et al. berichteten über 42 Kindern mit POM, die vor dem Alter von 8 Monaten operiert wurden [90]. Die Funktion der gestauten Nieren verbesserte sich bei allen Patienten. Mollard et al. veröffentlichten ähnlich gute Ergebnisse bei 36 von 39 Neugeborenen mit POM, die früh chirurgisch behandelt wurden [78]. Jedoch bleibt unklar, ob die Verbesserung der Nierenfunktion auf die Intervention oder die natürliche Entwicklung der Nieren in den ersten Lebensmonaten zurückzuführen ist. Auch ist mit Komplikationen wie postoperativem vesicoureteralen Reflux zu rechnen [90]. Daher gibt es eine zunehmende Anzahl an Befürwortern eines konservativen Vorgehens

[2,27]. Gestützt wird dieses Vorgehen durch die Beobachtung, dass es oft zu spontanen Rückbildungen der Dilatation von Harnleiter und Nierenbeckenkelchsystem kommt [29,76]. Keating et al. berichteten über 44 Neugeborene mit Hydronephrose, deren POM durch Furosemidszintigraphie diagnostiziert wurde [55]. In keinem Fall wurde eine Verschlechterung der Nierenfunktion bei Kontrolluntersuchungen festgestellt. Baskin et al. setzten diese Studie fort und konnten auch in der Langzeitkontrolle über 12 Jahre in keinem Fall eine Verminderung der Nierenfunktion oder Komplikationen wie Pyelonephritiden beobachten [5]. Auf der anderen Seite wird eine Versagensrate der konservativen Therapie von 84% beschrieben [106]. Unumstritten besteht jedoch eine Operationsindikation bei eindeutiger klinischer Symptomatik und Obstruktion in der Furosemidszintigraphie [8].

1.1.2 Radiologische Diagnoseverfahren in der Kinderurologie

1.1.2.1 Sonographie

Die Sonographie ist eines der wichtigsten Untersuchungsverfahren in der kinderurologischen Diagnostik. Aufgrund der fehlenden Strahlenbelastung eignet sich die Sonographie hervorragend als Screeningmethode und wird bereits pränatal eingesetzt. Im Hinblick auf die Diagnose obstruktiver Abflussstörungen ist der wichtigste Befund der Untersuchung die Feststellung einer Hydronephrose bzw. Hydroureteronephrose. Die pränatale Hydronephrose hat eine Prävalenz von 1-2%, die bei postnataler Kontrolle zu fast 50% persistiert [67]. Wie bereits bei der Diagnose der Ureterabgangsstenose angesprochen, gibt es unterschiedliche sonographische Einteilungen des Schweregrades einer Hydronephrose. Pränatal wird im allgemeinen ein sonographischer Durchmesser des Nierenbeckens von 10 mm als signifikant angesehen [3,9,39,58]. Einige Autoren diagnostizieren eine Hydronephrose bereits bei einem antero-posteriorem Durchmesser des renalen Pelvis von über 5 mm [31]. Für die postnatale Beurteilung hat das Einteilungssystem der Society of Fetal Urology weitgehende Akzeptanz gefunden [34]. Diese Einteilung klassifiziert die Hydronephrose ausgehend vom Grad der Dilatation des Nierenbeckens und der Nierenkelche, sowie der Dicke des Parenchymsaums in Grad 0-4. Eine ähnliche Klassifikation wurde von der Arbeitsgemeinschaft für Pädiatrische Nephrologie, der

Deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie und der Deutschen Gesellschaft für Urologie in Absprache mit der Sektion Pädiatrie in der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM) erstellt:

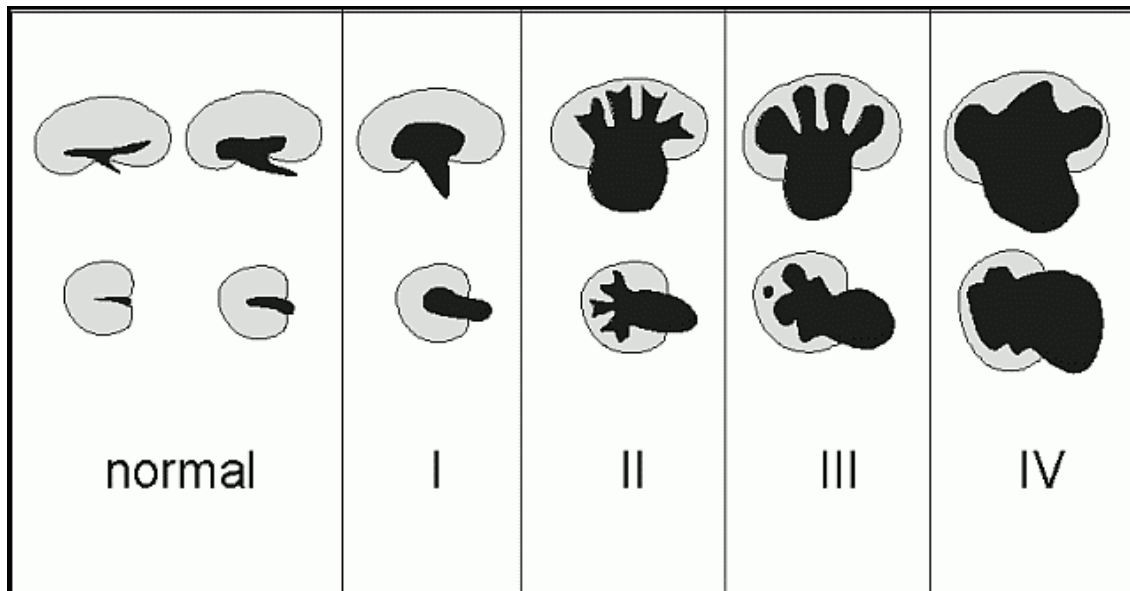


Abbildung 1: Sonographische Gradeinteilung der Nierenbeckenkelchdilatation
(Bildquelle: <http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/ki-ch125.htm>)

Normalbefund:

Parenchym normal breit; Pyelon nicht dilatiert, Kelche zart.

Grad I:

Parenchym normal breit; Pyelon aufgeweitet, Transversaldurchmesser über der 95. Perzentile, Kelche nicht dilatiert.

Grad II:

Parenchym normal breit; Pyelon deutlich erweitert, Kelchhalse leicht erweitert und Kelche aufgeweitet. Erhaltene Papillenspitzen, Fornixwinkel spitz.

Grad III:

Parenchym verschmälert; deutliche Nierenbeckenkelcherweiterung. Kelche verplumpt, d.h. Papillen abgeflacht und Fornixwinkel stumpf.

Grad IV:

Erhebliche Parenchymverschmälierung; extreme Nierenbeckenkelcherweiterung. Kelche breit ausgewalzt, Grenzen zwischen Pyelon und Kelchsystem teilweise bis vollständig aufgehoben.

Bei Neugeborenen werden je nach Körpergröße Schallköpfe mit 3 oder 5 MHz eingesetzt [71]. Der zu untersuchende Patient sollte gut hydriert sein, da sonst auch bei bestehender Obstruktion aufgrund zu geringer Urinausscheidung ein Normalbefund vorgetäuscht werden kann [105].

1.1.2.2 Intravenöse Urographie

Die intravenöse Urographie ist eine konventionell-radiologische Methode, die mittels Applikation eines nierengängigen, röntgendichten Kontrastmittels die Nieren und ableitenden Harnwege morphologisch darstellen kann. Zwei bis fünf Minuten nach Applikation zeigt die Röntgenfrühaufnahme in der sogenannten nephrographischen Phase das Nierenparenchym und nach 15 Minuten können durch die Abflussaufnahme meist das Nierenhohlraum, der Ureter und die Blase beurteilt werden [105]. Stenosen im Bereich des ureteropelvinen und vesicoureteralen Übergangs können visualisiert und klassifiziert werden. Weiterhin kann aufgrund der guten Darstellung der topographischen Verhältnisse und der Detailgenauigkeit beispielsweise eine Megakalikosis von einer Ureterabgangsstenose differenziert werden oder eine Doppelnierenanlage dargestellt werden [7].

1.1.2.3 Miktionszystourethrographie

Für die Miktionszystourethrographie (MCU) wird dem Kind Kontrastmittel über einen transurethralen Katheter oder eine suprapubische Blasenpunktion in die Blase appliziert und unter Durchleuchtung der Ausscheidungsvorgang beurteilt. Mittels der MCU kann vesicoureteraler Reflux entdeckt und klassifiziert werden. Nach Heikel und Parkkulainen werden 5 Schweregrade des Refluxes unterschieden (Abbildung 2) [45].

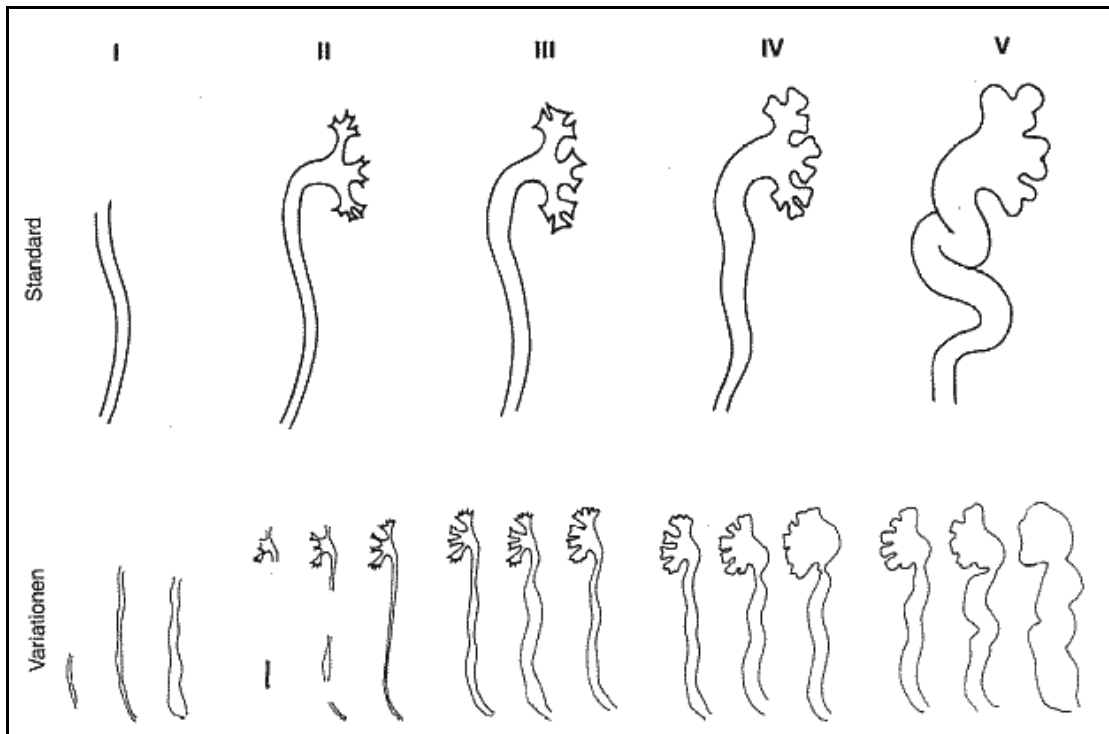


Abbildung 2: Refluxklassifikation nach Heikel und Parkkulainen, modifiziert durch die internationale Refluxstudie [65]

(Bildquelle: <http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/ki-ch125.htm>)

Grad I:

Reflux in den normalweiten Ureter

Grad II:

Reflux in den Ureter und das Nierenbeckenkelchsystem. Die Fornices sind nicht aufgeweitet.

Grad III:

Leichte Erweiterung des Ureters und des Nierenbeckenkelchsystems, geringe Aufweitung der Fornices.

Grad IV:

Der scharfe Fornixwinkel ist komplett aufgehoben, die Papillenimpression bleibt in der Mehrzahl der Kelche erhalten.

Grad V:

Reflux in ein destruiertes und erhebliche dilatiertes Nierenbeckenkelchsystem.

Bei sonographischer Hydronephrose dient die MCU dem Ausschluss eines vesicoureteralen Refluxes. Auch bei gesicherter Ureterabgangsstenose wird die Durchführung einer MCU empfohlen, da ca. 9-14% der Patienten mit Ureterabgangsstenose auch an vesicoureteralem Reflux leiden [47,64,70]. Allerdings wird auch die Meinung vertreten, dass nur bei Kindern mit Ureterabgangsstenose und zusätzlich sonographisch erweitertem Ureter eine MCU durchgeführt werden sollte [56]. Die Miktionszystourethrographie kann Hinweise auf eine mit vesikoureteralen Reflux vergesellschaftete Ureterabgangsstenose liefern, wie zum Beispiel ein plötzlicher Kontrastmittelabbruch am ureteropelvinen Übergang oder ein verzögerter Abfluss des refluxierten Kontrastmittels aus dem Nierenbeckenkelchsystem [111].

1.1.2.4 Magnetresonanztomographie

Neben der etablierten rein statisch-morphologischen Darstellung beispielsweise urologischer Tumoren in der Magnetresonanztomographie, hat sich die funktionelle Bildgebung in Form der MR Urographie (MRU) in den letzten Jahren zu einem interessanten Forschungsgebiet entwickelt [4,11,12,14,15,21,54,66,68,81,82,96,97,100,101,114]. Die MR Urographie basiert auf zwei verschiedenen Bildgebungsstrategien [81]. Die eine Technik benutzt stark T2-gewichtete Pulssequenzen zur Darstellung von Dilatationen im Harntrakt (static-fluid images). Die zweite Technik der MR Urographie basiert analog des konventionellen Intravenösen Urogramms auf der intravenösen Gabe eines nicht-nephrotoxischen Gadoliniumchelates, dessen Urinausscheidung in schnellen T1-gewichteten Gradientenechosequenzen (gradient-echo sequences) der Darstellung des Harntraktes und dessen pathologisch-obstruktiven Erkrankungen dient. Borthne et al. untersuchten 44 MR Urographien von 39 Kindern mit gesicherter oder vermuteter urologischer Erkrankung [14]. Von 9 Kindern mit vermuteter Obstruktion benutzte er bei 4 Kindern ein MRU-Protokoll ohne Furosemid und bei 5 Kindern ein MRU-Protokoll mit Furosemidprovokation und verglich die Ergebnisse mit Resultaten von Furosemidszintigraphien der 9 Patienten. Die Technik mit Furosemid erlaubt mittels Region-of-Interest-Technik über dem renalen Becken die Berechnung von Zeit-Signalintensitätskurven in der MRU analog der Nierenzintigraphie. Im Falle des MRU-

Protokolls ohne Furosemid waren 3 Untersuchungen weniger aussagekräftig und eine genauso aussagekräftig wie die Nierenzintigraphie. Mit dem MRU-Protokoll mit Furosemid waren 4 Untersuchungen genauso und eine aussagekräftiger als die Nierenzintigraphie. Dem Vorteil der fehlenden Strahlenbelastung durch die MRU stehen die hohen Kosten, die noch fehlende Standardisierung des Untersuchungsprotokolls, die oft erforderliche Sedierung der Kinder und die hohe Rate an nicht verwertbaren Studien gegenüber. In der Untersuchung von Borthne et al. wurden 9% der Untersuchungen abgebrochen oder konnten aufgrund von Patientenbewegungen nicht verwertet werden [14]. Es bleibt abzuwarten, ob und wie sich die MRU im klinischen Alltag in den nächsten Jahren durchsetzen wird.

1.2 Bedeutung der Nierenfunktions- und Diureseszintigraphie in der Kinderurologie

1.2.1 Durchführung der Nierenfunktions- und Diureseszintigraphie

Für die Durchführung der Nierenfunktionsszintigraphie wird dem Patienten ein nierengängiges Radiopharmazeutikum intravenös appliziert und die verschiedenen Phasen der Ausscheidung über die Nieren, Harnleiter und Harnblase mittels Gammakamera verfolgt. Als Radiopharmaka kommen Tc-99m-DTPA (**Diethylentriaminpentaessigsäure(acid)**), Tc-99m-MAG3 (**Mercaptoacetylglucylglycylglycin**) und I-123-Hippuran (**Orthojodhippursäure**) zum Einsatz. Tc-99m-DTPA wird ähnlich dem Inulin fast ausschließlich durch glomeruläre Filtration ausgeschieden und eignet sich daher zur Bestimmung der glomerulären Exkretionsfunktion. Gegenüber den anderen beiden Radiopharmaka hat Tc-99m-DTPA den Nachteil einer geringen Extraktionsrate, so dass eine erhöhte Strahlenexposition sowie aufgrund eines ungünstigeren Nieren-zu-Untergrundverhältnisses eine schlechtere Bildqualität resultiert [40]. I-123-Hippuran und Tc-99m-MAG3 werden hauptsächlich tubulär sezerniert und für die Ermittlung des effektiven renalen Plasmaflusses und des Harnabflusses empfohlen [40]. Tc-99m-MAG3 hat im Vergleich zu I-123-Hippuran eine höhere Proteinbindung, eine langsamere Blutclearance und eine höhere Extraktionseffizienz durch die Tubulizellen [17,52]. Bei der Berechnung des effektiven renalen Plasmaflusses führen beide Substanzen zu vergleichbaren Ergebnissen ohne

signifikanten Unterschied [102]. I-123-Hippuran ist jedoch als kurzlebiges Zyklotronprodukt wesentlich schlechter verfügbar als das mit Technetium markierte MAG3. Daher hat sich Tc-99m-MAG3 mit seiner physikalischen Halbwertszeit von 6 Stunden weitgehend als Radiopharmakon der Wahl durchgesetzt.

Nach der Applikation des Radiopharmakons wird die Radioaktivität über Niere, Harnleiter und Harnblase mit einer Gammakamera über mehrere Minuten registriert. Aus den erworbenen Daten können mittels Region-of-Interest (ROI)-Technik Zeit-Aktivitätskurven über beiden Nieren erstellt werden. Die zusätzliche Messung der radioaktiven Konzentration im Blut, welches während der Untersuchung abgenommen wird, erlaubt durch die Bildung eines Blutpooläquivalentes die Berechnung der seitengetrennten Nierenfunktionen. Daneben können durch den Verlauf der Aktivitätskurven zusätzliche Aussagen über die Abflussverhältnisse getroffen werden. Der Abfluss des Radiopharmakons kann am Ende der Aktivitätsakquisition als prozentualer Anteil der Maximalaktivität über der Niere berechnet und somit numerisch quantifiziert werden.

Die gewonnenen Funktionskurven lassen sich in drei verschiedenen Phasen einteilen (Abbildungen 3 und 4).

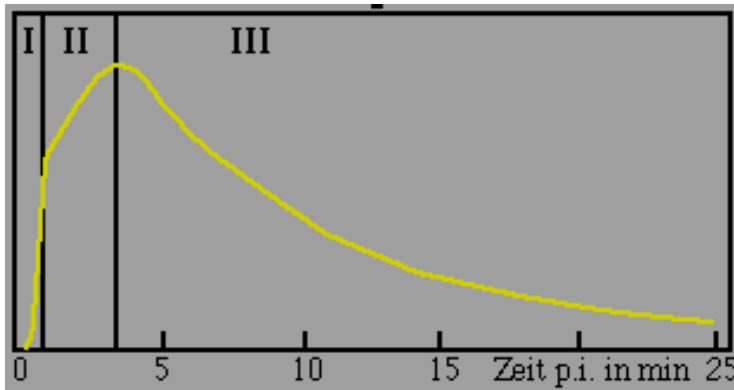


Abbildung 3: Typische dreiphasige Funktionskurve der gesunden Niere

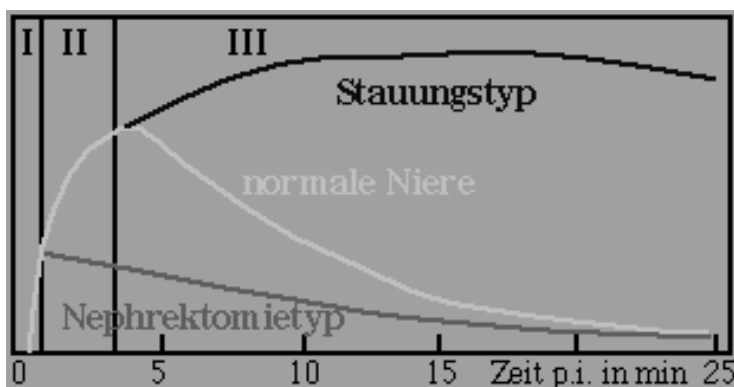


Abbildung 4: Vergleich mit pathologischen Kurven bei funktionsloser (Nephrektomietyp) und gestauer Niere (Stauungstyp)

(Bildquelle: <http://www.uni-wuerzburg.de/nuklearmedizin/kursus/NIE.htm#Nierendiagnostik%20dynamisch>)

Phase I: Anflutungsphase

Initiale Perfusion und Beginn der Akkumulation, bis ca. 30 Sekunden nach Injektion

Phase II: Sekretionsphase

Sekretion in die Nierentubuli bei fortdauernder Akkumulation

Phase III: Exkretionsphase

Ab ca. 3-5 min nach Injektion, Abtransport überwiegt gegenüber der Akkumulation und Sekretion

Eine fehlende Aktivitätszunahme in Phase II bedeutet, dass die Niere praktisch funktionslos ist. Ein fehlender oder ein nur ein zögerlicher Abfall in Phase III kann als Zeichen für eine Harntransportstörung gewertet werden, dem einerseits eine urodynamisch wirksame Obstruktion oder andererseits zum Beispiel eine Aktivitätsakkumulation in einem ektatischen Nierenbecken zugrunde liegen kann. Zur

weiteren Abklärung eines verzögerten Aktivitätsabfalls dient die Diureseszintigraphie. Durch die intravenöse Injektion des Diuretikums Furosemid im Anschluss an die geschilderte Funktionsszintigraphie wird der Druck in dem Nierenhohlraumssystem erhöht. Es werden zusätzliche Sequenzaufnahmen des Harntraktes durchgeführt und der Aktivitätsverlauf bzw. Abfluss kann mittels Funktionskurven graphisch dargestellt und rechnerisch quantifiziert werden. Bei fehlender Obstruktion führt das Diuretikum zu einer schnellen Exkretion des Radiopharmakons.

Der zusätzliche Abfluss in der Diureseszintigraphie kann entweder prozentual als ausgeschiedener Anteil bezogen auf die Aktivität des Isotops über der Niere unmittelbar vor Furosemidgabe, prozentual bezogen auf das Aktivitätsmaximum in der Nierenfunktionsszintigraphie oder als Halbwertszeit bezogen auf den Aktivitätsabfall nach Furosemidgabe angegeben werden. In Rahmen der Auswertung können nicht nur diese berechneten Werte, sondern auch der Kurvenverlauf miteinbezogen werden. Ein Problem besteht darin, dass kein allgemein anerkanntes, eindeutiges Kriterium von Obstruktion in der Nierenfunktionsszintigraphie mit Furosemid existiert. Daher muss im Einzelfall in Zusammenschau mit den verfügbaren Vorbefunden, der Symptomatik, der seitengetrenten Nierenfunktion, dem Kurvenverlauf und dem berechneten Abfluss entschieden werden, ob eine relevante Obstruktion vorliegt.

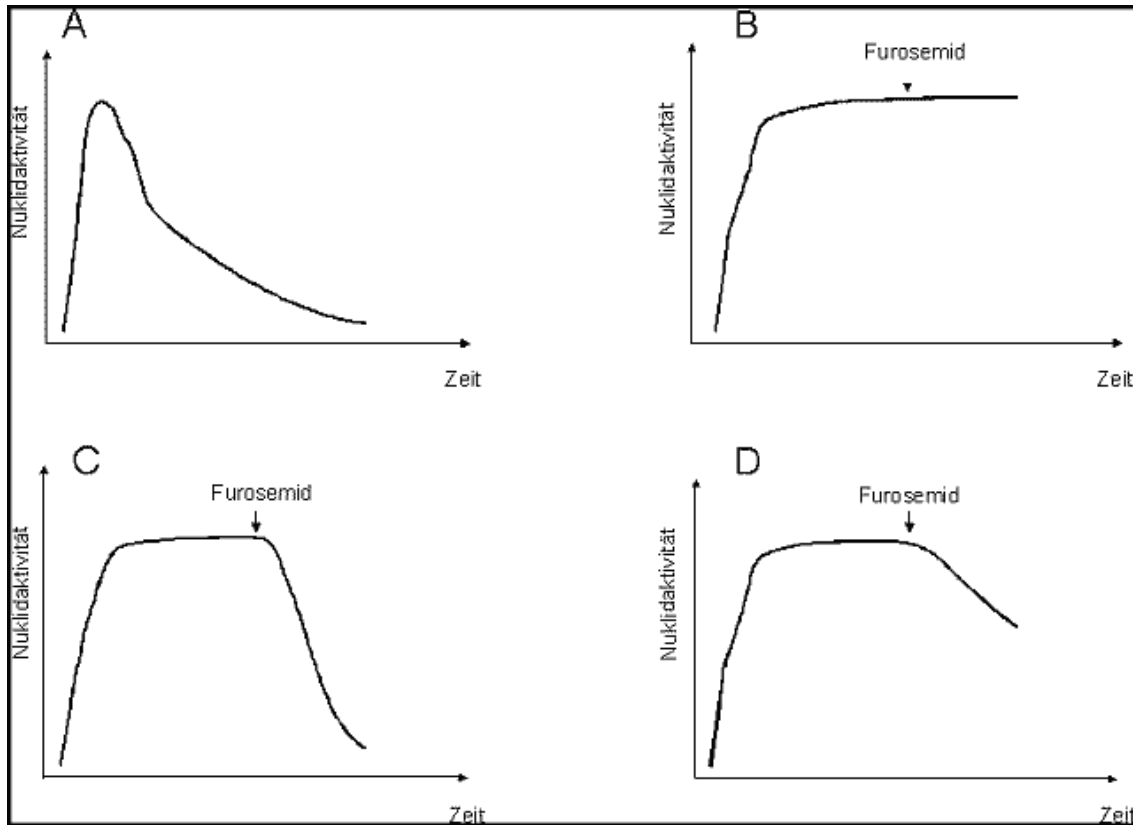


Abbildung 5: Kurvenverlauf Typ A-D nach O'Reilly

- A. Prompte Elimination des Isotops innerhalb 30 min. nach Applikation
- B. Anstieg der Nuklidaktivität unbeeinflusst von der Furosemidapplikation
- C. Prompte, weitgehende Elimination des Isotops unmittelbar nach Furosemidapplikation
- D. Mäßiggradiger Nuklidabfluss nach Furosemidapplikation

(Bildquelle: <http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/ki-ch125.htm> mit Verweis auf O'Reilly[85])

Der Kurvenverlauf wird mit den Graden A-D beschrieben (Abbildung 5) [85]. Typ A schließt demnach eine Harnabflussstörung weitgehend aus. Typ B entspricht dem Befund einer szintigraphisch relevanten Harnabflussstörung. Typ C findet sich bei Dilatationen ohne szintigraphisch relevante Harnabflussstörung. Typ D entspricht einem uneindeutigen Befund mit einem mäßiggradigen Nuklidabfluss nach Furosemidapplikation.

In bezug auf das bereits erwähnte Kriterium der Halbwertszeit (HWZ) nach Furosemidgabe, gilt im allgemeinen eine HWZ von < 10 min als unauffällig, eine HWZ von 10-20 min als uneindeutig und eine HWZ > 20 min als Zeichen einer szintigraphisch relevanten Harnabflussverzögerung [26,89].

In unserer Institution verwenden wir den prozentualen Abfluss bezogen auf das Aktivitätsmaximum während der Nierenfunktionsszintigraphie als Hauptkriterium für die Beurteilung des Vorliegens einer urodynamisch relevanten Obstruktion. Nach unserer Erfahrung schließt ein Abfluss $\geq 70\%$ am Ende der Nierenfunktionsszintigraphie eine relevante Obstruktion weitgehend aus, wobei eindeutige Angaben in der Literatur bezüglich der Bedeutung der prozentualen Abflusswerte bezogen auf das Aktivitätsmaximum bisher fehlen.

1.2.2 Indikationen

Die folgende Tabelle listet die möglichen Aussagen der Nierenfunktionsszintigraphie mit den entsprechenden Indikationen auf [40].

Diagnostische Aussage	Indikationen
Existenz, Lage, Größe und Form der Nieren	<ul style="list-style-type: none"> - i.v. urographisch stumme Niere - Schrumpfniere unklarer Genese - degenerative Nierenerkrankungen - sonographisch V.a. fehlende Niere
Harnabflusssituation	<ul style="list-style-type: none"> - unklare Dilatation des Nierenhohlraumsystems - Harnabflussbehinderung im oberen Harntrakt (Therapieplanung und Verlaufskontrolle) - Klärung rezidivierender Harnwegsinfekte
Seitengetrennte Funktionsanteile der Nieren	<ul style="list-style-type: none"> - Indikationsstellung und Verlaufskontrolle nach kinderchirurgischen Eingriffen - Nierentumoren (zur Operationsplanung)
Nierenperfusion	<ul style="list-style-type: none"> - Ausschluss einer Nierenarterienembolie - Ausschluss einer Nierenvenenthrombose - Z.n. Nierentransplantation - Z.n. Nierentrauma

**Tabelle 1: Aussagekraft und häufige Indikationen der Nierenfunktions-
szintigraphie in der pädiatrischen Urologie [40]**

1.2.3 Vorteile der Nierenfunktions- und Diureseszintigraphie

Die Nierenfunktionsszintigraphie besitzt gegenüber anderen Untersuchungsmethoden einige Vorteile. So lässt sich eine Vielzahl von Nierenfunktionsparametern genau und reproduzierbar in Verlaufskontrollen bestimmen. Es ist eine Beurteilung der Nierenperfusion, Nierenmorphologie, Harnabflusssituation, glomeruläre Filtrationsrate, tubulosekretorischen Funktion und seitengetrennter Funktionsanteile in einer Untersuchung möglich [40]. Durch die Darstellung der Funktion an sich unterscheidet sich die Nierenfunktionsszintigraphie von anderen bildgebenden Verfahren, bei denen versucht werden muss, durch Veränderungen der Morphologie die Funktionsstörung zu identifizieren. Die Untersuchung ist nicht invasiv, nicht nephrotoxisch und verursacht keine allergischen Reaktionen. Die Strahlenexposition des Harntraktes ist nicht höher als bei vergleichbaren Röntgenuntersuchungen und die effektive Dosis ist sogar deutlich niedriger.

1.2.4 Limitationen der Aussagekraft und Problemstellung

Die morphologische Darstellung der Nieren in der Nierenfunktionsszintigraphie ist bezüglich Auflösung und Kontrast anderen radiologischen Untersuchungsmethoden wie beispielsweise der Magnetresonanztomographie unterlegen. Aber auch in Bezug auf die Domäne der Nierenfunktions- und Diureseszintigraphie, der Beurteilung der renalen Abflussverhältnisse, gibt es Limitationen. Ein Hauptproblem ist die fehlende Definition von einer signifikanten, also behandlungsbedürftigen Obstruktion. Dieser Umstand ist zum Teil auf die fehlende Standardisierung des Untersuchungsablaufs zurückzuführen. Es gibt eine unüberschaubare Anzahl verschiedener Durchführungsprotokolle, die einer einheitlichen Standardisierung entgegenstehen. So verzichten beispielsweise einige nuklearmedizinische Abteilungen ganz auf die Nierenfunktionsszintigraphie ohne Furosemidapplikation und applizieren das Diuretikum gleich zu Beginn der Untersuchung (F+0 Methode) [16,119]. Verschiedene Consensusgruppen haben daraufhin Richtlinien für eine einheitliche Durchführung der Nierenfunktions- und Diureseszintigraphie erstellt [26,37,84]. Kontrovers wird dabei diskutiert, wie mit dem sogenannten Blaseneffekt und dem Orthostaseeffekt umzugehen ist. Es ist unbestritten,

dass eine gefüllte Blase zu einer Erhöhung des Druckes in Ureter und Nierenbecken führen kann und so aufgrund eines szintigraphisch verzögerten Abflusses eine Obstruktion vortäuschen kann (Blaseneffekt) [98]. Viele Institutionen, vor allem in den USA, begegnen diesem Problem durch das routinemäßige Legen eines Blasenkatheters vor der Untersuchung [53]. Viele Autoren halten jedoch dieses Vorgehen für zu invasiv und verzichteten auf eine standardmäßige Katheterisierung [99]. Statt dessen sollte man die Kinder nach Durchführung der Nierenfunktions- und nach der Diureseszintigraphie auffordern, aufzustehen und die Blase zu entleeren. Danach kann mittels eines Postmiktionsbildes die verbleibende Aktivität im Harnhohlraumssystem dargestellt und der Gesamtabfluss nach Blasenentleerung quantifiziert werden. Dieses Vorgehen bietet neben der im Vergleich zum Blasenkatheter geringeren Invasivität den weiteren Vorteil, dass durch die mit der Blasenentleerung verbundene Lageänderung des Kindes vom Liegen zum Stehen durch die Schwerkraft eine Normalisierung des Harnabflusses eintreten kann (Orthostaseeffekt) [37]. Dies ist von besonderer Bedeutung bei Kindern mit dilatiertem, hypotonen Nierenbecken, da sich aufgrund eines Reservoireffektes das Radiopharmakon im Nierenbecken ansammeln kann und unter Umständen auch mit diuretischer Stimulation ohne bestehender Obstruktion verzögert ausgeschieden wird. Der Orthostaseeffekt führt oft zu einem raschen Abfluss und kann so helfen, Fehldiagnosen zu vermeiden [98]. Allerdings existieren nur wenige Daten über den Effekt von Lageänderung und Blasenentleerung, für das sich im angloamerikanischen Sprachraum die Bezeichnung „Gravity-assisted Drainage“ durchgesetzt hat [98], so dass die Empfehlungen zur Integration dieses Manövers in die routinemäßige Durchführung der Nierenszintigraphie eher auf individuell-empirischen Überzeugungen als auf gesicherten klinischen Daten beruhen.

1.3 Ziel der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist es, den Effekt von Blasenentleerung und Lageänderung im Rahmen der nierenfunktionsszintigraphischen Diagnostik obstruktiver Abflussstörungen bei Kindern zu untersuchen. Dabei soll die Aufgabe zum einen darin bestehen, den Effekt von Blasenentleerung und Lageänderung nach der Nierenfunktionsszintigraphie ohne Furosemid zu quantifizieren und die diagnostische Wertigkeit dieses zusätzlichen

Manövers mit der Nierenfunktionsszintigraphie alleine zu vergleichen. Hintergrund ist die Überlegung, dass Patienten mit unzureichendem Abfluss nach der Nierenfunktionsszintigraphie durch eine Normalisierung des Abflusses nach Blasenentleerung und Lageänderung möglicherweise die Furosemidszintigraphie erspart werden kann, da eine Obstruktion bereits ausgeschlossen ist. Hierfür soll, wenn möglich, ein sinnvoller Schwellenwert gefunden werden, ab dem das Vorliegen einer Obstruktion bereits ohne Anwendung der Diureseszintigraphie auszuschließen ist. Zum anderen soll der Effekt der Blasenentleerung und Lageänderung nach der Diureseszintigraphie quantifiziert werden sowie die Frage beantwortet werden, ob die Durchführung einer Lageänderung und Blasenentleerung nach der Diureseszintigraphie einen diagnostischen Informationszugewinn gegenüber der Diureseszintigraphie ohne dieses Manöver in der Diagnostik obstruktiver Abflussstörungen ergibt.

2 Material und Methodik

2.1 Ablauf der Nierenfunktions- und Diureseszintigraphie

Die Durchführung der Nierenfunktionsszintigraphie mit und ohne Furosemidbelastung wurde entsprechend den Richtlinien des Paediatric Committee der European Association of Nuclear Medicine durchgeführt [37].

2.1.1 Patientenvorbereitung

Die Eltern bzw. ältere Kinder erhielten vor der Untersuchung detaillierte schriftliche Informationen über den gesamten Untersuchungsablauf. Die Einwilligung zur Untersuchung wurde eingeholt. Die Patienten mussten nicht nüchtern sein. Die Eltern bzw. das Stationspersonal wurden angewiesen, für eine gesteigerte Flüssigkeitszufuhr bzw. ausreichende orale Hydrierung des Kindes zu sorgen. In der Zeit zwischen Ankunft in der nuklearmedizinischen Abteilung und Beginn der Untersuchung erhielten Säuglinge eine zusätzliche Nahrungsflasche oder Brustmahlzeit, ältere Kinder wurden aufgefordert, vor der Untersuchung 250 bis 300 ml zu trinken. Bei Säuglingen und Kindern, die nicht trinken konnten, wurde 30 Minuten vor Untersuchungsbeginn 10 ml isotone Kochsalzlösung pro kg Körpergewicht intravenös appliziert.



Abbildung 5: Patient bei der oralen Hydrierung

Die Kinder wurde dazu angehalten, vor der Untersuchung ihre Blase zu entleeren. Säuglinge erhielten eine frische Windel. Hilfreich zur Beruhigung und Ablenkung der Kinder war die meist gegebene Anwesenheit der Eltern und die besonders kindgerechte Ausstattung der Untersuchungsräume der Abteilung für Nuklearmedizin mit Büchern und Spielzeug in einem speziell für Kinder eingerichteten Wartezimmer sowie mit einem Videorecorder im Kameraraum.



Abbildung 6: Kindgerechtes Wartezimmer

Bei bekannt schmerzempfindlichen Kindern wurde eine Anästhesiecreme 1 Stunde vor Legen der Venenverweilkanüle angewendet. Durch diese Maßnahmen konnte auf eine routinemäßige Sedierung der Kinder verzichtet werden. Ein Blasenkatheter wurde nicht routinemäßig gelegt.

Die Kinder wurden, wenn möglich, direkt auf der Kollimatoroberfläche gelagert. War dies nicht möglich, wurden die Kinder in Rückenlage in der Gammakamera positioniert und mit Klettenbändern fixiert. In jedem Fall wurde bei Einstellung des Kamerakopfes sichergestellt, dass Herz, Nieren und Blase im Gesichtsfeld der Kamera erschienen. Eine Venenverweilkanüle wurde gelegt.



Abbildung 7: Korrekte Lagerung des Kindes. Die Kinder hatten die Möglichkeit, während der Untersuchung einen Videofilm ihrer Wahl anzuschauen

2.1.2 Radiopharmakon

Als Radiopharmakon wurde Tc-99m-MAG3 verwendet. Die von der Paediatric Task Group der European Association of Nuclear Medicine empfohlene maximale Aktivitätsmenge für Erwachsene beträgt 70 MBq, das Minimum 15 MBq.[92] Die Aktivitätsmenge für das zu untersuchende Kind wurde entsprechend der Empfehlungen des Paediatric Committee der European Association of Nuclear Medicine basierend auf dem Körpergewicht des Kindes als Fraktion der Erwachsenenendosis berechnet: [92]

3 kg = 0,1	22 kg = 0,50	42 kg = 0,78
4 kg = 0,14	24 kg = 0,53	44 kg = 0,80
6 kg = 0,19	26 kg = 0,56	46 kg = 0,82
8 kg = 0,23	28 kg = 0,58	48 kg = 0,85
10 kg = 0,27	30 kg = 0,62	50 kg = 0,88
12 kg = 0,32	32 kg = 0,65	52-54 kg = 0,90
14 kg = 0,36	34 kg = 0,68	56-58 kg = 0,92
16 kg = 0,40	36 kg = 0,71	60-62 kg = 0,96
18 kg = 0,44	38 kg = 0,73	64-66 kg = 0,98
20 kg = 0,46	40 kg = 0,76	68 kg = 0,99

Tabelle 2: Empfohlene Fraktion der Erwachsenendosis für Kinder

2.1.3 Datenakquisition

Zur Datenakquisition wurde eine Doppelkopf-SPECT-Kamera vom Typ PRISM 2000XP mit einem Low Energy High Resolution Kollimator der Firma Marconi verwendet. Die Auswertung erfolgte an einem Odyssey-Rechner der Firma Marconi (Die Firma Marconi wurde mittlerweile in die Firma Philips integriert und firmiert daher jetzt unter dem Namen Philips).



Abbildung 8: Verwendete Gammakamera

Nach Injektion des Radiopharmakons in Bolusform wurden bei einem Energiepeak von 140 keV (20% Fensterbreite) unter Verwendung einer 64x64 Bildmatrix über 20 min 240 Bilder à 5 Sekunden akquiriert. Bei kleineren Kindern wurde je nach Körpergröße ein Zoomfaktor von 1,3, 1,6 oder 2 verwendet. Als Bildsequenz wurden 5 Sekunden pro Bild verwendet. Die Zeit der Akquisition der Nierenfunktionsszintigraphie betrug 20 Minuten (240 Bilder à 5 Sekunden). Betrug der Abfluss des Radiopharmakons nach diesen 20 Minuten $\geq 70\%$ des Aktivitätsmaximums, wurde eine Obstruktion als weitgehend ausgeschlossen angesehen und die Untersuchung war für diese Patienten beendet. Bei einem Abfluss $< 70\%$ wurden die Kinder nach der Nierenfunktionsszintigraphie aufgefordert, aufzustehen, herumzulaufen und ihre Blase zu entleeren. Säuglinge wurden von ihren Müttern auf den Arm genommen und die Windel gewechselt. Die Kinder sollten sich für ca. 5 Minuten in aufrechter Position befinden. Danach wurden die Kinder aufgefordert, sich wieder hinzulegen und die verbleibende Aktivität über beiden Nieren und den Ureteren wurde anhand des Kameradisplays (Persistencescope) visuell von dem betreuenden Arzt beurteilt. Wurde

der Abfluss als weitgehend vollständig beurteilt, wurde in Rückenlage über 2 Minuten Daten für eine Postmiktionsaufnahme akquiriert. Dabei wurden die gleichen Akquisitionsparameter wie bei der Nierenfunktionsszintigraphie verwendet. Betrag der Abfluss auf dem Postmiktionsbild $\geq 70\%$ des Aktivitätsmaximums in der Nierenfunktionsszintigraphie war die Untersuchung für diese Kinder beendet. Bei einem Abfluss $< 70\%$ der maximalen Aktivität wurde anschließend eine Diureseszintigraphie durchgeführt. Ebenfalls wurde eine Diureseszintigraphie ohne vorheriges Postmiktionsbild durchgeführt, wenn der Abfluss auf dem Scope als nicht ausreichend oder fraglich eingestuft wurde.

Die Datenakquisition für die Diureseszintigraphie wurde mit den gleichen Akquisitionsparametern einschließlich Matrixgröße und Vergrößerungsfaktor wie bei der Nierenfunktionsszintigraphie durchgeführt. Das Diuretikum Furosemid wurde zwei Minuten nach Start der Akquisition mit einer Dosierung von 1 mg pro kg Körpergewicht mit einem Dosismaximum von 20 mg intravenös injiziert. Die Akquisitionszeit betrug 20 Minuten. Betrag der Abfluss nach 20 Minuten $\geq 80\%$, war die Untersuchung für diese Kinder beendet. Bei einem Abfluss $< 80\%$ wurden die Kinder erneut aufgefordert, für ca. 5 Minuten aufzustehen und ihre Blase zu entleeren und ein weiteres Postmiktionsbild analog dem Procedere vor der Diureseszintigraphie wurde akquiriert.

Für die Berechnung der Nierenfunktion wurde dem Kind 1 bis 2 mal Blut abgenommen. Die erste Blutabnahme fand ca. 30 Minuten nach Injektion des Radiopharmakons, die zweite nach ca. 40 Minuten statt.

2.2 Auswertung der Nierenfunktions- und Diureseszintigraphie

Die Auswertung erfolgte mittels des Nierenauswerteprogramms der Firma Marconi auf einem Odyssey-Rechner.



Abbildung 9: Auswertung der Daten

2.2.1 Region-of-Interest-Technik

Alle Akquisitionsserien wurden mit der Region-of-Interest-Technik (ROI-Technik) ausgewertet. Manuell wurde am Computer für beide Nieren jeweils eine Nieren-ROI definiert, die sich orientierend an der Nierenaußenkontur sowohl die gesamte Niere als auch das Nierenbecken umfasste. Für die Korrektur der Untergrundaktivität wurden zusätzliche perirenale ROIs mit einem Abstand von ca. 1-2 Pixel um die Nieren-ROIs gezeichnet. Diese Technik wurde sowohl bei der Nierenfunktionsszintigraphie als auch der Diureseszintigraphie angewendet. Zusätzlich wurde zur Erfassung der Teilkörperaktivität eine Teilkörper-ROI oberhalb der Nieren unter Einschluss von Leber und Milz, aber ohne Einschluss des Herzens definiert.

Für die dynamischen Bildserien der Nierenfunktionsszintigraphie, der Diureseszintigraphie und der Postmiktionsbilder wurde für alle Nieren anhand der durch die ROI-Technik ermittelten Zeit-Aktivitäts-Verläufe eine Renogrammkurve berechnet.

2.2.2 Berechnung des Abflusses

Für beide Nieren wurde getrennt aus dem jeweiligen Aktivitätsmaximum der Renogrammkurve der Nierenfunktionsszintigraphie und der Restaktivität 20 Minuten nach Injektion des Radiopharmakons der Aktivitätsabfall in Prozent vom Aktivitätsmaximum berechnet. Diese Zahl spiegelt den Abfluss des Radiopharmakons aus Niere und Nierenbeckenkelchsystem während der Nierenfunktionsszintigraphie wider.

Ebenso wurde der Aktivitätsabfall nach Umlagerung und Blasenentleerung aus der am Ende der Aufnahme des Postmiktionsbildes gemessenen Aktivität in Prozent des Aktivitätsmaximums während der Nierenfunktionsszintigraphie berechnet. Diese Prozentzahl spiegelt den Abfluss des Radiopharmakons während der Nierenfunktionsszintigraphie und der Umlagerung und Blasenentleerung wieder. Analog wurde der Abfluss in Prozent des Aktivitätsmaximums in der Nierenfunktionsszintigraphie sowohl am Ende der Diureseszintigraphie, als auch nach der Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie anhand des Postmiktionsbildes berechnet.

2.2.3 Berechnung der Nierenfunktion

2.2.3.1 Tubuläre Extraktionsrate

Vor Injektion des Radiopharmakons wurde die Aktivität der vollen Spritze in einem Bohrloch gemessen und notiert. Ebenso wurde die Aktivität der leeren Spritze nach Applikation des Radiopharmakons gemessen und dokumentiert. Das abgenommene EDTA-Blut wurde zentrifugiert und die Aktivität von bis zu 1 ml Serum im Bohrloch gemessen. Aus diesen Daten wurde unter Berücksichtigung von Gewicht und Größe des Patienten die tubuläre Extraktionsrate (TER) der Nieren und der Normalwert nach Bubeck berechnet [18-20].

2.2.3.2 Seitengetrennte Nierenfunktion

Die seitengetrennte Nierenfunktion als Prozentzahl der Gesamtfunktion wurde nach Oberhausen berechnet [83]. Hierbei erfolgt die Berechnung der Fläche zwischen Teilkörperaktivitätskurve und der jeweiligen Nephrogrammkurve etwa 1 bis 2 Minuten nach initialem Kurvenanstieg. Dafür wird die Untergrundkurve so multipliziert, dass sie die jeweilige Nephrogrammkurve 1 Minute nach initialem Kurvenanstieg schneidet. Die Gesamtclearance ist dann proportional zur Summe der beiden Flächen und die relative Leistung der rechten bzw. der linken Niere ergibt sich aus dem Verhältnis der berechneten Fläche für jede einzelne Niere zur Summe beider Flächen.

2.2.4 Erstellung der Summationsbilder

Die akquirierten Daten der Nierenfunktionsszintigraphie und der Diureseszintigraphie wurden zur visuellen Beurteilung zu Summationsbildern verarbeitet. Je 24 Bilder à 5 Sekunden wurden zu Zwei-Minuten-Summationsbildern addiert. Aus den nach Umlagerung und Blasenentleerung akquirierten 24 Bildern à fünf Sekunden wurde zur visuellen Beurteilung des Effektes der Lageänderung und Blasenentleerung ebenfalls ein Zwei-Minuten-Summationsbild berechnet.

2.3 Quantifizierung des Effektes von Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie

2.3.1 Patienten

2.3.1.1 Einschlusskriterium, Anzahl, Alter und Geschlechtsverteilung

Im Zeitraum von April 2000 bis Januar 2001 wurde bei 240 Patienten mit insgesamt 459 Niereneinheiten (Funktionseinheit aus Niere und Ureter) eine Nierenfunktionsszintigraphie mit Tc-99m-MAG3 in der Nuklearmedizinischen Abteilung der Kinderklinik und Poliklinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital durchgeführt und retrospektiv ausgewertet. Ein Abfluss $\geq 70\%$ nach der Nierenfunktionsszintigraphie wurde als sicheres Ausschlusskriterium einer signifikanten Obstruktion gewertet und daher auf eine weitere Abklärung mittels Umlagerung und

Blasenentleerung verzichtet. Somit wurden zur Quantifizierung des Effektes der Lageänderung und Blasenentleerung nur Niereneinheiten in die Untersuchung aufgenommen, deren Abfluss nach der Nierenfunktionsszintigraphie weniger als 70% des Aktivitätsmaximums betrug und daher eine Lageänderung und Blasenentleerung durchgeführt wurde. Dieses Kriterium erfüllten 264 Niereneinheiten beziehungsweise 171 Patienten. Das Alter dieser Patienten zur Zeit der Untersuchung reichte von 6 Tagen bis zu 21 Jahre, das Durchschnittsalter betrug 4 Jahre. Von den 171 Patienten waren 122 männlichen und 49 weiblichen Geschlechts.

2.3.1.2 Indikation zur Nierenfunktionsszintigraphie

Die Indikation zur Nierenfunktionsuntersuchung wurde anhand der Klinik des jeweiligen Patienten und der entsprechenden Voruntersuchungen überprüft.

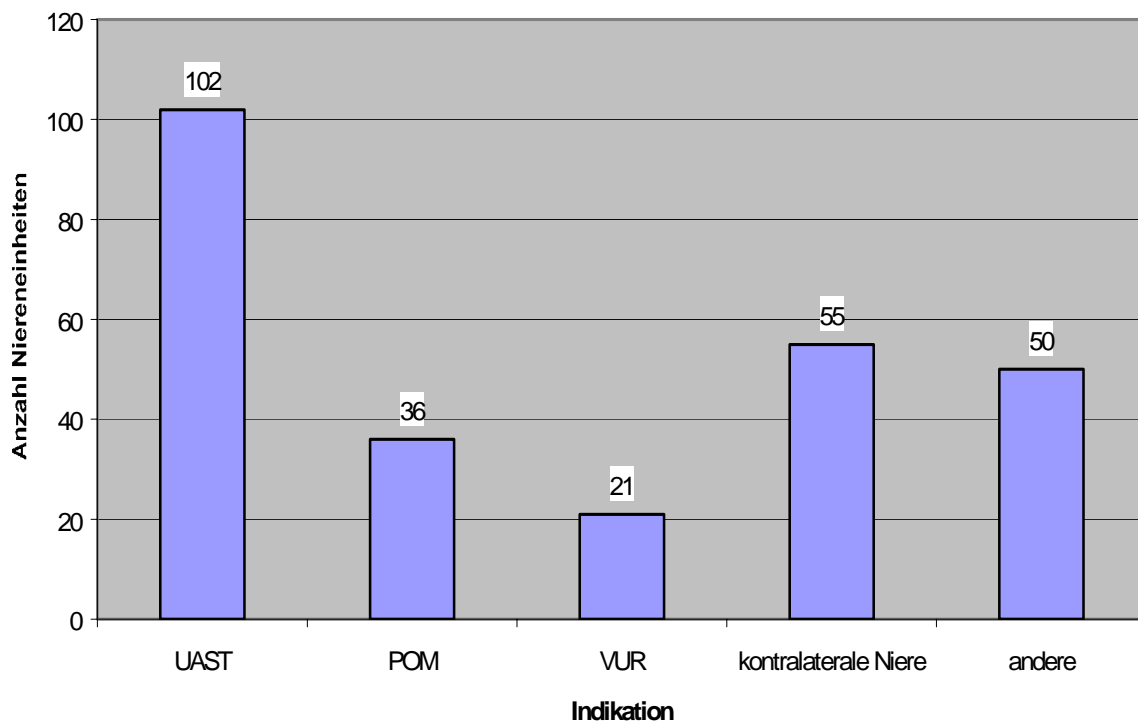


Abbildung 10: Indikationen zur Nierenfunktionsszintigraphie

102 Niereneinheiten wurden zur Abklärung einer Ureterabgangsstenose (UAST) untersucht. Von diesen 102 Niereneinheiten waren vor dem Untersuchungszeitpunkt 28 Niereneinheiten durch eine Pyeloplastik operativ behandelt worden. Bei den übrigen 74

Niereneinheiten bestand der Verdacht auf eine Ureterabgangsstenose aufgrund von Befunden anderer bildgebender Modalitäten.

36 Niereneinheiten wurden zur Abklärung eines primären obstruktiven Megaureters (POM) zur Nierenfunktionsszintigraphie überwiesen worden. Davon waren vor dem Untersuchungszeitpunkt bereits 5 operativ durch Ureterneueinpflanzung behandelt worden. 21 Niereneinheiten wurden mit Verdacht auf oder gesichertem vesikoureteralen Reflux (VUR) nierenfunktionsszintigraphisch abgeklärt zum Ausschluss einer zusätzlichen obstruktiven Abflussstörung. 55 Niereneinheiten wurden in die Untersuchung miteinbezogen, da sie einen unzureichenden Abfluss nach der Nierenfunktionsszintigraphie zeigten (<70%), obwohl die Untersuchung primär zur Abklärung der kontralateralen Niere angefordert worden war. Die übrigen 50 Niereneinheiten, die in die Untersuchung miteingeschlossen wurden, zeigten sehr heterogene Indikationen zur Durchführung der Szintigraphie, wobei letztendlich immer die Beurteilung von Nierenfunktion und Abflusssituation im Vordergrund stand. Diese übrigen Indikationen (Anzahl der Niereneinheiten in Klammern) bestanden aus Doppelnieren mit Z.n. oberer Polresektion (3), Urethralklappen (14), rezidivierende Harnwegesinfekte (2), malrotierte Niere (1), Nephrocalcinose (2), Raumforderung im Bereich der Niere (1), dysplastische Niere (1), Konkrement im Ureter (2), Neurogene Blase (7), Verdacht auf Beckenniere (1), Kloakensyndrom (1), Hinman-Syndrom (2), Verdacht auf Nierenarterienstenose (2), Zustand nach Ileumkonduit (1), Blasenexstrophie (6), kleine Niere in der Urographie (1), Sober Stoma (1), Zustand nach caudaler Verlegung der Niere bei Harnleiterverlust (1) und Ureter fissus bei Zustand nach Ureterreimplantation (1).

2.3.2 Quantifizierung des Effektes von Blasenentleerung und Umlagerung

Nach Blasenentleerung und Umlagerung wurde mittels Postmiktionsbild der Abfluss als Prozentzahl bezogen auf das Countmaximum während der Nierenfunktionsszintigraphie berechnet. Von diesem Wert wurde der Gesamtabfluss nach der Nierenfunktionsszintigraphie abgezogen und somit der durch die Umlagerung und Blasenentleerung bedingte zusätzliche Abfluss bestimmt.

Die Verteilung der Abflussänderungen durch dieses Manöver im einzelnen wurde für alle untersuchten Niereneinheiten sowie für die Subgruppen der Niereneinheiten mit vermuteter Ureterabgangsstenose und primären obstruktiven Megaureter dargestellt und Mittelwerte der Abflussänderung berechnet. Bei den genannten Subgruppen von Niereneinheiten mit Ureterabgangsstenose und primärem obstruktiven Megaureter wurden zusätzlich die operierten und nicht operierten Niereneinheiten getrennt ausgewertet und dargestellt.

2.4 Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der zusätzlichen Lageänderung und Blasenentleerung im Vergleich zur Nierenfunktionsszintigraphie alleine

Neben der rein deskriptiven Darstellung des Effektes von Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie wurde versucht, die diagnostische Wertigkeit der zusätzlichen Lageänderung und Blasenentleerung im Vergleich zur Nierenfunktionsszintigraphie alleine in der Diagnostik renaler Abflussstörungen zu bestimmen.

2.4.1 Einschlusskriterium und Goldstandard

Als Goldstandard in der Beurteilung, ob eine signifikante Abflussbehinderung vorlag, diente der Follow-up über mindestens 6 Monate nach Durchführung der Nierenfunktionsszintigraphie. Eine Obstruktion galt als gesichert, wenn in der Folgeuntersuchung nach mindestens 6 Monaten sich szintigraphisch die Nierenpartialfunktion der betroffenen Niere um mindestens 5% verringert oder die Hydronephrose sonographisch gegenüber der Voruntersuchung zugenommen hatte. Eine Befundkonstanz oder Befundbesserung im Ultraschall bzw. in der Nierenfunktionsszintigraphie wurde als nicht-obstruktiv gewertet. Die letzte in diese Untersuchung einbezogene Nierenfunktionsszintigraphie wurde im Januar 2001 durchgeführt. Der Beobachtungszeitraum für den Follow-up erstreckte sich bis April 2004, also mehr als 3 Jahre nach Abschluss der letzten Primäruntersuchung. Eingeschlossen wurden von den 264 Niereneinheiten mit einem unzureichenden Abfluss nach der Nierenfunktionsszintigraphie (<70%) und anschließender Blasenentleerung und Umlagerung alle Niereneinheiten die in diesem Sinne einen

ausreichend dokumentierten Follow-up aufweisen konnten. Dieses Kriterium erfüllten 139 Niereneinheiten.

Zusätzlich wurde dokumentiert, ob im Beobachtungszeitraum bis April 2004 eine operative Intervention zur Behandlung einer Obstruktion stattfand.

2.4.2 Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der Nierenfunktionsszintigraphie ohne anschließende Lageänderung und Blasenentleerung

Zur Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der Nierenfunktionsszintigraphie ohne anschließende Lageänderung und Blasenentleerung in der Diagnose bzw. im Ausschluss einer behandlungsbedürftigen Obstruktion wurden Sensitivität, Spezifität, positiver und negativer Vorhersagewert und die Genauigkeit, definiert als die Summe von richtig positiven und richtig negativen Fällen geteilt durch die Gesamtzahl der untersuchten Fälle, für verschiedene Schwellenwerte des Abflusses nach der Nierenfunktionsszintigraphie berechnet. Diese Schwellenwerte wurden im Abstand von 10% festgelegt und betragen somit 10%, 20%, 30%, 40%, 50% und 60%. Ein Schwellenwert von 70% oder größer konnte nicht untersucht werden, da Nieren mit einem Abfluss von mindestens 70% am Ende der Nierenfunktionsszintigraphie nicht in diese Untersuchung eingeschlossen wurden.

2.4.3 Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der Nierenfunktionsszintigraphie mit anschließender Lageänderung und Blasenentleerung

Zur Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der Nierenfunktionsszintigraphie mit anschließender Lageänderung und Blasenentleerung in der Diagnose bzw. im Ausschluss einer behandlungsbedürftigen Obstruktion wurden Sensitivität, Spezifität, positiver und negativer Vorhersagewert und die Genauigkeit für verschiedene Schwellenwerte des Abflusses nach Umlagerung und Blasenentleerung berechnet. Diese Schwellenwerte wurden im Abstand von 10% festgelegt und betragen somit 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% und 90%.

2.4.4 Vergleich der diagnostischen Wertigkeit der Nierenfunktionsszintigraphie mit und ohne Lageänderung und Blasenentleerung

Die verschiedenen Abflussschwellenwerte in der Nierenfunktionsszintigraphie mit und ohne Umlagerung und Blasenentleerung wurden hinsichtlich Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert und Genauigkeit miteinander verglichen. Zusätzlich wurde mit dem Computerprogramm Analyse-it® eine Receiver Operator Characteristic-Analyse (ROC-Analyse) durchgeführt. Die ROC-Analyse dient dem Vergleich verschiedener diagnostischer Tests mit dichotomen Entscheidungen (hier: signifikante Obstruktion Ja/Nein). Für die ROC-Analyse wird für jeden Test eine ROC-Kurve definiert. Die Punkte der ROC-Kurve bestimmen sich aus Sensitivität als y-Koordinate und 1-Spezifität als x-Koordinate für unterschiedliche Schwellenwerte. Als Schwellenwert wurde von dem Programm jeder einzelne Abflusswert hinsichtlich Sensitivität und Spezifität evaluiert. Derjenige Test gilt als überlegen, dessen Kurve visuell weiter links und weiter oberhalb verläuft und somit eine höhere Sensitivität und Spezifität aufweist [41]. Objektiviert wird der Vergleich durch die Bestimmung der Fläche unterhalb der Kurve. Derjenige Test mit der größeren Fläche unter der Kurve gilt als diagnostisch überlegen. Zur Quantifizierung der Flächen und zum statistischen Vergleich wendet das Programm Analyse-it® die Methode von Hanley und McNeil an [42]. Dieses Vergleichsverfahren wurde auf die Nierenfunktionsszintigraphie ohne anschließende Lageänderung und Blasenentleerung und auf die Nierenfunktionsszintigraphie mit anschließender Lageänderung und Blasenentleerung angewendet.

2.5 Quantifizierung des Effektes der Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie

Zur Quantifizierung des Effektes der Lageänderung und Blasenentleerung nach der Diureseszintigraphie wurden alle Niereneinheiten miteinbezogen, die nach der Diureseszintigraphie einen Abfluss von weniger als 80% des Aktivitätsmaximums zeigten. Dieses Kriterium erfüllten 71 Niereneinheiten. Bei einem Abfluss von über

80% nach der Diureseszintigraphie wurde auf die Umlagerung und Blasenentleerung aufgrund des bereits fast vollständigen Abflusses verzichtet.

Nach Blasenentleerung und Umlagerung wurde mittels Postmiktionsbild der Abfluss als Prozentzahl bezogen auf das Countmaximum während der Nierenfunktionsszintigraphie berechnet. Von diesem Wert wurde der Gesamtabfluss nach der Diureseszintigraphie abgezogen und somit der durch die Umlagerung und Blasenentleerung bedingte zusätzliche Abfluss berechnet.

Die Verteilung der Abflussänderungen durch dieses Manöver im Einzelnen wurde für alle untersuchten Niereneinheiten sowie für die Subgruppen der Niereneinheiten mit vermuteter Ureterabgangsstenose dargestellt und Mittelwerte der Abflussänderung berechnet. Bei den Niereneinheiten der Subgruppe Ureterabgangsstenose wurden zusätzlich die operierten und nicht operierten Niereneinheiten getrennt ausgewertet und dargestellt. Auf die gesonderte Auswertung der Niereneinheiten mit primärem obstruktiven Megaureter wurde aufgrund geringer Fallzahl (8 Niereneinheiten insgesamt) verzichtet.

2.6 Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der zusätzlichen Lageänderung und Blasenentleerung im Vergleich zur Diureseszintigraphie alleine

Neben der rein deskriptiven Darstellung des Effektes von Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie wurde versucht, die diagnostische Wertigkeit der zusätzlichen Lageänderung und Blasenentleerung im Vergleich zur Diureseszintigraphie alleine in der Diagnostik renaler Abflussstörungen zu bestimmen.

2.6.1 Einschlusskriterium und Goldstandard

Als Goldstandard diene erneut, wie oben bereits dargestellt, der szintigraphische oder sonographische Follow-up über mindestens 6 Monate.

Eingeschlossen wurden alle Niereneinheiten mit einem unzureichenden Abfluss nach der Nierenfunktionsszintigraphie (<80%) und anschließender Blasenentleerung und

Umlagerung, die in diesem Sinne einen ausreichend dokumentierten Follow-up aufweisen konnten. Dieses Kriterium erfüllten 56 Niereneinheiten.

Zusätzlich wurde dokumentiert, ob eine operative Intervention zur Behandlung einer Obstruktion im Beobachtungszeitraum bis April 2004 stattfand.

2.6.2 Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der Diureseszintigraphie ohne anschließender Lageänderung und Blasenentleerung

Zur Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der Nierenfunktionsszintigraphie ohne anschließende Lageänderung und Blasenentleerung in der Diagnose bzw. im Ausschluss einer behandlungsbedürftigen Obstruktion wurden Sensitivität, Spezifität, positiver und negativer Vorhersagewert und die Genauigkeit für verschiedene Schwellenwerte des Abflusses nach der Diureseszintigraphie berechnet. Diese Schwellenwerte wurden im Abstand von 10% festgelegt und betragen somit 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% und 70%. Ein Schwellenwert von 80% oder größer konnte nicht untersucht werden, da Nieren mit einem Abfluss von mindestens 80% am Ende der Diureseszintigraphie nicht in diesen Teil der Untersuchung aufgenommen wurden.

2.6.3 Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der Diureseszintigraphie mit anschließender Lageänderung und Blasenentleerung

Zur Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der Diureseszintigraphie mit anschließender Lageänderung und Blasenentleerung wurden Sensitivität, Spezifität, positiver und negativer Vorhersagewert und die Genauigkeit für verschiedene Schwellenwerte des Abflusses nach Umlagerung und Blasenentleerung berechnet. Diese Schwellenwerte wurden im Abstand von 10% festgelegt und betragen somit 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% und 90%.

2.6.4 Vergleich der diagnostischen Wertigkeit der Diureseszintigraphie mit und ohne Lageänderung und Blasenentleerung

Die verschiedenen Abflussschwellenwerte in der Diureseszintigraphie mit und ohne Umlagerung und Blasenentleerung wurden hinsichtlich Sensitivität, Spezifität, positiven

und negativen Vorhersagewert und Genauigkeit miteinander verglichen. Zusätzlich wurde analog dem unter Punkt 2.4.4 dargestellten Vorgehen eine Receiver Operator Characteristic-Analyse (ROC-Analyse) durchgeführt und mittels Vergleich der Flächen unter den ROC-Kurven die Diureseszintigraphie mit und ohne anschließende Umlagerung und Blasenentleerung hinsichtlich ihrer diagnostischen Wertigkeit miteinander verglichen.

3 Ergebnisse

3.1 Quantifizierung des Effektes von Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie

3.1.1 Alle Indikationen

Durch die Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie verbesserte sich der Abfluss im Mittel um 22% bei Berücksichtigung aller 264 in die Untersuchung eingeschlossenen Niereneinheiten. Die Abflussveränderung reichte von einer Abflussverbesserung um 90% einerseits, bis hin zu einer Zunahme der Aktivität um 18% andererseits. Die Zunahme der Aktivität während Lageänderung und Blasenentleerung ist durch vesikoureteralen Reflux zu erklären, wodurch Radioaktivität aus der Blase wieder in das Nierenbeckenkelchsystem gelangt.

Die Verteilung der Abflussveränderungen durch Lageänderung und Blasenentleerung nach der Nierenfunktionsszintigraphie ist in folgender Abbildung dargestellt:

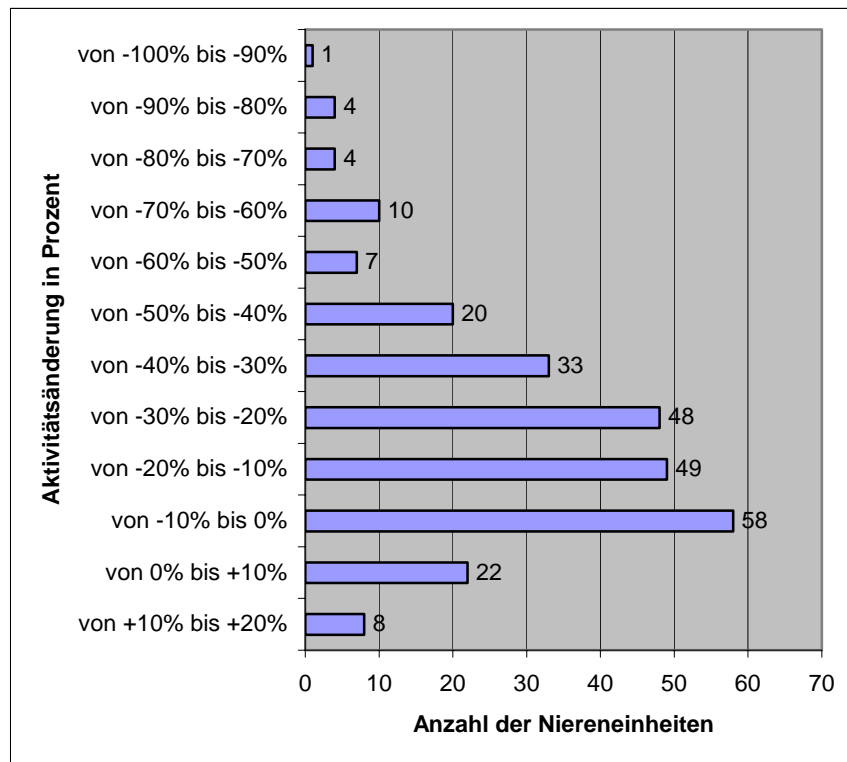


Abbildung 11: Abflussänderung durch Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie unter Berücksichtigung aller untersuchten Niereneinheiten

Von den 264 Niereneinheiten zeigten 188 eine Abflussverbesserung zwischen 0 und 40%. Der Abfluss verbesserte sich bei 89 von 264 Niereneinheiten (entspricht 34% der Fälle) auf über 70%.

3.1.2 Ureterabgangsstenose

Es wurden insgesamt 102 Niereneinheiten mit gesicherter oder sonographischen Verdacht auf Ureterabgangsstenose untersucht. Durchschnittlich verbesserte sich der Abfluss um 18%. Die Abflussänderung reichte von einer Zunahme der Aktivität über Niere und Nierenbeckenkelchsystem von 18% bis hin zu einer Abflussverbesserung um 86%.

Bei 24 der 102 Niereneinheiten verbesserte sich der Abfluss auf über 70%.

Die Verteilung der Abflussveränderungen durch Lageänderung und Blasenentleerung nach der Nierenfunktionsszintigraphie ist in folgender Abbildung dargestellt:

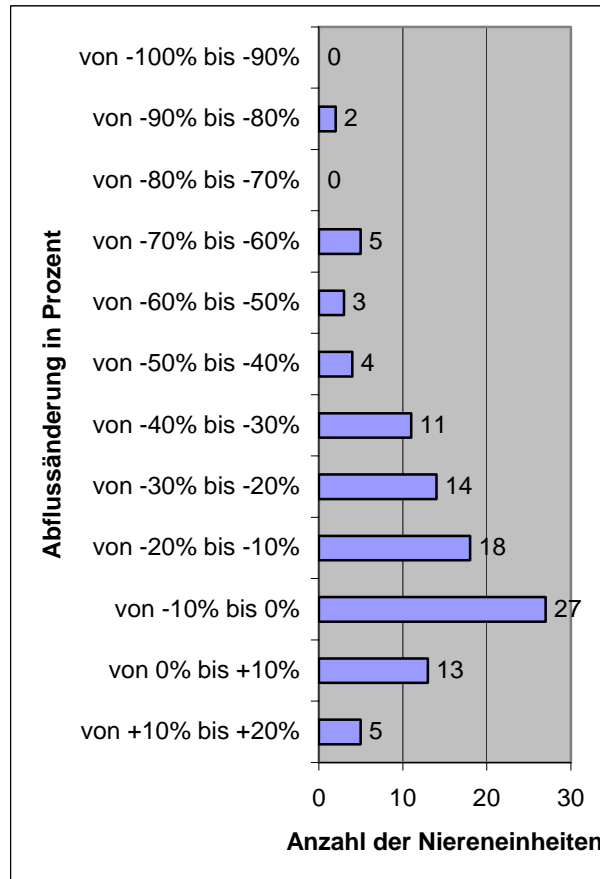


Abbildung 12: Abflussänderung durch Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie unter Berücksichtigung aller untersuchten Niereneinheiten mit gesicherter oder Verdacht auf Ureterabgangsstenose

Von den insgesamt 102 Niereneinheiten mit gesicherter oder sonographischen Verdacht auf Ureterabgangsstenose waren bis zum Untersuchungszeitpunkt 74 Niereneinheiten nicht operativ behandelt worden. In dieser Subgruppe verbesserte sich der Abfluss um durchschnittlich 17%. Die Abflussveränderung reichte von einer Zunahme der Aktivität über Niere und Nierenbeckenkelchsystem von 18% bis hin zu einer Abflussverbesserung um 68%.

Bei 15 der 74 Niereneinheiten verbesserte sich der Abfluss auf über 70%.

Die Verteilung der Abflussveränderungen durch Lageänderung und Blasenentleerung nach der Nierenfunktionsszintigraphie ist in folgender Abbildung dargestellt:

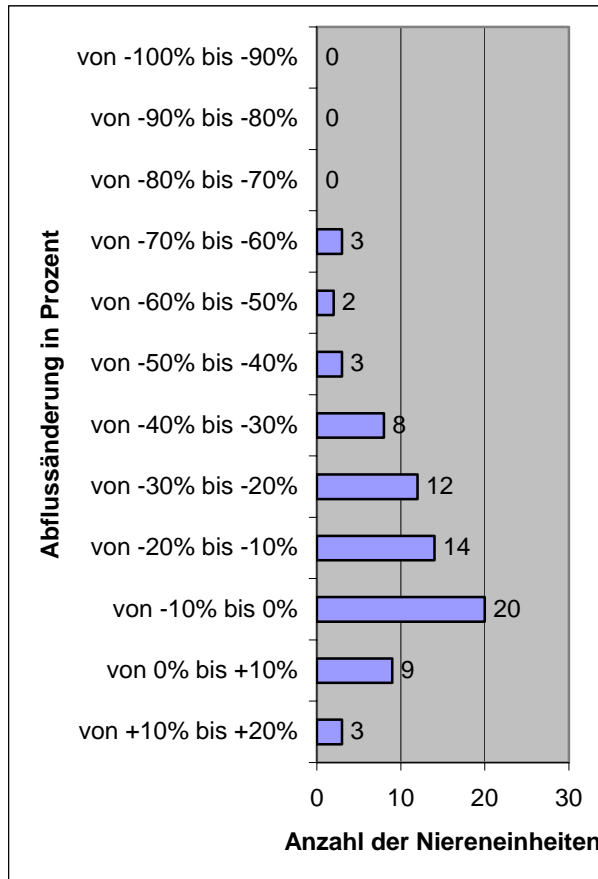


Abbildung 13: Abflussänderung durch Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie unter Berücksichtigung aller untersuchten Niereneinheiten mit gesicherter oder Verdacht auf Ureterabgangsstenose ohne operative Behandlung zum Untersuchungszeitpunkt

Von den insgesamt 102 Niereneinheiten mit gesicherter oder sonographischen Verdacht auf Ureterabgangsstenose waren vor dem Untersuchungszeitpunkt 28 Niereneinheiten bereits operativ durch Pyeloplastik behandelt worden. In dieser Subgruppe verbesserte sich der Abfluss um durchschnittlich 22%. Die Abflussveränderung reichte von einer Zunahme der Aktivität über Niere und Nierenbeckenkelchsystem von 13% bis hin zu einer Abflussverbesserung um 86%.

Bei 9 der 28 Niereneinheiten verbesserte sich der Abfluss auf über 70%.

Die Verteilung der Abflussveränderungen durch Lageänderung und Blasenentleerung nach der Nierenfunktionsszintigraphie ist in folgender Abbildung dargestellt:

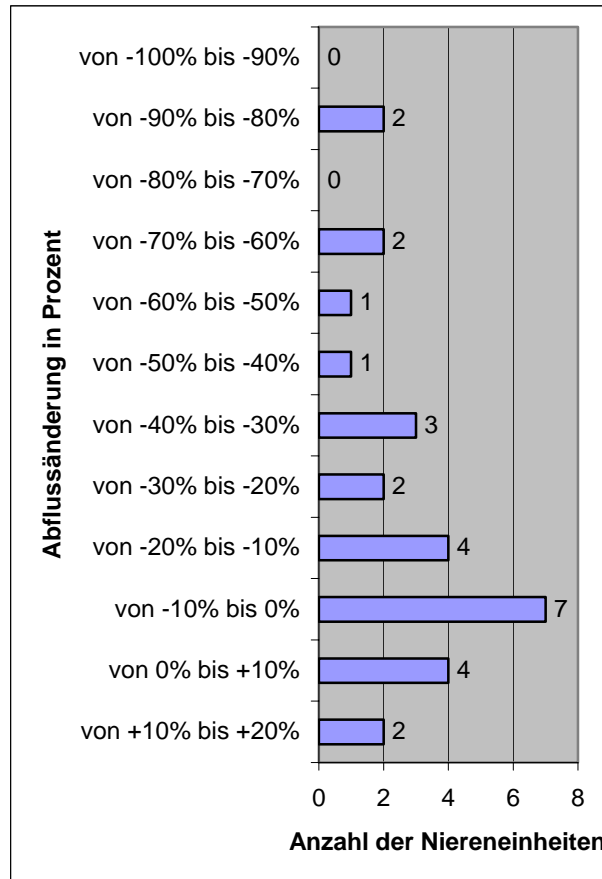


Abbildung 14: Abflussänderung durch Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie unter Berücksichtigung aller untersuchten Niereneinheiten mit Ureterabgangsstenose nach Pyeloplastik

3.1.3 Primärer Obstruktiver Megaureter

Es wurden insgesamt 36 Niereneinheiten mit gesicherter oder sonographischen Verdacht auf primären obstruktiven Megaureter untersucht. Durchschnittlich verbesserte sich der Abfluss um 19%. Die Abflussveränderung reichte von einer Zunahme der Aktivität über Niere und Nierenbeckenkelchsystem von 4,2% bis hin zu einer Abflussverbesserung um 61% Prozent.

Bei 8 der 36 Niereneinheiten verbesserte sich der Abfluss auf über 70%.

Die Verteilung der Abflussveränderungen durch Lageänderung und Blasenentleerung nach der Nierenfunktionsszintigraphie ist in folgender Abbildung dargestellt:

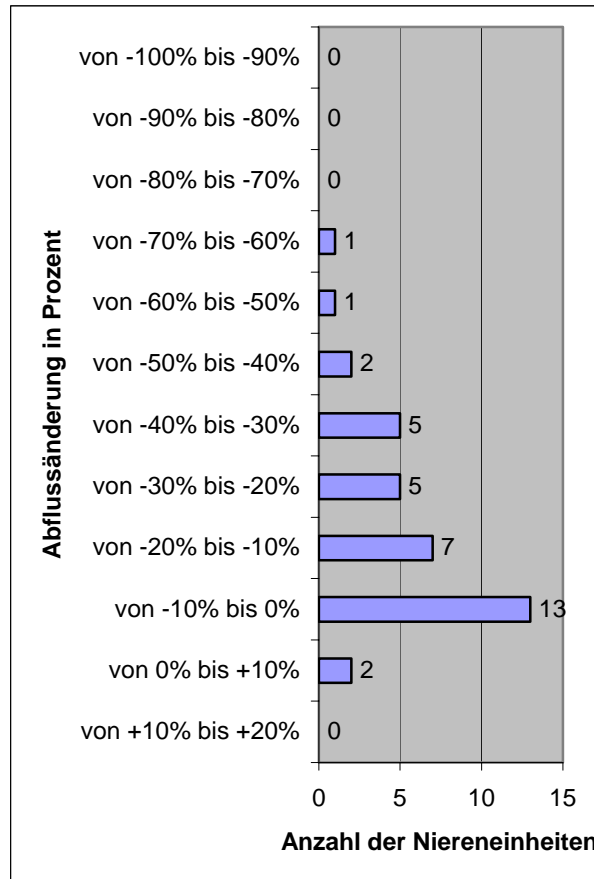


Abbildung 15: Abflussänderung durch Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie unter Berücksichtigung aller untersuchten Niereneinheiten mit gesicherten oder Verdacht auf primären obstruktiven Megaureter

Von den insgesamt 36 Niereneinheiten mit gesicherten oder sonographischen Verdacht auf primären obstruktiven Megaureter waren vor dem Untersuchungszeitpunkt 31 Niereneinheiten nicht operativ behandelt worden. In dieser Subgruppe verbesserte sich der Abfluss um durchschnittlich 18%. Die Abflussveränderung reichte von einer Zunahme der Aktivität über Niere und Nierenbeckenkelchsystem von 4% bis hin zu einer Abflussverbesserung um 57%.

Bei 6 der 31 Niereneinheiten verbesserte sich der Abfluss auf über 70%.

Die Verteilung der Abflussveränderungen durch Lageänderung und Blasenentleerung nach der Nierenfunktionsszintigraphie ist in folgender Abbildung dargestellt:

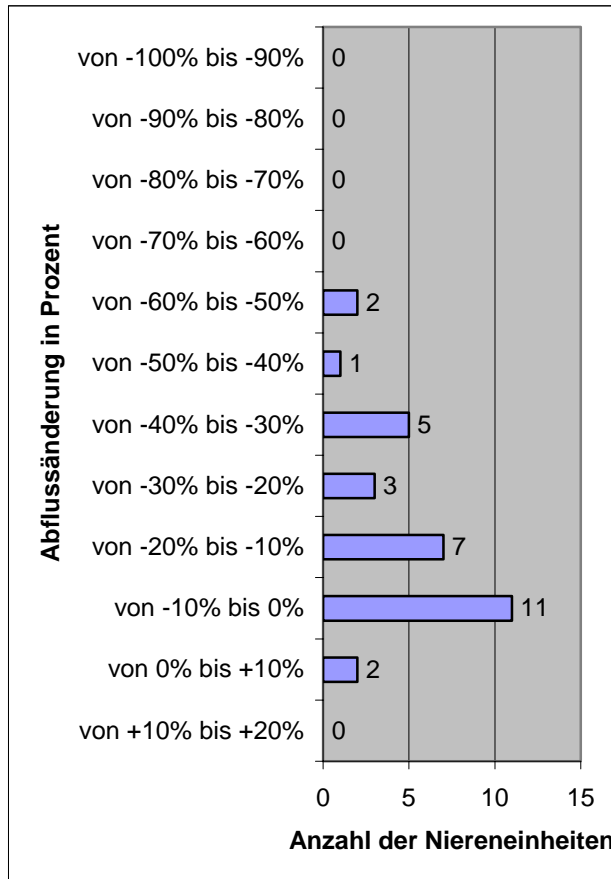


Abbildung 16: Abflussänderung durch Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie unter Berücksichtigung aller untersuchten Niereneinheiten mit gesicherten oder Verdacht auf primären obstruktiven Megaureter ohne operative Behandlung vor dem Untersuchungszeitpunkt

Von den insgesamt 36 Niereneinheiten mit gesicherten oder sonographischen Verdacht auf primären obstruktiven Megaureter waren zum Untersuchungszeitpunkt lediglich 5 Niereneinheiten bereits operativ behandelt worden. In dieser Subgruppe verbesserte sich der Abfluss um durchschnittlich 28%. Die Abflussverbesserung reichte von 5% bis hin zu 61%.

Bei 2 der 5 Niereneinheiten verbesserte sich der Abfluss auf über 70%.

Die Verteilung der Abflussveränderungen durch Lageänderung und Blasenentleerung nach der Nierenfunktionsszintigraphie ist in folgender Abbildung dargestellt:

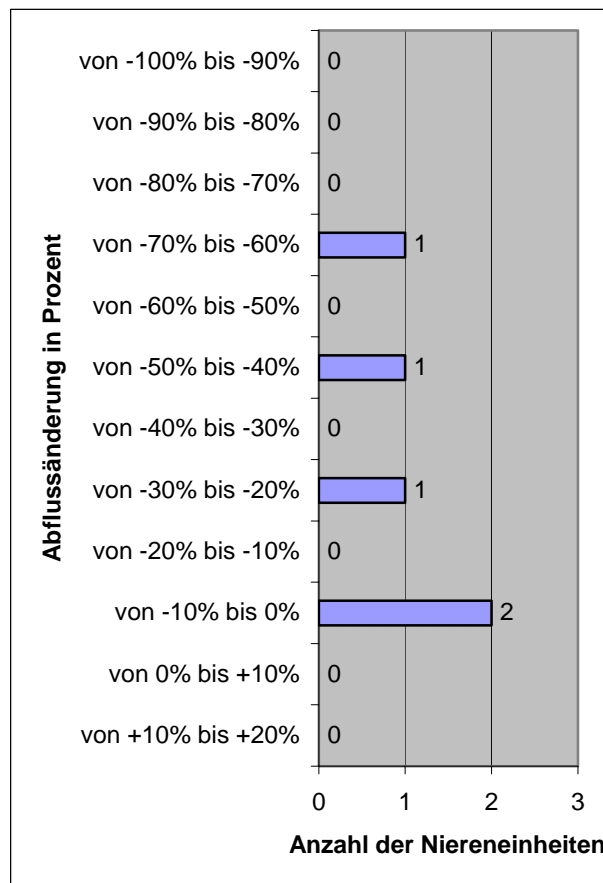


Abbildung 17: Abflussänderung durch Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie unter Berücksichtigung aller untersuchten Niereneinheiten mit gesicherten oder Verdacht auf primären obstruktiven Megaureter und operativer Intervention vor dem Untersuchungszeitpunkt

3.1.4 Zusammenfassung

Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse aus diesem Untersuchungspunkt zusammen:

Indikation	Niereneinheiten	Abflussänderung in %			Niereneinheiten mit Gesamtabfluss >70% nach Umlagerung
		Mittelwert	Maximum	Minimum	
Alle	264	-22	-90	18	89
UAST	102	-18	-86	18	24
UAST ohne OP	74	-17	-68	18	15
UAST nach OP	28	-22	-86	13	9
POM	36	-19	-61	4	8
POM ohne OP	31	-18	-57	4	6
POM nach OP	5	-28	-61	-5	2

Tabelle 3: Übersicht über die Ergebnisse der Abflussänderung nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie

3.2 Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der zusätzlichen Lageänderung und Blasenentleerung im Vergleich zur Nierenfunktionsszintigraphie alleine

Zur Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der Nierenfunktionsszintigraphie mit und ohne anschließende Lageänderung und Blasenentleerung in der Diagnose bzw. im Ausschluss einer behandlungsbedürftigen Obstruktion wurden Sensitivität, Spezifität, positiver und negativer Vorhersagewert und die Genauigkeit für verschiedene Schwellenwerte des Abflusses nach der Nierenfunktionsszintigraphie bzw. nach der anschließenden Lageänderung und Blasenentleerung berechnet.

Von denen in diesen Teil der Untersuchung eingeschlossenen 139 Niereneinheiten wurden durch den Follow-up, gemäß der definierten Kriterien, 29 Niereneinheiten als obstruktiv gewertet, 110 als nicht obstruktiv. Von den 29 durch Follow-up gesicherten Obstruktionen wurden 22 im Beobachtungszeitraum bis Mai 2004 zur Behandlung der Abflussbehinderung operiert, 7 wurden weiter beobachtet. Von den 110 durch Follow-up gesichert nicht obstruktiven Niereneinheiten wurde keine einzige Niereneinheit operiert, wenn man von drei Ureterreimplantation absieht, die jedoch in allen Fällen zur Behandlung eines vesikoureteralen Refluxes durchgeführt wurden.

Im Folgenden werden die Ergebnisse für die einzelnen Schwellenwerte zur Diagnose bzw. zum Ausschluss obstruktiver Abflussstörungen vorgestellt. Bei einem Schwellenwert von beispielsweise 60% wird ein Abfluss von weniger als 60% als obstruktiv, ein Abfluss $\geq 60\%$ als nicht obstruktiv gewertet.

3.2.1 Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der Nierenfunktionsszintigraphie ohne anschließende Lageänderung und Blasenentleerung

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten in der Nierenfunktionsszintigraphie und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 60%.

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
$\geq 60\%$ (= nicht obstruktiv)	0	24	24
$< 60\%$ (= obstruktiv)	29	86	115
Gesamt	29	110	139

Tabelle 4: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 60% am Ende der Nierenfunktionsszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

Aus der in Tabelle 4 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven (PPV) und negativen (NPV) Vorhersagewert sowie Genauigkeit in der Diagnose obstruktiver Abflussstörungen:

Sensitivität	1
Spezifität	0,22
PPV	0,25
NPV	1
Genauigkeit	0,38

Tabelle 5: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 60% am Ende der Nierenfunktionsszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten in der Nierenfunktionsszintigraphie und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 50%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥50% (= nicht obstruktiv)	0	32	32
<50% (= obstruktiv)	29	78	107
Gesamt	29	110	139

Tabelle 6: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 50% am Ende der Nierenfunktionsszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

Aus der in Tabelle 6 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in der Diagnose obstruktiver Abflussstörungen:

Sensitivität	1
Spezifität	0,29
PPV	0,27
NPV	1
Genauigkeit	0,44

Tabelle 7: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 50% am Ende der Nierenfunktionsszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten in der Nierenfunktionsszintigraphie und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 40%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥40% (= nicht obstruktiv)	2	42	44
<40% (= obstruktiv)	27	68	95
Gesamt	29	110	139

Tabelle 8: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 40% am Ende der Nierenfunktionsszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

Aus der in Tabelle 8 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in der Diagnose obstruktiver Abflussstörungen.

Sensitivität	0,93
Spezifität	0,38
PPV	0,28
NPV	0,95
Genauigkeit	0,50

Tabelle 9: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 40% am Ende der Nierenfunktionsszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten in der Nierenfunktionsszintigraphie und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 30%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥30% (= nicht obstruktiv)	3	52	55
<30% (= obstruktiv)	26	58	84
Gesamt	29	110	139

Tabelle 10: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 30% am Ende der Nierenfunktionsszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

Aus der in Tabelle 10 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für die Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in der Diagnose obstruktiver Abflussstörungen:

Sensitivität	0,90
Spezifität	0,47
PPV	0,31
NPV	0,95
Genauigkeit	0,56

Tabelle 11: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 30% am Ende der Nierenfunktionsszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten in der Nierenfunktionsszintigraphie und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 20%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥20% (= nicht obstruktiv)	5	64	69
<20% (= obstruktiv)	24	46	70
Gesamt	29	110	139

Tabelle 12: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 20% am Ende der Nierenfunktionsszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

Aus der in Tabelle 12 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in der Diagnose obstruktiver Abflussstörungen:

Sensitivität	0,83
Spezifität	0,58
PPV	0,34
NPV	0,93
Genauigkeit	0,63

Tabelle 13: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 20% am Ende der Nierenfunktionsszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten in der Nierenfunktionsszintigraphie und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 10%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥10% (= nicht obstruktiv)	12	78	90
<10% (= obstruktiv)	17	32	49
Gesamt	29	110	139

Tabelle 14: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 10% am Ende der Nierenfunktionsszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

Aus der in Tabelle 14 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in der Diagnose obstruktiver Abflussstörungen:

Sensitivität	0,59
Spezifität	0,71
PPV	0,35
NPV	0,87
Genauigkeit	0,68

Tabelle 15: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 10% am Ende der Nierenfunktionsszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

3.2.2 Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der Nierenfunktionsszintigraphie mit anschließender Lageänderung und Blasenentleerung

Zur Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der Nierenfunktionsszintigraphie mit anschließender Lageänderung und Blasenentleerung in der Diagnose bzw. im Ausschluss einer behandlungsbedürftigen Obstruktion wurden Sensitivität, Spezifität, positiver und negativer Vorhersagewert und die Genauigkeit für verschiedene Schwellenwerte des Abflusses nach der Umlagerung und Blasenentleerung berechnet.

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten in der Nierenfunktionsszintigraphie mit anschließender Blasenentleerung und Umlagerung und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 90%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥90% (= nicht obstruktiv)	0	7	7
<90% (= obstruktiv)	29	103	132
Gesamt	29	110	139

Tabelle 16: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 90% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie

Aus der in Tabelle 16 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in bezug auf das Vorliegen einer signifikanten Obstruktion:

Sensitivität	1
Spezifität	0,06
PPV	0,22
NPV	1
Genauigkeit	0,26

Tabelle 17: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 90% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten in der Nierenfunktionsszintigraphie mit anschließender Blasenentleerung und Umlagerung und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 80%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥80% (= nicht obstruktiv)	0	21	21
<80% (= obstruktiv)	29	89	118
Gesamt	29	110	139

Tabelle 18: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 80% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie

Aus der in Tabelle 18 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in bezug auf das Vorliegen einer signifikanten Obstruktion:

Sensitivität	1
Spezifität	0,19
PPV	0,25
NPV	1
Genauigkeit	0,36

Tabelle 19: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 80% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten in der Nierenfunktionsszintigraphie mit anschließender

Blasenentleerung und Umlagerung und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 70%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥70% (= nicht obstruktiv)	0	41	41
<70% (= obstruktiv)	29	69	98
Gesamt	29	110	139

Tabelle 20: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 70% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie

Aus der in Tabelle 20 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in bezug auf das Vorliegen einer signifikanten Obstruktion:

Sensitivität	1
Spezifität	0,37
PPV	0,30
NPV	1
Genauigkeit	0,50

Tabelle 21: Diagnostische Wertigkeit von Indizes bei einem Schwellenwert von 70% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten in der Nierenfunktionsszintigraphie mit anschließender Blasenentleerung und Umlagerung und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 60%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥60% (= nicht obstruktiv)	1	58	59
<60% (= obstruktiv)	28	52	80
Gesamt	29	110	139

Tabelle 22: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 60% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie

Aus der in Tabelle 22 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in bezug auf das Vorliegen einer signifikanten Obstruktion:

Sensitivität	0,97
Spezifität	0,53
PPV	0,35
NPV	0,98
Genauigkeit	0,62

Tabelle 23: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 60% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten in der Nierenfunktionsszintigraphie mit anschließender Blasenentleerung und Umlagerung und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 50%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥50% (= nicht obstruktiv)	4	66	70
<50% (= obstruktiv)	25	44	69
Gesamt	29	110	139

Tabelle 24: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 50% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie

Aus der in Tabelle 24 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in bezug auf das Vorliegen einer signifikanten Obstruktion.

Sensitivität	0,86
Spezifität	0,6
PPV	0,36
NPV	0,94
Genauigkeit	0,65

Tabelle 25: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 50% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten in der Nierenfunktionsszintigraphie mit anschließender Blasenentleerung und Umlagerung und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 40%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥40% (= nicht obstruktiv)	6	81	87
<40% (= obstruktiv)	23	29	52
Gesamt	29	110	139

Tabelle 26: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 40% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie

Aus der in Tabelle 26 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in bezug auf das Vorliegen einer signifikanten Obstruktion:

Sensitivität	0,79
Spezifität	0,74
PPV	0,44
NPV	0,93
Genauigkeit	0,75

Tabelle 27: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 40% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten in der Nierenfunktionsszintigraphie mit anschließender Blasenentleerung und Umlagerung und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 30%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥30% (= nicht obstruktiv)	8	86	94
<30% (= obstruktiv)	21	24	45
Gesamt	29	110	139

Tabelle 28: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 30% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie

Aus der in Tabelle 28 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in bezug auf das Vorliegen einer signifikanten Obstruktion.

Sensitivität	0,72
Spezifität	0,78
PPV	0,47
NPV	0,91
Genauigkeit	0,77

Tabelle 29: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 30% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten in der Nierenfunktionsszintigraphie mit anschließender Blasenentleerung und Umlagerung und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 20%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥20% (= nicht obstruktiv)	12	91	103
<20% (= obstruktiv)	17	19	36
Gesamt	29	110	139

Tabelle 30: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 20% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie

Aus der in Tabelle 30 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in bezug auf das Vorliegen einer signifikanten Obstruktion:

Sensitivität	0,59
Spezifität	0,83
PPV	0,47
NPV	0,88
Genauigkeit	0,78

Tabelle 31: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 20% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten in der Nierenfunktionsszintigraphie mit anschließender Blasenentleerung und Umlagerung und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 10%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥10% (= nicht obstruktiv)	20	99	119
<10% (= obstruktiv)	9	11	20
Gesamt	29	110	139

Tabelle 32: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 10% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie

Aus der in Tabelle 32 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in bezug auf das Vorliegen einer signifikanten Obstruktion:

Sensitivität	0,31
Spezifität	0,9
PPV	0,45
NPV	0,83
Genauigkeit	0,78

Tabelle 33: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 10% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie

3.2.2 Vergleich der diagnostischen Wertigkeit der Nierenfunktionsszintigraphie mit und ohne Lageänderung und Blasenentleerung

Die folgenden zwei Tabellen fassen noch einmal die bestimmten Sensitivitäten, Spezifitäten, positiven und negativen Vorhersagewerte und die Genauigkeit für die überprüften Schwellenwerte zur Beurteilung der Ergebnisse der Nierenfunktionsszintigraphie mit und ohne Blasenentleerung und Umlagerung zusammen:

Schwellenwert	Sensitivität	Spezifität	PPV	NPV	Genauigkeit
10%	0,59	0,71	0,35	0,87	0,68
20%	0,83	0,58	0,34	0,93	0,63
30%	0,9	0,47	0,31	0,95	0,56
40%	0,93	0,38	0,28	0,95	0,5
50%	1	0,29	0,27	1	0,44
60%	1	0,22	0,25	1	0,38

Tabelle 34: Diagnostische Wertigkeit von den verschiedenen Schwellenwerten nach der Nierenfunktionsszintigraphie

Schwellenwert	Sensitivität	Spezifität	PPV	NPV	Genauigkeit
10%	0,31	0,9	0,45	0,83	0,77
20%	0,59	0,83	0,47	0,88	0,78
30%	0,72	0,78	0,47	0,91	0,77
40%	0,79	0,73	0,44	0,93	0,75
50%	0,86	0,6	0,36	0,94	0,65
60%	0,97	0,53	0,35	0,98	0,62
70%	1	0,37	0,3	1	0,5
80%	1	0,19	0,25	1	0,36
90%	1	0,06	0,22	1	0,26

Tabelle 35: Diagnostische Wertigkeit von den verschiedenen Schwellenwerten nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie

Es wurde zum Vergleich der diagnostischen Wertigkeit der Nierenfunktionsszintigraphie mit anschließender Blasenentleerung und Umlagerung gegenüber der Nierenfunktionsszintigraphie ohne Blasenentleerung und Lageänderung eine ROC-Analyse durchgeführt. Dazu wurden anhand der Abflusswerte der einzelnen Patienten die Sensitivität und Spezifität für jeden einzelnen Abflusswert erstellt und dementsprechende ROC-Kurven berechnet. Die Einzelwerte können dem Anhang entnommen werden. Man sieht in Abbildung 18, dass die ROC-Kurve der Nierenfunktionsszintigraphie weiter oben und weiter links verläuft als die Kurve der Nierenfunktionsszintigraphie ohne Umlagerung und Blasenentleerung und somit visuell als diagnostisch höherwertiger einzustufen ist. Dieses wurde objektiviert durch die Berechnung der Fläche unter den Kurven. Die Fläche unterhalb der Kurve der Nierenfunktionsszintigraphie mit Blasenentleerung und Umlagerung war mit 0,817 größer als die Kurve der Nierenfunktionsszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung mit 0,718. Statistisch ergab sich eine signifikante Differenz von $-0,099$ ($p=0,0085$).

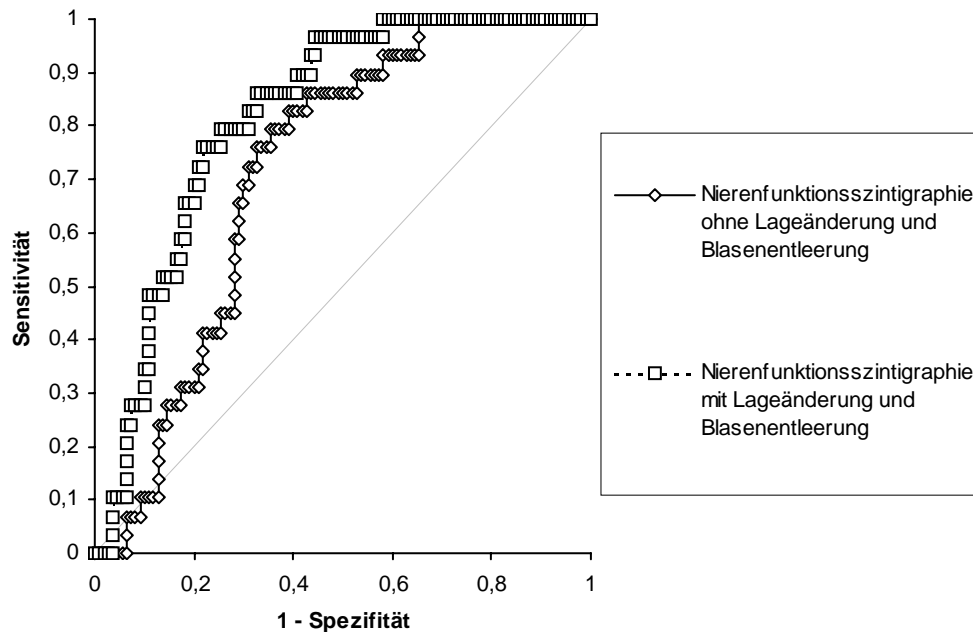


Abbildung 18: ROC-Kurven für die Nierenfunktionsszintigraphie mit und ohne anschließende Lageänderung und Blasenentleerung

Kurve	Fläche	Standardfehler	p	95% Konfidenzintervall der Fläche
Nierenfunktionsszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung	0,718	0,0442	<0,0001	0,631 bis 0,804
Nierenfunktionsszintigraphie mit Blasenentleerung und Umlagerung	0,817	0,0371	<0,0001	0,745 bis 0,890

Kontrast	Differenz	p
Nierenfunktionsszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung versus Nierenfunktionsszintigraphie mit Blasenentleerung und Umlagerung	-0,099	0,0085

Tabelle 36: Statistischer Vergleich der Flächen unter den ROC-Kurven

3.3 Quantifizierung des Effektes der Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie

3.3.1 Alle Indikationen

Durch die Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie verbesserte sich der Abfluss im Mittel um 12% bei Berücksichtigung aller 71 in die Untersuchung eingeschlossenen Niereneinheiten. Die Abflussveränderung reichte von einer Zunahme der Aktivität über Niere und Nierenbeckenkelchsystem von 21% bis hin zu einer Abflussverbesserung um 62%. Die Zunahme der Aktivität im Nierenbeckenkelchsystem ist durch vesikoureteralen Reflux zu erklären, wodurch Radioaktivität aus der Blase in das Nierenbeckenkelchsystem aufsteigt. In 21 von 71 Fällen (30% der Fälle) verbesserte sich der Abfluss durch Blasenentleerung und Umlagerung auf über 80%.

Die Verteilung der Abflussveränderungen durch Lageänderung und Blasenentleerung nach der Nierenfunktionsszintigraphie ist in folgender Abbildung dargestellt:

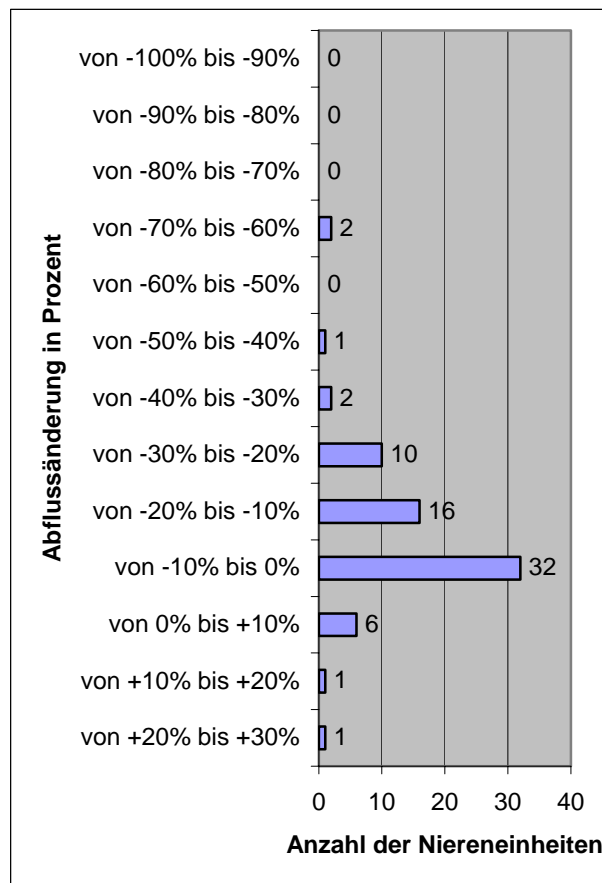


Abbildung 19: Abflussänderung durch Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie unter Berücksichtigung aller untersuchten Niereneinheiten

3.3.2 Ureterabgangsstenose

Es wurden insgesamt 39 Niereneinheiten mit gesicherter oder Verdacht auf Ureterabgangsstenose in diesen Teil der Untersuchung eingeschlossen. Durchschnittlich verbesserte sich der Abfluss um 14%. Die Abflussveränderung reichte von einer Zunahme der Aktivität über Niere und Nierenbeckenkelchsystem von 21% bis hin zu einer Abflussverbesserung um 62%.

Bei 14 der 39 Niereneinheiten verbesserte sich der Abfluss auf über 80%.

Die Verteilung der Abflussveränderungen durch Lageänderung und Blasenentleerung nach der Nierenfunktionsszintigraphie ist in folgender Abbildung dargestellt:

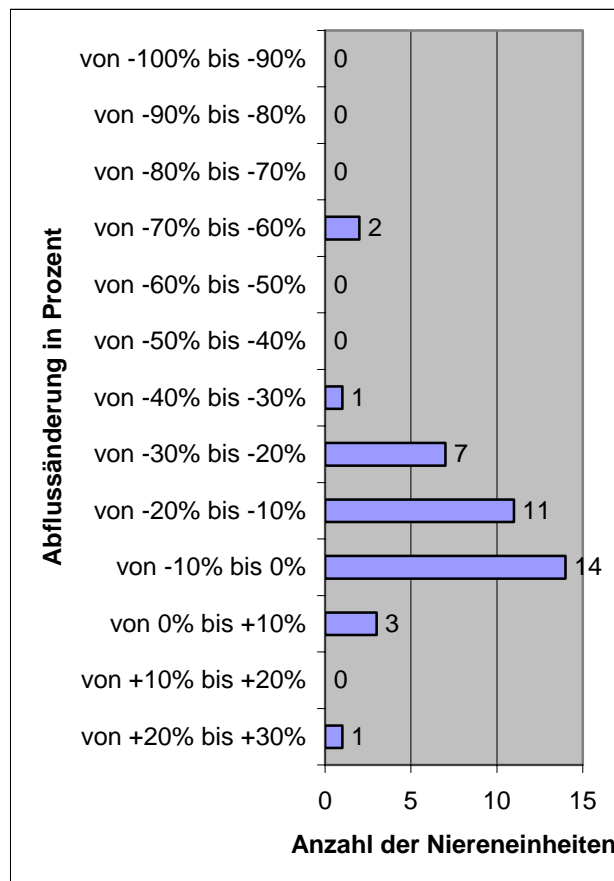


Abbildung 20: Abflussänderung durch Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie unter Berücksichtigung aller untersuchten Niereneinheiten mit gesicherter oder Verdacht auf Ureterabgangsstenose

Von den insgesamt 39 Niereneinheiten mit gesicherter oder Verdacht auf Ureterabgangsstenose waren vor dem Untersuchungszeitpunkt 28 Niereneinheiten nicht operativ behandelt worden. In dieser Subgruppe verbesserte sich der Abfluss um durchschnittlich 14%. Die Abflussveränderung reichte von einer Zunahme der Aktivität über Niere und Nierenbeckenkelchsystem von 3% bis hin zu einer Abflussverbesserung um 62%.

Bei 8 der 28 Niereneinheiten verbesserte sich der Abfluss auf über 80%.

Die Verteilung der Abflussveränderungen durch Lageänderung und Blasenentleerung nach der Nierenfunktionsszintigraphie ist in folgender Abbildung dargestellt:

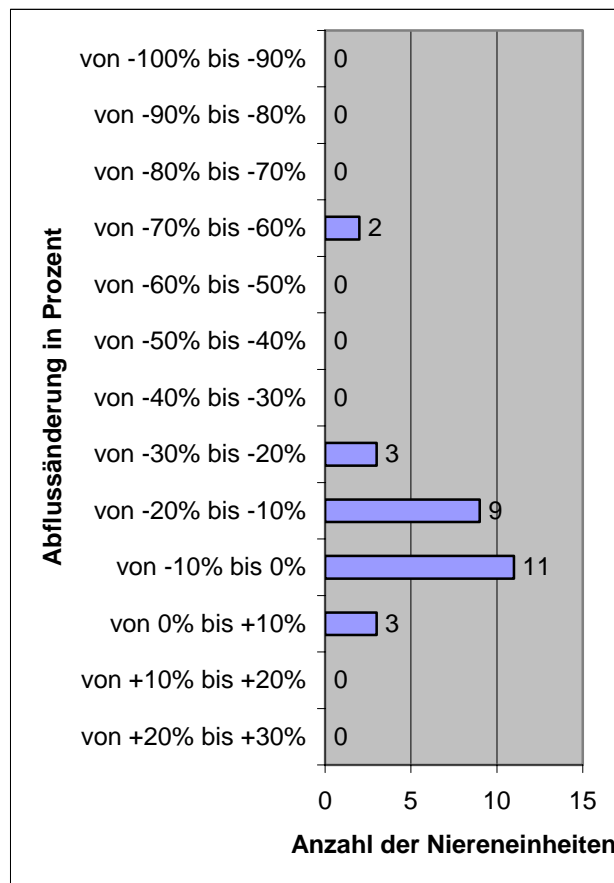


Abbildung 21: Abflussänderung durch Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie unter Berücksichtigung aller untersuchten Niereneinheiten mit gesicherter oder Verdacht auf Ureterabgangsstenose ohne operative Behandlung vor dem Untersuchungszeitpunkt

Von den insgesamt 39 Niereneinheiten mit gesicherter oder sonographischen Verdacht auf Ureterabgangsstenose waren zum Untersuchungszeitpunkt 11 Niereneinheiten bereits durch Pyeloplastik operativ behandelt worden. In dieser Subgruppe verbesserte sich der Abfluss um durchschnittlich 14%. Die Abflussveränderung reichte von einer Zunahme der Aktivität über Niere und Nierenbeckenkelchsystem von 21% bis hin zu einer Abflussverbesserung um 32%.

Bei 6 der 11 Niereneinheiten verbesserte sich der Abfluss auf über 80%.

Die Verteilung der Abflussveränderungen durch Lageänderung und Blasenentleerung nach der Nierenfunktionsszintigraphie ist in folgender Abbildung dargestellt.

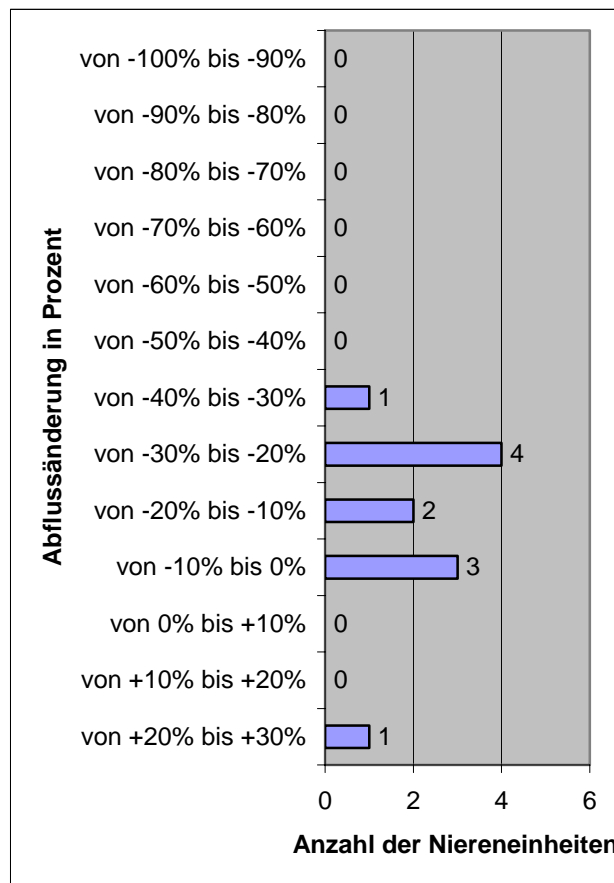


Abbildung 22: Abflussänderung durch Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie unter Berücksichtigung aller untersuchten Niereneinheiten mit Ureterabgangsstenose nach Pyeloplastik

3.4 Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der zusätzlichen Lageänderung und Blasenentleerung im Vergleich zur Diureseszintigraphie alleine

Zur Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der Diureseszintigraphie ohne bzw. mit anschließender Lageänderung und Blasenentleerung in der Diagnose bzw. im Ausschluss einer behandlungsbedürftigen Obstruktion wurden Sensitivität, Spezifität, positiver und negativer Vorhersagewert und die Genauigkeit für verschiedene Schwellenwerte des Abflusses nach der Nierenfunktionsszintigraphie bzw. nach der anschließenden Lageänderung und Blasenentleerung berechnet.

Von denen in diesen Teil der Untersuchung eingeschlossenen 56 Niereneinheiten wurden durch den Follow-up gemäß der definierten Kriterien 19 Niereneinheiten als obstruktiv gewertet, 36 als nicht obstruktiv. Von den 19 durch Follow-up gesicherten Obstruktionen wurden alle 19 im Beobachtungszeitraum bis April 2004 zur Behandlung

der Abflussbehinderung operiert. Von den 37 durch Follow-up gesichert nicht obstruktiven Niereneinheiten wurde keine einzige Niereneinheit operiert. Im Folgenden werden die Ergebnisse für die einzelnen Schwellenwerte zur Diagnose bzw. zum Ausschluss obstruktiver Abflussstörungen vorgestellt.

3.4.1 Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der Diureseszintigraphie ohne anschließende Lageänderung und Blasenentleerung

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten in der Diureseszintigraphie ohne anschließender Blasenentleerung und Umlagerung und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 70%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	Obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥70% (= nicht obstruktiv)	2	17	19
<70% (= obstruktiv)	17	20	37
Gesamt	19	37	56

Tabelle 37: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 70% nach der Diureseszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

Aus der in Tabelle 37 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in bezug auf das Vorliegen einer signifikanten Obstruktion:

Sensitivität	0,89
Spezifität	0,46
PPV	0,46
NPV	0,89
Genauigkeit	0,61

Tabelle 38: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 70% nach der Diureseszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten in der Diureseszintigraphie ohne anschließender Blasenentleerung und Umlagerung und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 60%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥60% (= nicht obstruktiv)	5	29	34
<60% (= obstruktiv)	14	8	22
Gesamt	19	37	56

Tabelle 39: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 60% nach der Diureseszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

Aus der in Tabelle 39 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in bezug auf das Vorliegen einer signifikanten Obstruktion.

Sensitivität	0,74
Spezifität	0,78
PPV	0,64
NPV	0,85
Genauigkeit	0,77

Tabelle 40: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 60% nach der Diureseszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten in der Diureseszintigraphie ohne anschließender Blasenentleerung und Umlagerung und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 50%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥50% (= nicht obstruktiv)	9	33	42
<50% (= obstruktiv)	10	4	14
Gesamt	19	37	56

Tabelle 41: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 50% nach der Diureseszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

Aus der in Tabelle 41 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in bezug auf das Vorliegen einer signifikanten Obstruktion:

Sensitivität	0,53
Spezifität	0,89
PPV	0,71
NPV	0,79
Genauigkeit	0,77

Tabelle 42: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 50% nach der Diureseszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten in der Diureseszintigraphie ohne anschließender Blasenentleerung und Umlagerung und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 40%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥40% (= nicht obstruktiv)	13	34	47
<40% (= obstruktiv)	6	3	9
Gesamt	19	37	56

Tabelle 43: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 40% nach der Diureseszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

Aus der in Tabelle 43 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in bezug auf das Vorliegen einer signifikanten Obstruktion:

Sensitivität	0,32
Spezifität	0,92
PPV	0,67
NPV	0,72
Genauigkeit	0,71

Tabelle 44: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 40% nach der Diureseszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten in der Diureseszintigraphie ohne anschließender Blasenentleerung und Umlagerung und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 30%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥30% (= nicht obstruktiv)	15	35	50
<30% (= obstruktiv)	4	2	6
Gesamt	19	37	56

Tabelle 45: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 30% nach der Diureseszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

Aus der in Tabelle 45 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in bezug auf das Vorliegen einer signifikanten Obstruktion:

Sensitivität	0,21
Spezifität	0,95
PPV	0,67
NPV	0,70
Genauigkeit	0,70

Tabelle 46: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 30% nach der Diureseszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten in der Diureseszintigraphie ohne anschließender Blasenentleerung und Umlagerung und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 20%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	Obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥20% (= nicht obstruktiv)	18	36	54
<20% (= obstruktiv)	1	1	2
Gesamt	19	37	56

Tabelle 47: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 20% nach der Diureseszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

Aus der in Tabelle 47 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in bezug auf das Vorliegen einer signifikanten Obstruktion.

Sensitivität	0,05
Spezifität	0,97
PPV	0,50
NPV	0,67
Genauigkeit	0,66

Tabelle 48: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 20% nach der Diureseszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten in der Diureseszintigraphie ohne anschließender Blasenentleerung und Umlagerung und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 10%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥10% (= nicht obstruktiv)	19	36	55
<10% (= obstruktiv)	0	1	1
Gesamt	19	37	56

Tabelle 49: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 10% nach der Diureseszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

Aus der in Tabelle 49 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in bezug auf das Vorliegen einer signifikanten Obstruktion.

Sensitivität	0,00
Spezifität	0,97
PPV	0,00
NPV	0,65
Genauigkeit	0,64

Tabelle 50: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 10% nach der Diureseszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung

3.4.2 Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der Diureseszintigraphie mit anschließender Lageänderung und Blasenentleerung

Zur Bestimmung der diagnostischen Wertigkeit der Diureseszintigraphie mit anschließender Lageänderung und Blasenentleerung in der Diagnose bzw. im Ausschluss einer behandlungsbedürftigen Obstruktion wurden Sensitivität, Spezifität,

positiver und negativer Vorhersagewert und die Genauigkeit für verschiedene Schwellenwerte des Abflusses nach der Umlagerung und Blasenentleerung berechnet.

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 90%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥90% (= nicht obstruktiv)	0	5	5
<90% (= obstruktiv)	19	32	51
Gesamt	19	37	56

Tabelle 51: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 90% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie

Aus der in Tabelle 51 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in bezug auf das Vorliegen einer signifikanten Obstruktion:

Sensitivität	1,00
Spezifität	0,14
PPV	0,37
NPV	1,00
Genauigkeit	0,43

Tabelle 52: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 90% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 80%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥80% (= nicht obstruktiv)	3	13	16
<80% (= obstruktiv)	16	24	40
Gesamt	19	37	56

Tabelle 53: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 80% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie

Aus der in Tabelle 53 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in bezug auf das Vorliegen einer signifikanten Obstruktion:

Sensitivität	0,84
Spezifität	0,35
PPV	0,40
NPV	0,81
Genauigkeit	0,52

Tabelle 54: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 80% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 70%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥70% (= nicht obstruktiv)	4	29	33
<70% (= obstruktiv)	15	8	23
Gesamt	19	37	56

Tabelle 55: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 70% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie

Aus der in Tabelle 55 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in bezug auf das Vorliegen einer signifikanten Obstruktion:

Sensitivität	0,79
Spezifität	0,78
PPV	0,65
NPV	0,88
Genauigkeit	0,79

Tabelle 56: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 70% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 60%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥60% (= nicht obstruktiv)	11	33	44
<60% (= obstruktiv)	8	4	12
Gesamt	19	37	56

Tabelle 57: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 60% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie

Aus der in Tabelle 57 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in bezug auf das Vorliegen einer signifikanten Obstruktion:

Sensitivität	0,42
Spezifität	0,89
PPV	0,67
NPV	0,75
Genauigkeit	0,73

Tabelle 58: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 60% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 50%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥50% (= nicht obstruktiv)	11	36	47
<50% (= obstruktiv)	8	1	9
Gesamt	19	37	56

Tabelle 59: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 50% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie

Aus der in Tabelle 59 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in bezug auf das Vorliegen einer signifikanten Obstruktion:

Sensitivität	0,42
Spezifität	0,97
PPV	0,89
NPV	0,77
Genauigkeit	0,79

Tabelle 60: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 50% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 40%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥40% (= nicht obstruktiv)	13	36	49
<40% (= obstruktiv)	6	1	7
Gesamt	19	37	56

Tabelle 61: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 40% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie

Aus der in Tabelle 61 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in bezug auf das Vorliegen einer signifikanten Obstruktion:

Sensitivität	0,32
Spezifität	0,97
PPV	0,86
NPV	0,73
Genauigkeit	0,75

Tabelle 62: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 40% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 30%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥30% (= nicht obstruktiv)	16	36	52
<30% (= obstruktiv)	3	1	4
Gesamt	19	37	56

Tabelle 63: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 30% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie

Aus der in Tabelle 63 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in bezug auf das Vorliegen einer signifikanten Obstruktion:

Sensitivität	0,16
Spezifität	0,97
PPV	0,75
NPV	0,69
Genauigkeit	0,70

Tabelle 64: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 30% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 20%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥20% (= nicht obstruktiv)	17	36	53
<20% (= obstruktiv)	2	1	3
Gesamt	19	37	56

Tabelle 65: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 20% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie

Aus der in Tabelle 65 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in bezug auf das Vorliegen einer signifikanten Obstruktion:

Sensitivität	0,11
Spezifität	0,97
PPV	0,67
NPV	0,68
Genauigkeit	0,68

Tabelle 66: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 20% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Niereneinheiten in Abhängigkeit von ihrem Abflussverhalten nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie und der endgültigen Diagnose im Follow-up für einen Schwellenwert von 10%:

Abfluss	Follow-up		Gesamt
	obstruktiv	nicht obstruktiv	
≥10% (= nicht obstruktiv)	18	36	54
<10% (= obstruktiv)	1	1	2
Gesamt	19	37	56

Tabelle 67: Verteilung der Niereneinheiten bei einem Schwellenwert von 10% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie

Aus der in Tabelle 66 dargestellten Verteilung ergeben sich folgende Werte für Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert sowie Genauigkeit in bezug auf das Vorliegen einer signifikanten Obstruktion:

Sensitivität	0,05
Spezifität	0,97
PPV	0,50
NPV	0,67
Genauigkeit	0,66

Tabelle 68: Diagnostische Wertigkeit von einem Schwellenwert von 10% nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie

3.4.3 Vergleich der diagnostischen Wertigkeit der Diureseszintigraphie mit und ohne Lageänderung und Blasenentleerung

Die folgenden zwei Tabellen fassen noch einmal die bestimmten Sensitivitäten, Spezifitäten, positiven und negativen Vorhersagewerte und Genauigkeit bei den überprüften Schwellenwerten für die Diureseszintigraphie mit und ohne Blasenentleerung und Umlagerung zusammen:

Schwellenwert	Sensitivität	Spezifität	PPV	NPV	Genauigkeit
10%	0	0,97	0	0,65	0,64
20%	0,05	0,97	0,5	0,67	0,66
30%	0,21	0,95	0,67	0,7	0,7
40%	0,32	0,92	0,67	0,72	0,71
50%	0,53	0,89	0,71	0,79	0,77
60%	0,74	0,78	0,64	0,85	0,77
70%	0,89	0,46	0,46	0,89	0,61

Tabelle 69: Diagnostische Wertigkeit von den verschiedenen Schwellenwerten nach der Diureseszintigraphie

Schwellenwert	Sensitivität	Spezifität	PPV	NPV	Genauigkeit
10%	0,05	0,97	0,5	0,67	0,66
20%	0,11	0,97	0,67	0,68	0,68
30%	0,16	0,97	0,75	0,69	0,7
40%	0,32	0,97	0,86	0,73	0,75
50%	0,42	0,97	0,89	0,77	0,79
60%	0,42	0,89	0,67	0,75	0,73
70%	0,79	0,78	0,65	0,88	0,79
80%	0,84	0,35	0,4	0,81	0,52
90%	1	0,14	0,37	1	0,43

Tabelle 70: Diagnostische Wertigkeit von den verschiedenen Schwellenwerten nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie

Die beiden erstellten ROC-Kurven sind in Abbildung 23 dargestellt. Die Kurven beider Verfahren, als der Diureseszintigraphie mit und ohne anschließende Lageänderung und Blasenentleerung, verlaufen sehr nahe beieinander. Visuell lässt sich kaum entscheiden, welche Kurve weiter links und weiter oberhalb verläuft und somit den diagnostisch überlegenen Test repräsentiert. Die Quantifizierung der Flächen unterhalb der Kurven ergab für die Diureseszintigraphie mit Lageänderung und Blasenentleerung mit 0,80 eine nur minimal größere Fläche als ohne Lageänderung und Blasenentleerung (0,79). Dementsprechend ergibt sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Flächen ($p=0,799$). Die Werte für die einzelnen Punkte der ROC-Kurven sind dem Anhang zu entnehmen.

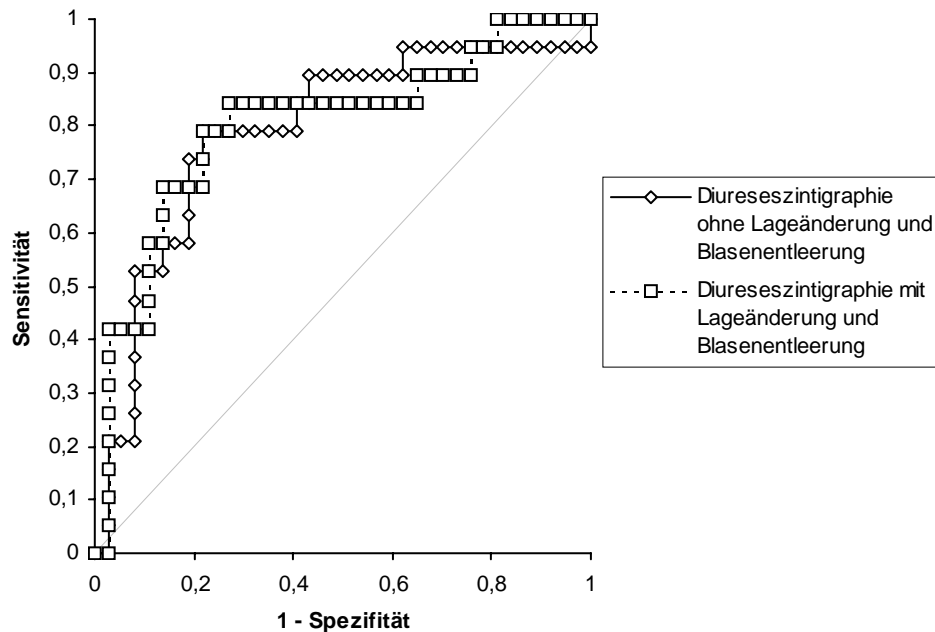


Abbildung 23: ROC-Kurven für die Diureseszintigraphie mit und ohne anschließende Lageänderung und Blasenentleerung

Kurve	Fläche	Standardfehler	p	95% Konfidenzintervall der Fläche
Diureseszintigraphie ohne Lageänderung und Blasenentleerung	0,791	0,0679	<0,0001	0,658 bis 0,924
Diureseszintigraphie mit Lageänderung und Blasenentleerung	0,804	0,0665	<0,0001	0,673 bis 0,934

Kontrast	Differenz	p
Diureseszintigraphie ohne Lageänderung und Blasenentleerung versus Diureseszintigraphie mit Lageänderung und Blasenentleerung	-0,013	0,7992

Tabelle 71: Vergleich der Flächen unter den ROC-Kurven

4 Diskussion

Die Nierenfunktionsszintigraphie und die Diureseszintigraphie dienen in besonderem Maße der Beurteilung der Abflussverhältnisse im oberen Harntrakt. Mit dieser Untersuchungsmethode soll bei kinderchirurgischen Patienten vor allem die Frage geklärt werden, ob eine signifikante, das heißt behandlungsbedürftige Obstruktion vorliegt. Ziel dieser Arbeit war es, den Effekt von Blasenentleerung und Lageänderung im Rahmen der szintigraphischen Diagnostik renaler Abflussstörungen zu quantifizieren und den diagnostischen Zugewinn durch dieses Manöver zu bestimmen.

Es ist allgemein zu unterstellen, dass die Ergebnisse der Nierenfunktionsszintigraphie und der Diureseszintigraphie umso aussagekräftiger sind, je mehr sie der Physiologie der Harnausscheidung Rechnung tragen. Bereits vor ca. 20 Jahren wurde beobachtet, dass im Rahmen der nierenszintigraphischen Funktionsdiagnostik der Abfluss des Radiopharmakons aus einem dilatierten Nierenbeckenkelchsystem sofort nach der Blasenentleerung zunahm, auch ohne bestehenden vesikoureteralen Reflux oder dilatiertem Ureter [108]. Als Erklärung wurde wiederholt angeführt, dass eine gefüllte Blase auch ohne Refluxphänomen über eine retrograde Druckerhöhung zu einem erhöhten Widerstand im Ureter führen und somit den Abfluss des Urins aus dem Nierenbeckenkelchsystem behindern kann (Blaseneffekt) [93,99,108]. Darüber hinaus wird vermutet, dass ein Reflex besteht, der bei voller Blase den Urinabfluss im Bereich des ureteropelvinen Übergangs verhindert [36]. Eine interessante Beobachtung wurde in diesem Zusammenhang von Hvistendahl et al. gemacht. Bei Schweinen mit durchgeschnittenen Ureteren konnte nachgewiesen werden, dass eine volle Blase die Nierenfunktion beeinträchtigt [51]. Diese Beobachtung unterstützt die Hypothese, dass ein Zusammenhang zwischen Füllungsstatus der Blase mit Nierenfunktion und vermutlich auch mit der renalen Abflusssituation besteht, der über die reine Druckerhöhung im ableitenden Harnsystem hinausgeht.

Der Blaseneffekt kann den Abfluss des Radiopharmakons in der nierenfunktionsszintigraphischen Untersuchung verzögern, den Kurvenverlauf der renalen Aktivitätskurven beeinflussen und so ein obstruktives Bild vorspiegeln [49]. Einige Autoren nennen dieses Phänomen „Pseudoobstruktion“ [98]. Wie diesem Phänomen in der Durchführung der Nierenszintigraphie Rechnung zu tragen ist, wird

unterschiedlich beantwortet. Viele Institutionen, vor allem in den USA, führen zur kontinuierlichen Entleerung der Blase routinemäßig eine Blasenkatheterisierung bei den zu untersuchenden Kindern durch [48,53,73]. Jedoch ist dem entgegenzuhalten, dass das Legen eines Blasenkatheters ein invasives Verfahren ist, welches das Risiko einer Urethraverletzung oder einer Infektion mit sich bringt und zu unphysiologischen Untersuchungsbedingungen führt [6]. Einige Institutionen führen, ähnlich dem Vorgehen in dieser Arbeit, eine Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Nierenfunktions- und Diureseszintigraphie durch [93]. Andere Institutionen führen weder eine Katheterisierung noch eine Lageänderung und Blasenentleerung durch [28]. Neben dem Blaseneffekt besteht ein weiterer zu beachtender Einflussfaktor auf den Abfluss aus dem Nierenbeckenkelchsystem durch die Wirkung der Schwerkraft. Es wurde beobachtet, dass bei einigen Patienten im Liegen der Abfluss aus dem Nierenbeckenkelchsystem unzureichend war, sich aber nach Lageänderung normalisierte. Diese Nieren sollten als nicht obstruiert angesehen werden, wobei jedoch offen blieb, was unter einer Normalisierung zu verstehen ist [108]. Insgesamt wurde der Effekt der Lageänderung und Blasenentleerung im Rahmen der funktionsszintigraphischen Nierendiagnostik bisher nur wenig in der nuklearmedizinischen Literatur gewürdigt [98]. In der radiologischen Literatur wird in bezug auf die Urographie gefordert, Patienten mit dilatiertem Ureter am Ende der Untersuchung in eine aufrechte Position zu bringen, um das Kontrastmittel durch die Schwerkraft in die Blase zu befördern, da dilatierte Ureteren eine verminderte oder aufgehobene Peristaltik aufweisen [33].

Scharf und Blafox schlugen vor, bei der Nierenfunktionsszintigraphie die Patienten in sitzender Position zu lagern, da die Schwerkraft bei dieser Lagerung zu einem besseren Abfluss führt. Weiterhin berichteten sie, dass nach der Durchführung der Untersuchung in liegender Position, die Kinder in ihrer Abteilung aufgefordert werden, für kurze Zeit aufzustehen und umherzugehen, um den Schwerkrafteffekt in den Untersuchungsablauf zu integrieren [104].

Aufgrund der dargestellten Bedeutung der Faktoren Blasenentleerung und Schwerkraft werden die Kinder im Hainerschen Kinderspital nach der Nierenfunktionsszintigraphie und nach der Diureseszintigraphie aufgefordert aufzustehen, herumzulaufen und die

Blase zu entleeren, bevor ein Postmiktionsbild angefertigt wird und der endgültige Abfluss unter Berücksichtigung der physiologischen Einflussfaktoren von Blasenentleerung und Lageänderung bestimmt werden kann.

4.1 Beurteilung des Effektes von Blasenentleerung und Lageänderung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie

Bei der Erarbeitung der Richtlinien zur Durchführung der Nierenfunktionsszintigraphie mit und ohne Furosemidbelastung wurden unterschiedliche Meinungen über den richtigen Umgang mit den Faktoren Blasenstatus und Einfluss der Schwerkraft deutlich [37]. Wie bereits ausgeführt wird in einigen Institutionen bei mäßigem Abfluss nach der Nierenfunktionsszintigraphie eine Lageänderung und Blasenentleerung durchgeführt, andere verzichten hierauf. Bisher liegen in der Literatur kaum wissenschaftliche Daten bezüglich des Effektes der Lageänderung und Blasenentleerung nach der Nierenfunktionsszintigraphie vor. Taylor führt routinemäßig Postmiktionsaufnahmen nach der Nierenfunktionsszintigraphie durch und hält sie vor allem bei Patienten mit Verdacht auf Obstruktion für sehr nützlich [115]. Wie in dem in dieser Arbeit vorgestellten Untersuchungsprotokoll fordert Taylor seine Patienten nach der Funktionsszintigraphie auf, aufzustehen und auf die Toilette zu gehen, bevor im Liegen ein Postmiktionsbild aufgenommen wird. Seiner Erfahrung nach schließt ein prompter Abfluss des Radiopharmakons aus dem Nierenbeckenkelchsystem eine Obstruktion aus und macht eine weitere Diureseszintigraphie unnötig [115]. Genaue Abflusswerte zur Entscheidungshilfe, wann auf die Diureseszintigraphie verzichtet werden kann, gab Taylor jedoch nicht an.

Die vorliegende Untersuchung zeigte, dass sich der Abfluss durch Umlagerung und Blasenentleerung deutlich verbesserte, im Durchschnitt um 22%, im Einzelfall sogar bis zu 90%. In der Differenzierung der Ergebnisse nach Krankheitsbildern betrug der mittlere zusätzliche Abfluss durch Blasenentleerung und Umlagerung bei Niereneinheiten mit Ureterabgangsstenose und primärem obstruktiven Megaureter 18% bzw. 19%. Der mittlere Abfluss unterschied sich bei beiden Indikationsgruppen also nur minimal. Auffallend war, dass der zusätzliche Abfluss in den operierten Subgruppen höher als bei den nicht operierten ausfiel. Dabei ist jedoch zu beachten, dass lediglich 5

Niereneinheiten mit operiertem primären obstruktiven Megaureter untersucht wurden. Der Abfluss betrug bei den operierten Niereneinheiten mit Ureterabgangsstenose 22%, bei operierten primären obstruktiven Megaureteren 28% gegenüber 17% und 18% in den nicht operierten Untergruppen. Dieses Ergebnis deckt sich mit der Beobachtung von Rossleigh, dass der Effekt der „gravity-assisted drainage“ besonders ausgeprägt bei Kindern mit Zustand nach Pyeloplastik ist [98]. Sie führt zur Begründung zwei Erklärungsansätze an: Zum einen bleibt das Nierenbeckenkelchsystem nach chirurgischer Behandlung der Obstruktion trotzdem oft hypoton und dilatiert und bildet so ein Reservoir, zum anderen führt die Inzision in die Muskulatur der pelvicoureteralen Region zu einer Veränderung der Urodynamik. Der daraus resultierenden Retention des Radiopharmakons im Nierenbeckenkelchsystem kann durch Umlagerung und Blasenentleerung entgegengewirkt werden [98].

In der vorliegenden Arbeit sollte neben der bloßen Quantifizierung des Effektes auch der diagnostische Zugewinn durch Blasenentleerung und Umlagerung gegenüber der Nierenfunktionsszintigraphie ohne dieses Manöver bestimmt werden. Die Schwierigkeit in der Bestimmung des diagnostischen Zugewinns durch Blasenentleerung und Umlagerung bestand darin, überhaupt einen geeigneten Vergleichsmaßstab zu finden. Da für die Nierenfunktionsszintigraphie und Diureseszintigraphie ohne Umlagerung und Blasenentleerung mit einem dem in dieser Arbeit verwendeten Untersuchungs- und Auswerteprotokoll vergleichbaren Protokoll bisher keine Daten hinsichtlich Sensitivität, Spezifität und Vorhersagewert in der Diagnostik obstruktiver Abflussstörungen zur Verfügung standen, musste zunächst die diagnostische Wertigkeit der Nierenfunktionsszintigraphie und Diureseszintigraphie ohne Lageänderung und Blasenentleerung bestimmt werden.

Es wurde zusätzlich in der vorliegenden Arbeit eine ROC-Analyse durchgeführt, die zeigen konnte, dass die Nierenfunktionsszintigraphie mit Umlagerung und Blasenentleerung als diagnostischer Test der Nierenfunktionsszintigraphie ohne dieses Manöver in der Unterscheidung obstruktiver gegenüber nicht-obstruktiven Niereneinheiten signifikant überlegen ist. Dies hat jedoch nur dann für die klinische Routine praktische Bedeutung, wenn eindeutige Schwellenwerte zur Beurteilung einer

möglichen Obstruktion definiert werden können, die in der klinischen Routine angewendet werden können.

Es wurden die Nierenfunktionsszintigraphie mit und ohne anschließende Lageänderung und Blasenentleerung mittels Gegenüberstellung von Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert und Genauigkeit bei verschiedenen Abflussschwellenwerten verglichen. Zur Veranschaulichung werden die diesbezüglichen Ergebnistabellen 34 und 35 hier noch einmal aufgeführt:

Schwellenwert	Sensitivität	Spezifität	PPV	NPV	Genauigkeit
10%	0,59	0,71	0,35	0,87	0,68
20%	0,83	0,58	0,34	0,93	0,63
30%	0,9	0,47	0,31	0,95	0,56
40%	0,93	0,38	0,28	0,95	0,5
50%	1	0,29	0,27	1	0,44
60%	1	0,22	0,25	1	0,38

Tabelle 34: Diagnostische Wertigkeit von den verschiedenen Schwellenwerten nach der Nierenfunktionsszintigraphie

Schwellenwert	Sensitivität	Spezifität	PPV	NPV	Genauigkeit
10%	0,31	0,9	0,45	0,83	0,77
20%	0,59	0,83	0,47	0,88	0,78
30%	0,72	0,78	0,47	0,91	0,77
40%	0,79	0,73	0,44	0,93	0,75
50%	0,86	0,6	0,36	0,94	0,65
60%	0,97	0,53	0,35	0,98	0,62
70%	1	0,37	0,3	1	0,5
80%	1	0,19	0,25	1	0,36
90%	1	0,06	0,22	1	0,26

Tabelle 35: Diagnostische Wertigkeit von den verschiedenen Schwellenwerten nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie

Bei Betrachtung der diesbezüglichen Ergebnisse in Tabelle 34 und 35 fällt auf, dass die höchsten Genauigkeiten, sowohl in der Nierenfunktionsszintigraphie mit als auch ohne Lageänderung und Blasenentleerung bei sehr niedrigen Schwellenwerten, nämlich bei 10% ohne und bei 20% mit Lageänderung und Blasenentleerung erreicht werden. Die höchste Genauigkeit insgesamt (0,78) wird bei der Nierenzintigraphie mit Umlagerung und Blasenentleerung bei einem Schwellenwert von 20% erreicht. Der maximale Wert für die Genauigkeit der Nierenfunktionsszintigraphie ohne Lageänderung und Blasenentleerung liegt bei einem Schwellenwert von 20% mit 0,68 deutlich darunter.

Jedoch gehen diese relativ guten Genauigkeitswerte mit einer sehr geringen Sensitivität von 0,59 einher. Insofern erscheinen diese Schwellenwerte zur Diskriminierung von obstruktiven gegenüber nicht-obstruktiven Niereneinheiten als wenig praxistauglich. Wenn man davon ausgeht, dass die Nierenfunktionsszintigraphie als ein Screeningtest und die Diureseszintigraphie als ein Bestätigungstest in der Diagnostik obstruktiver Abflussstörungen dienen, erwartet man von der Nierenfunktionsszintigraphie mit bzw. ohne Umlagerung eine möglichst hohe Sensitivität und einen hohen negativen prädiktiven Wert, damit die Anzahl an falsch negativen Befunden für Patienten, die aufgrund des negativen Screeningtests dann keine weitere Abklärung mittels Diureseszintigraphie bekommen würden, möglichst gering ausfällt. Berücksichtigt man diese Anforderungen, so weisen sowohl die Nierenfunktionsszintigraphie ohne Umlagerung und Blasenentleerung mit den Schwellenwerten 50% und 60%, als auch die Nierenfunktionsszintigraphie mit Lageänderung und Blasenentleerung mit 70%, 80% und 90% eine Sensitivität und einen negativen Vorhersagewert von 1,00 auf. Um von diesen fünf Schwellenwerten mit gleich guter Sensitivität und gleich gutem negativen Vorhersagewert den besten Wert für die Praxis herauszufinden, muss zusätzlich die Spezifität und der positive Vorhersagewert berücksichtigt werden. Unter Berücksichtigung dieser Kriterien ergibt sich aus den Tabellen 34 und 35, dass der Schwellenwert von 70% nach Blasenentleerung und Umlagerung das vergleichsweise beste Ergebnis (Sensitivität 1,0, Spezifität 0,37, NPV 1,0, PPV 0,3 und Genauigkeit 0,5) erzielt und dem besten Schwellenwert der Nierenfunktionsszintigraphie ohne Umlagerung und Blasenentleerung überlegen ist (Schwellenwert 50% mit Sensitivität 1,0, Spezifität 0,29, NPV 1,0, PPV 0,27 und Genauigkeit 0,44).

Berücksichtigt man beim Vergleich des besten Schwellenwertes der Nierenfunktionsszintigraphie ohne Blasenentleerung und Umlagerung (50%) und des besten Schwellenwertes der Nierenfunktionsszintigraphie mit Blasenentleerung und Lageänderung (70%) die absolute Zahlen an Niereneinheiten, die jeweils in die Berechnung des negativen Vorhersagewertes von 1,0 eingingen, so fällt auf, dass bei der Anwendung des Schwellenwertes von 70% nach Umlagerung und Blasenentleerung 41 Niereneinheiten als richtig nicht obstruktiv erkannt wurden, während bei Anwendung des Schwellenwertes von 50% ohne Umlagerung und Blasenentleerung lediglich 32 Niereneinheiten als richtig nicht-obstruktiv erkannt wurden. Somit wurden

mit dem Schwellenwert von 70% nach Blasenentleerung und Umlagerung fast ein Drittel mehr Niereneinheiten als richtig nicht obstruktiv erkannt, denen eine weitere Abklärung mittels Diureseszintigraphie erspart werden kann.

Das folgende Beispiel soll den Effekt der Lageänderung und Blasenentleerung verdeutlichen. Ein 18 Monate alter Junge wurde im Januar 2001 zur Nierenfunktionsszintigraphie überwiesen mit Verdacht auf eine Ureterabgangsstenose links. Abbildung 24 zeigt die 2-Minuten-Summutationsbilder der Nierenfunktionsszintigraphie von dorsal. Beide Nieren stellen sich in etwa zeitgleich dar. Auffällig ist auf den ersten beiden Bildern die flauere Verbindung zwischen den unteren Nierenpolen, die als Parenchymbrücke einer Hufeisenniere zu werten ist. Auf dem zweiten Bild sieht man medial beidseits die gefüllten Nierenbeckenkelchsysteme (NBKS). Auf den folgenden Bildern nimmt die Aktivität im NBKS rechts deutlich ab, während links auch auf dem letzten Summutationsbild noch nach 20 Minuten p.i. eine deutliche Aktivität im NBKS zu sehen ist, im Sinne einer Nuklidretention am ureteropelvinen Übergang. Nachdem das Kind von seiner Mutter auf den Arm genommen worden war und seine Blase entleert hatte, wurde ein Postmiktionsbild angefertigt (Abbildung 25). Man sieht, dass die Aktivität im NBKS deutlich abgenommen hat und nur noch eine minimale Restaktivität besteht.

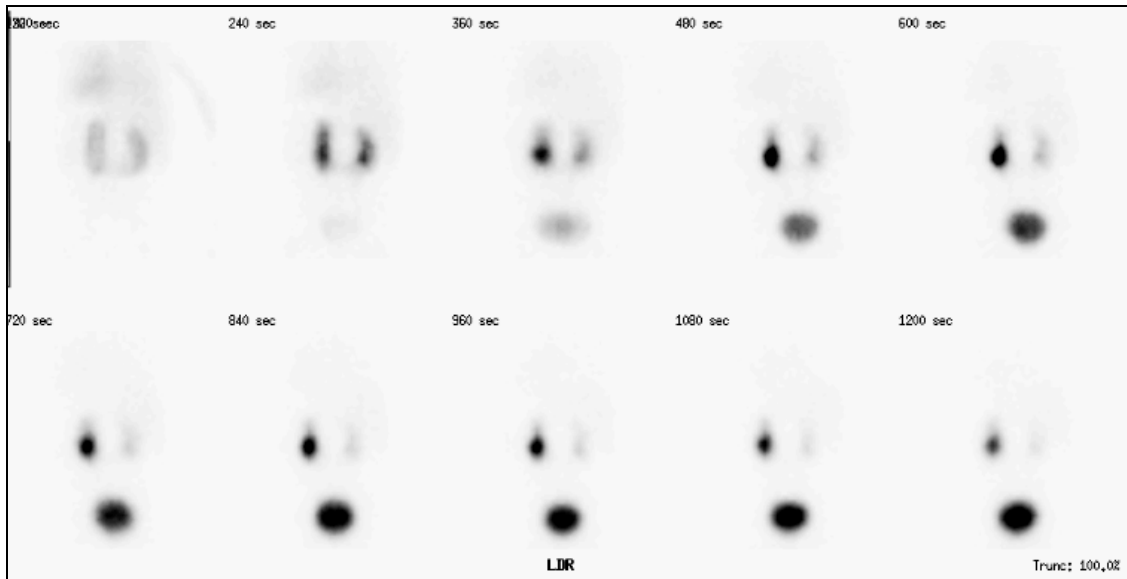


Abbildung 24: Nierenfunktionsszintigraphie über 20 Minuten, 2-Minuten-Summbilder

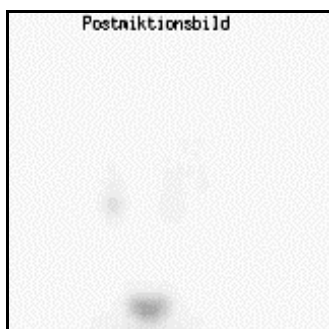


Abbildung 25: 2-Minuten Summbild nach Lageänderung und Blasenentleerung

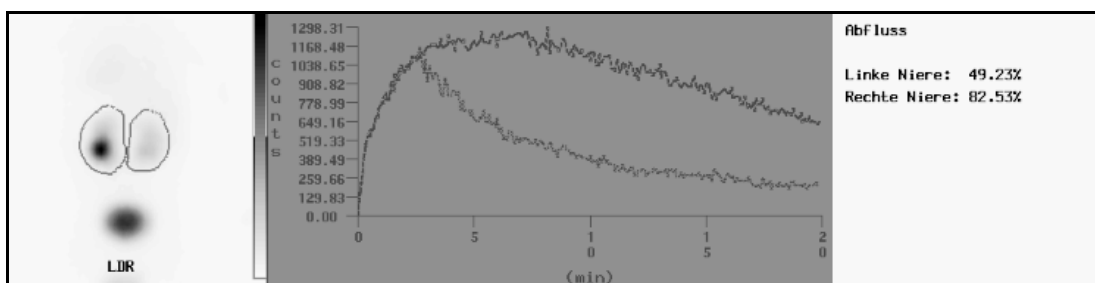


Abbildung 26: Zeitaktivitätskurven während der Nierenfunktionsszintigraphie

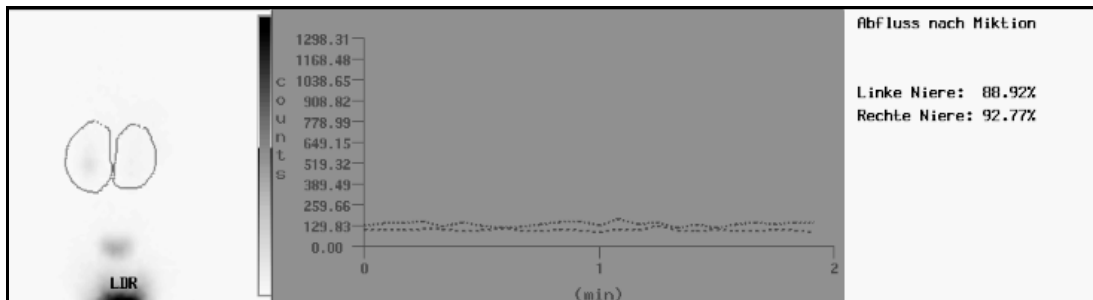


Abbildung 27: Abfluss nach Lageänderung und Blasenentleerung

Abbildung 26 zeigt die Zeitaktivitätskurven während der Nierenfunktionsszintigraphie. Die Zeitaktivitätskurve der rechten Niere zeigt einen vollkommen unauffälligen Verlauf und einen Abfluss von 83% 20 Minuten nach Injektion des Radiopharmakons. Die Zeitaktivitätskurve der linken Niere zeigt einen verzögerten Aktivitätsabfall und einen Abfluss von lediglich 49% 20 Minuten p.i. Bei Anwendung des Schwellenwertes von 50% ohne Lageänderung und Blasenentleerung wäre diese Niere zu diesem Zeitpunkt eher als obstruktiv zu werten und eine Diureseszintigraphie müsste zur weiteren Abklärung veranlasst werden. Nach Lageänderung und Blasenentleerung verbesserte sich der Abfluss links jedoch auf 89%. Ein Abfluss von über 70% nach Lageänderung und Blasenentleerung schließt nach den erhobenen Daten eine Obstruktion aus, so dass demnach auf die Durchführung einer Diureseszintigraphie verzichtet werden kann. Aufgrund der Abflusswerte nach Lageänderung und Blasenentleerung wurde diese Niere als nicht-obstruktiv gewertet. Die Nieren wurden im folgenden regelmäßig mittels Ultraschall kontrolliert, zuletzt im Januar 2004. Auf Abbildung 28 und 29 sieht man die Ultraschallbilder dieser Untersuchung. Bei der linksseitigen Niere erkennt man eine Pyelonenerweiterung des unteren Pols, die jedoch im zeitlichen Verlauf nicht zugenommen hat. Somit liegt gemäß der in dieser Arbeit verwendeten Definition keine signifikante Obstruktion vor. Dadurch erwies sich die 2001 gestellte Diagnose als richtig und der Fall demonstriert den Nutzen der Lageänderung und Blasenentleerung. Ein Verzicht auf dieses Manöver und die Verwendung des Schwellenwertes von 50% nach der Nierenfunktionsszintigraphie hätte bei diesem Patienten zur Durchführung einer Diureseszintigraphie geführt, die Blasenentleerung und Umlagerung mit der Verwendung eines Schwellenwertes von 70% nach Blasenentleerung und Umlagerung hat dem Patienten die Diureseszintigraphie erspart.

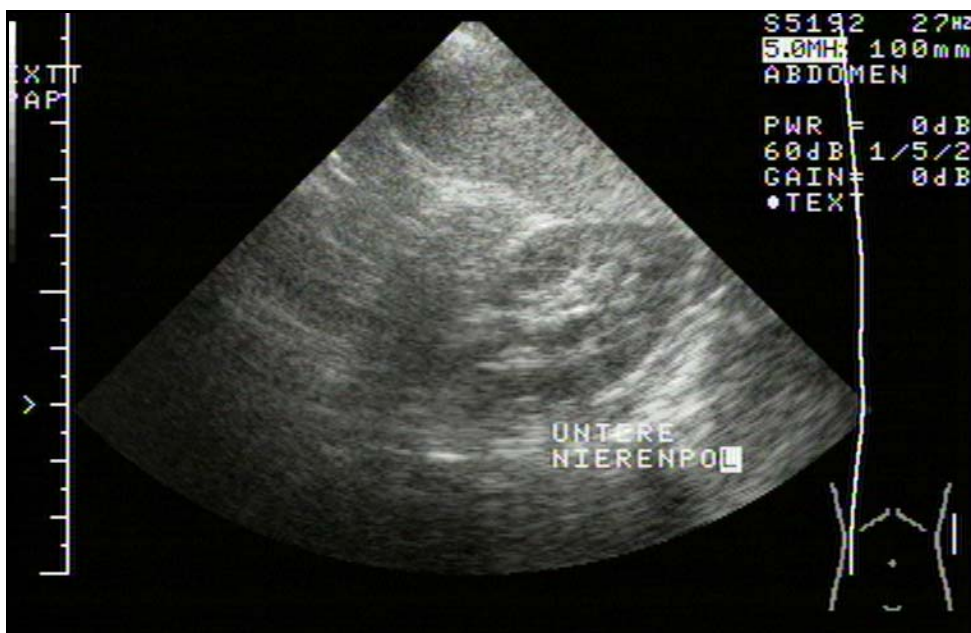


Abbildung 28: Ultraschall des linken unteren Nierenpols

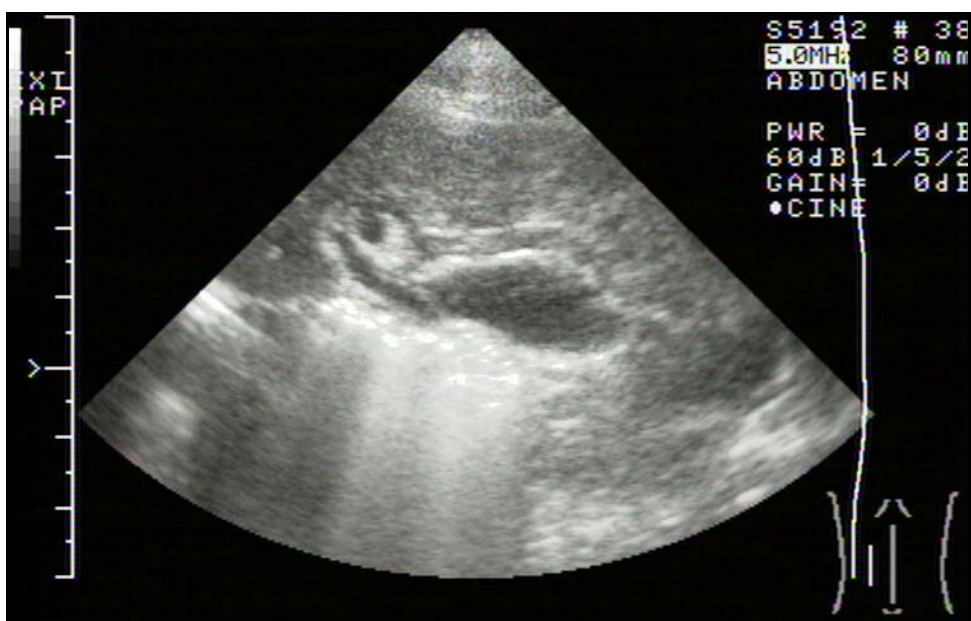


Abbildung 29: Ultraschall der linken Niere

Die Anwendbarkeit des ermittelten Abflussschwellenwertes von 70% nach Lageänderung und Blasenentleerung deckt sich mit der klinischen Erfahrung in der Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin. Hier wurde bereits in der Vergangenheit bei

Patienten mit einem Abfluss von über 70% im Postmiktionsbild auf eine Diureseszintigraphie verzichtet, wie im obigen Beispiel eben gezeigt. Dieses Vorgehen wird mit den ermittelten Zahlen nun gerechtfertigt.

Überträgt man diesen Wert auf alle untersuchten 264 Niereneinheiten, also auch die Niereneinheiten ohne gesicherten Follow-up, so zeigten 89 von 264 (entspricht 34%) Niereneinheiten mit einem Abfluss von weniger als 70% des Aktivitätsmaximums nach der Nierenfunktionsszintigraphie eine Verbesserung des Abflusses nach Umlagerung und Blasenentleerung auf über 70%. Somit kann circa einem Drittel der Niereneinheiten mit unzureichendem Abfluss nach der Nierenfunktionsszintigraphie die Durchführung einer Diureseszintigraphie erspart werden, da eine signifikante Obstruktion nach Umlagerung und Blasenentleerung bereits ausgeschlossen ist.

Kuyvenhoven untersuchte, unter welchen Umständen bei Kindern mit unzureichendem Abfluss nach der Nierenfunktionsszintigraphie auf die Diureseszintigraphie verzichtet werden kann [63]. Dazu untersuchte er verschiedene Parameter der Nierenfunktionsszintigraphie und bestimmte Schwellenwerte mit einem negativen prädiktiven Wert von 1,00 für einen ausreichenden Abfluss nach der Diureseszintigraphie. Durch Anwendung dieser Schwellenwerte bei der Beurteilung der Zeit bis zum Erreichen des Aktivitätsmaximums, der Output Efficiency nach 20 Minuten und der normalisierten Residualaktivität (NORA) nach 20 Minuten konnte bis zu 21% der Kinder die Durchführung der Diureseszintigraphie erspart werden. Zu beachten ist jedoch, dass in dieser Studie lediglich zwei Parameter der Nierenzintigraphie miteinander korreliert wurden, ohne mittels Operation oder Follow-up zu sichern, ob letztendlich die richtige Diagnose gestellt worden war. Eine direkte Vergleichbarkeit mit unseren Daten ist nicht gegeben, da unklar bleibt, wie in der Studie ein unzureichender Abfluss als Einschlusskriterium definiert wurde.

Der Vorteil der Durchführung der Umlagerung und Blasenentleerung nach der Nierenfunktionsszintigraphie liegt auf der Hand. Einer Vielzahl von Kindern kann die Diureseszintigraphie erspart werden. Dies bedeutet eine signifikante Verkürzung der Untersuchungszeit mit den sich daraus ergebenden Vorteilen für das Kind, die Angehörigen, aber auch für die nuklearmedizinische Abteilung. Man könnte dagegen einwenden, dass das Warten auf eine spontane Miktions bei Kindern ebenfalls

zeitaufwendig ist. Dies ist jedoch selten der Fall und eher als Ausnahme anzusehen [93]. Weiterhin wird den Kindern die Applikation eines Diuretikums mit unerwünschten Nebenwirkungen wie Hypotension, Synkope, allergische Reaktionen und möglicher Ototoxizität erspart [50,63,91,103].

Taylor wies auf einen weiteren Vorteil hin: Ist nach der Blasenentleerung und Umlagerung eine Diureseszintigraphie weiterhin notwendig, so ist hierfür die Blase bereits entleert; eine volle Blase kann sonst, wie bereits dargelegt, den Abfluss verzögern und so die korrekte Diagnose erschweren [115].

4.2 Beurteilung des Effektes von Blasenentleerung und Lageänderung im Anschluss an die Diureseszintigraphie

Im Rahmen der Hydronephroseabklärung dient die Diureseszintigraphie der Abklärung eines unzureichenden Abflusses in der Nierenfunktionsszintigraphie zur Differenzierung einer behandlungsbedürftigen Obstruktion von einem dilatierten, nicht obstruierten Nierenbeckenkelchsystem [120]. Dabei werden für diese Entscheidung unterschiedliche Kriterien diskutiert. Einige Autoren benutzten hierfür die Halbwertszeit des Nuklidabfalls in der Diureseszintigraphie [26], wobei diesbezüglich uneinheitliche Bestimmungsmethoden vorliegen [24]. Andere benutzen die renale Residualaktivität am Ende der Diureseszintigraphie und den daraus berechneten Gesamtabfluss als Basis für ihre Entscheidung [93]. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Furosemidgabe am Anfang der Diureseszintigraphie eine schnelle Blasenfüllung hervorrufen kann und so durch den bereits dargestellten Blaseneffekt der Kurvenverlauf bzw. die renale Residualaktivität verändert werden können. Dies gilt insbesondere, wenn auf einen Blasenkatheter verzichtet wird. Daher erscheint es sinnvoll nach der Diureseszintigraphie die Kinder aufstehen zu lassen und die Blase zu entleeren, um anschließend mittels Postmiktionsbild den endgültigen Abfluss anhand der renalen Residualaktivität zu quantifizieren [93].

In der vorliegenden Arbeit wurde bei allen Nieren mit einem unzureichenden Abfluss nach der Diureseszintigraphie (<80%) eine Lageänderung und Blasenentleerung durchgeführt und der Abfluss berechnet. Bei 21 von 71 Niereneinheiten (30%), also fast einem Drittel der Fälle, verbesserte sich der Gesamtabfluss nach Blasenentleerung und

Umlagerung auf über 80%. Im Mittel verbesserte sich der Abfluss um 12%. Bei der Subgruppe der Niereneinheiten mit Ureterabgangsstenose verbesserte sich der Abfluss im Mittel um 14%, wobei kein Unterschied zwischen den mittleren Abflussänderungen zwischen Niereneinheiten nach Pyeloplastik und Niereneinheiten ohne operative Versorgung mit jeweils 14% bestand. Im Einzelfall bewirkte die Lageänderung und Blasenentleerung einen zusätzlichen Abfluss von über 60% bezogen auf das Aktivitätsmaximum. Insgesamt fällt jedoch im Mittel der zusätzlich Abfluss durch Lageänderung und Blasenentleerung nach der Diureseszintigraphie deutlich geringer aus als im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass bei Niereneinheiten, deren Abfluss sich bereits nach Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie normalisierte, eine Diureseszintigraphie nicht mehr durchgeführt wurde, also die Niereneinheiten, die sehr gut auf die Umlagerung und Lageänderung ansprechen, schon frühzeitig aus dem Untersuchungsprotokoll ausschieden.

Auch in bezug auf die Diureseszintigraphie sollte neben der bloßen Quantifizierung des Effektes der diagnostische Zugewinn durch Blasenentleerung und Umlagerung gegenüber der Diureseszintigraphie ohne dieses Manöver bestimmt werden. Es wurden die Diureseszintigraphie mit und ohne anschließende Lageänderung und Blasenentleerung mittels Gegenüberstellung von Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen Vorhersagewert und Genauigkeit bei verschiedenen Abflussschwellenwerten verglichen. Die Tabellen 69 und 70 aus dem Ergebnisteil sind hier zur Anschaulichkeit noch einmal dargestellt:

Schwellenwert	Sensitivität	Spezifität	PPV	NPV	Genauigkeit
10%	0	0,97	0	0,65	0,64
20%	0,05	0,97	0,5	0,67	0,66
30%	0,21	0,95	0,67	0,7	0,7
40%	0,32	0,92	0,67	0,72	0,71
50%	0,53	0,89	0,71	0,79	0,77
60%	0,74	0,78	0,64	0,85	0,77
70%	0,89	0,46	0,46	0,89	0,61

Tabelle 69: Diagnostische Wertigkeit von den verschiedenen Schwellenwerten nach der Diureseszintigraphie

Schwellenwert	Sensitivität	Spezifität	PPV	NPV	Genauigkeit
10%	0,05	0,97	0,5	0,67	0,66
20%	0,11	0,97	0,67	0,68	0,68
30%	0,16	0,97	0,75	0,69	0,7
40%	0,32	0,97	0,86	0,73	0,75
50%	0,42	0,97	0,89	0,77	0,79
60%	0,42	0,89	0,67	0,75	0,73
70%	0,79	0,78	0,65	0,88	0,79
80%	0,84	0,35	0,4	0,81	0,52
90%	1	0,14	0,37	1	0,43

Tabelle 70: Diagnostische Wertigkeit von den verschiedenen Schwellenwerten nach Blasenentleerung und Umlagerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie

Mit steigendem Schwellenwert steigt tendenziell die Sensitivität und fällt die Spezifität. Ein Abfluss von über 90% nach Lageänderung und Blasenentleerung zeigte eine Sensitivität und einen negativen Vorhersagewert von 1,0 bei einer jedoch nicht akzeptablen Spezifität von 0,14. Bei der Diureseszintigraphie mit Lageänderung und Blasenentleerung wird die höchste Genauigkeit (0,79) bei den Schwellenwerten 50% und 70% erreicht. Der Schwellenwert von 50% weist dabei eine gute Spezifität von 0,97 bei jedoch einer geringen Sensitivität von 0,42 auf. Der Schwellenwert von 70% zeigt im Vergleich eine geringere Spezifität von 0,78 bei einer Sensitivität von 0,79, erscheint jedoch aufgrund der deutlich besseren Sensitivität vorzugswürdig. In der Diureseszintigraphie ohne Blasenentleerung wird eine maximale Genauigkeit von 0,77 ebenfalls bei zwei Schwellenwerten erreicht (50% und 60%). Der Schwellenwert von 50% führt zu einer Sensitivität von 0,53 und einer Spezifität von 0,89. Der Schwellenwert von 60% besitzt eine Sensitivität 0,74 und eine Spezifität von 0,78 und erscheint aufgrund der überlegenen Sensitivität gegenüber dem Schwellenwert von 50% vorzugswürdig. Kein einziger Schwellenwert weist jedoch eine Sensitivität und

Spezifität von über 0,80 auf, so dass insgesamt kein einzelner Schwellenwert, sei es mit oder ohne Lageänderung und Blasenentleerung, eine befriedigende Aussagekraft für die Entscheidung, ob eine signifikante obstruktive Abflussstörung vorliegt oder nicht, besitzt. Der diagnostische Zugewinn durch die Blasenentleerung und Umlagerung erscheint für diese Fragestellung nur sehr gering. Die maximalen Genauigkeiten unterscheiden sich mit 0,77 ohne und 0,79 mit Umlagerung und Blasenentleerung nur minimal, zeigen jedoch eine geringe Überlegenheit der Diureseszintigraphie mit Umlagerung und Blasenentleerung.

Dementsprechend verlaufen die beiden erstellten ROC-Kurven beider Diagnoseverfahren sehr nahe beieinander. Visuell lässt sich kaum klären, welche Kurve weiter links und weiter oberhalb verläuft und somit den diagnostisch überlegenen Test darstellt. Die Quantifizierung der Flächen unterhalb der Kurven ergab für die Diureseszintigraphie mit Lageänderung und Blasenentleerung eine nur minimal größere Fläche im Vergleich zur Diureseszintigraphie ohne Lageänderung und Blasenentleerung, jedoch ohne statistisch signifikanten Unterschied ($p=0,8$).

Der folgende Fall soll die Nützlichkeit der Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie im Einzelfall illustrieren:

Ein fünf Jahre alter Patient, Zustand nach Pyeloplastik beidseits im Jahre 1995 aufgrund von Ureterabgangsstenosen, kam im Dezember 2000 zur Verlaufskontrolle mittels Nierenfunktions- und Diureseszintigraphie. Abbildung 30 zeigt die akquirierten Bilder; die ersten zwei Reihen zeigen chronologisch die Summationsbilder der Nierenfunktionsszintigraphie, die unteren zwei Reihen die Summationsbilder der Diureseszintigraphie und das Postmiktionsbild. Es fällt auf, dass sich das Nierenparenchym links initial verzögert darstellt als Zeichen einer Parenchymschädigung. Dementsprechend betrug die berechnete Partialfunktion links nur 25% bei einer tubulosekretorischen Gesamtfunktion von 299 ml/min/1.73 qm. Beidseits zeigt sich eine Nuklidakkumulation im Nierenbeckenkelchsystem, rechts ausgeprägter als links. Diese Akkumulation kann auch im ansteigenden Verlauf der Zeitaktivitätskurven (Abbildung 31) nachvollzogen werden. Am Ende der Diureseszintigraphie betrug der Gesamtabfluss links 46% und rechts 39%. Nach Lageänderung und Blasenentleerung verbessert sich der Abfluss links um 34% auf 80%

und rechts um 22% auf 61%. Bei Anwendung des ermittelten besten Schwellenwertes für die Diureseszintigraphie ohne Lageänderung und Blasenentleerung von 60% wären in diesem Fall beide Niereneinheiten als obstruktiv anzusehen. Bei Anwendung des besten Schwellenwertes von 70% nach Lageänderung und Blasenentleerung wäre nur die rechte Niereneinheit als obstruktiv, die linke als nicht obstruktiv anzusehen. Zur weiteren Abklärung wurde 4 Monate später ein intravenöses Urogramm durchgeführt worden. Dies zeigte auf der rechten Seite eine dekompenzierte Ureterabgangsstenose, links ein Grenzbefund zwischen kompensierter und dekompenzierter Ureterabgangsstenose. Es wurde daraufhin 2001 eine Pyeloplastik rechts durchgeführt, die linke Niere wurde nur weiter beobachtet.

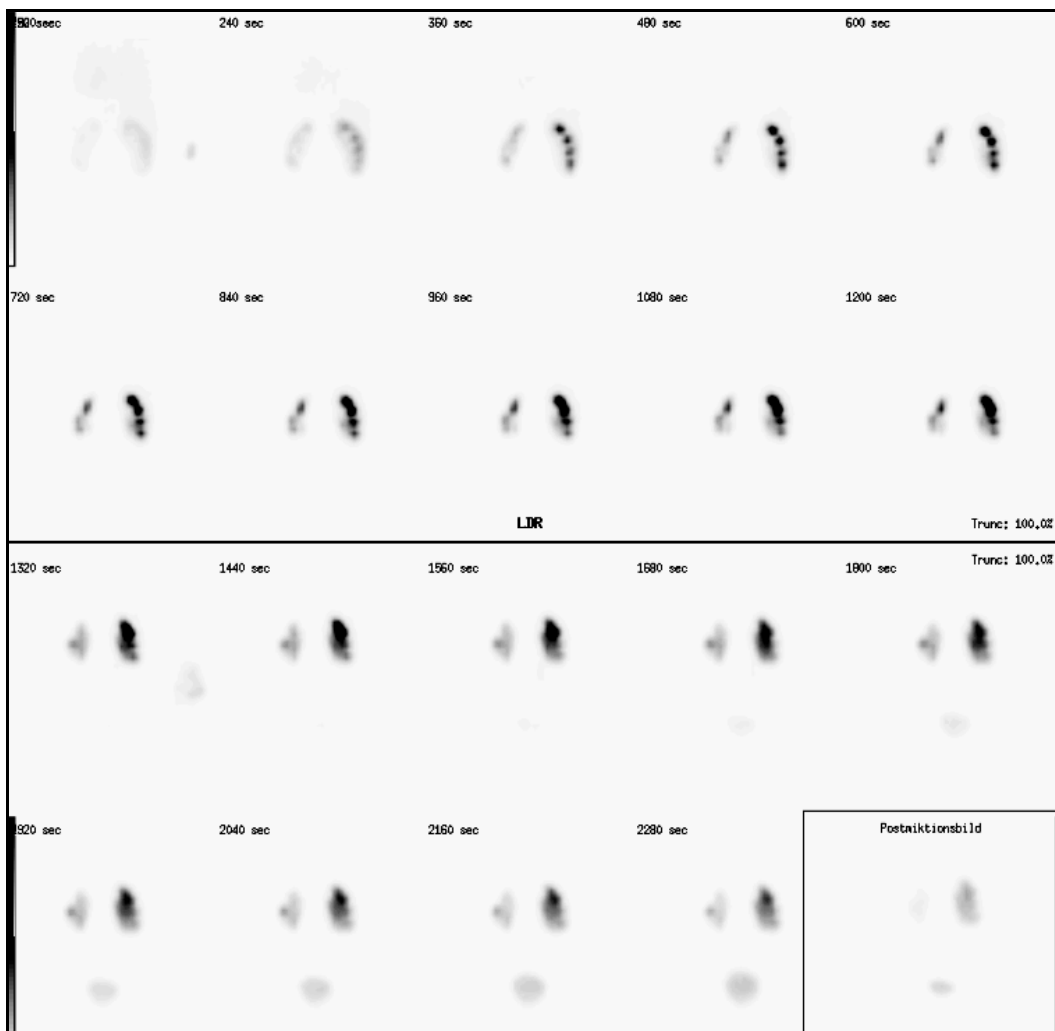


Abbildung 30: Summationsbilder der Nierenfunktions- und Diureseszintigraphie 12/2000

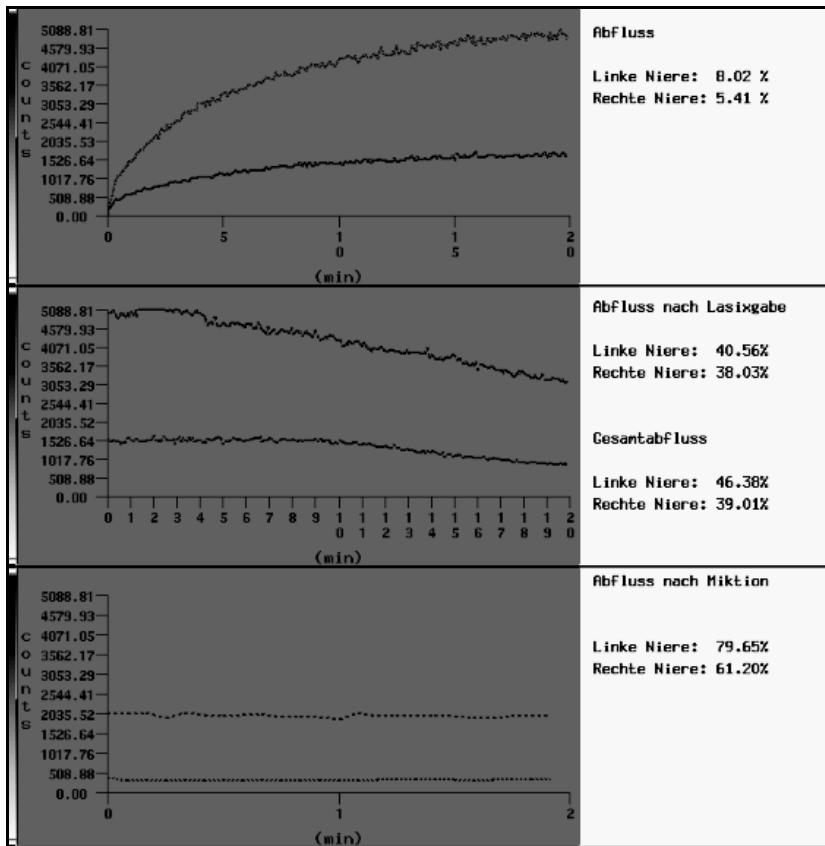


Abbildung 31: Zeitaktivitätskurven der Nierenfunktions- und Diureseszintigraphie 12/2000

Im Januar 2002 wurde erneut eine Kontrolluntersuchung durchgeführt. Die tubulosekretorische Gesamtfunktion betrug 323 ml/min/1.73 qm, hatte also tendenziell zugenommen. Die Nierenpartialfunktion betrug links 24%, war damit im Verlauf weitgehend konstant geblieben. Die Abflusssituation erscheint links mit einem Abfluss von 70% nach der Diureseszintigraphie nun deutlich besser (Abbildung 32).

Retrospektiv war der Verzicht auf eine erneute Operation links somit richtig. Rechts hat sich durch die Operation der Abfluss in der Diureseszintigraphie deutlich gebessert.

Nach Lageänderung und Blasenentleerung betrug der Gesamtabfluss rechts über 90%.

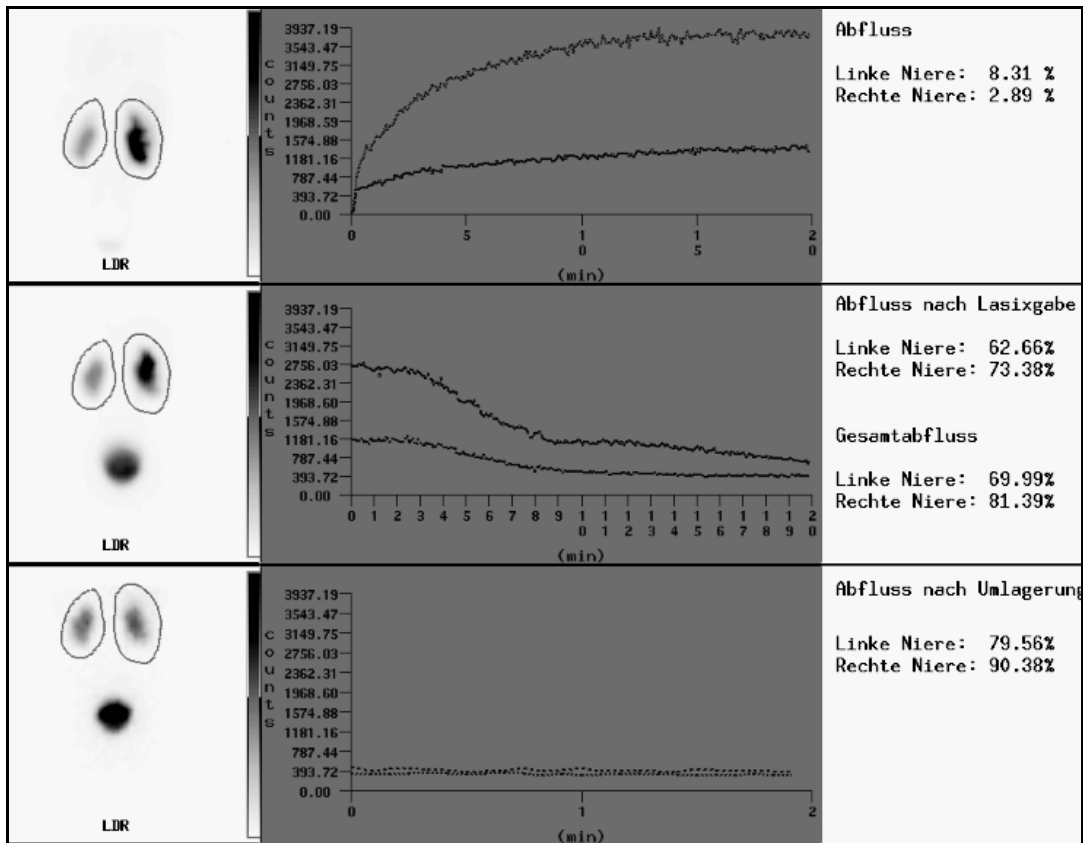


Abbildung 32: Zeitaktivitätskurven der Nierenfunktions- und Diureseszintigraphie 01/2002

Im vorliegenden Fall haben somit zwei Niereneinheiten mit ähnlichen Abflusswerten in der ursprünglichen Diureseszintigraphie, aber unterschiedlichen Abflusswerten nach Lageänderung und Blasenentleerung, eine vollständig unterschiedliche Therapie erhalten. Es ist nicht davon auszugehen, dass dieses unterschiedliche Management primär auf dem unterschiedlich ausgeprägten Effekt der Lageänderung und Blasenentleerung beruhte. Jedoch zeigt dieser Fall, dass im Einzelfall bei Niereneinheiten, die eine deutliche Abflussverbesserung bzw. einen hohen Gesamtabfluss nach Lageänderung und Blasenentleerung zeigen, ein abwartendes Vorgehen eher gerechtfertigt sein kann als bei Niereneinheiten, bei denen dieser Effekt weniger ausgeprägt ist, auch wenn die Abflusswerte in der Diureseszintigraphie sich nicht im wesentlichen unterscheiden. In diesem Fall hätte in bezug auf die linke Niereneinheit die Verwendung des Schwellenwertes von 70% nach Lageänderung und Blasenentleerung zu der richtigen Diagnose einer nicht signifikanten Obstruktion geführt, während die Verwendung des Schwellenwertes von 60% nach der

Diureseszintigraphie zu der falschen Diagnose einer behandlungsbedürftigen Obstruktion geführt hätte.

Wong et al. haben zu der Bedeutung der Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie eine Studie publiziert, in der bei zweihundert Kindern mit sonographischer Hydronephrose oder Hydroureteronephrose eine Diureseszintigraphie durchgeführt und anschließend nach Lageänderung und Blasenentleerung ein 5-Minuten Postmiktionsbild erstellt wurde [120]. Die renale Residualaktivität des Postmiktionsbildes wurde mit dem letzten 5-Minutenbild der Diureseszintigraphie verglichen. Die endgültige Diagnose einer vorliegenden Obstruktion wurde durch Operation oder sonographische bzw. szintigraphische Follow-up-Untersuchungen nach mindestens 6 Monaten gestellt. Eine Residualaktivität von über 50% auf dem Postmiktionsbild wurde als Zeichen einer Obstruktion gewertet. Bei Nieren mit einer Halbwertszeit des Abflusses von über 20 Minuten in der Diureseszintigraphie hatte das Kriterium einer Residualaktivität von 50% im Postmiktionsbild eine Sensitivität von 88%, eine Spezifität von 74% und eine Genauigkeit von 84% in der Diagnose einer signifikanten Obstruktion. Bei Nieren mit einer Halbwertszeit des Abflusses von unter 10 Minuten zeigte lediglich eine von 131 Nieren eine Obstruktion. Bei Nieren mit einer Halbwertszeit von 10 bis 20 Minuten in der Diureseszintigraphie hatte das Kriterium einer Residualaktivität von 50% im Postmiktionsbild eine Sensitivität von 100%, eine Spezifität von 80% und eine Genauigkeit von 83% in der Diagnose einer Obstruktion. Es wurde aus diesen Zahlen geschlussfolgert, dass das Erstellen eines Postmiktionsbildes sinnvoll ist bei Nieren mit einer Halbwertszeit des Abflusses von über 10 Minuten, um zwischen Obstruktion und fehlender Obstruktion zu unterscheiden. Bei Nieren mit einer Halbwertszeit des Abflusses unter 10 Minuten sei dies nicht sinnvoll, da eine Obstruktion bereits weitgehend ausgeschlossen sei. Der in der vorliegenden Arbeit ermittelte Abflussschwellenwert von 70% nach Lageänderung und Blasenentleerung weist im Vergleich zu den Daten von Wong et al. eine geringere Sensitivität von 79%, eine vergleichbare Spezifität von 78% und eine etwas geringere Genauigkeit von 79% auf. Die Überlegenheit des ermittelten Schwellenwertes von Wong et al. könnte durch das unterschiedliche Untersuchungsprotokoll und das damit verbundene unterschiedliche Patientengut bedingt sein; es ergibt sich zum einen eine eingeschränkte Vergleichbarkeit

dadurch, dass in der hier vorliegenden Untersuchung nicht die Halbwertszeit des Aktivitätsabfalls als Diagnosekriterium herangezogen wurde und dass sich die Abflusszahlen nach Lageänderung und Blasenentleerung auf das Aktivitätsmaximum während der Nierenfunktionsszintigraphie beziehen und nicht auf die Aktivität am Ende der Diureseszintigraphie. Wichtiger erscheint jedoch zum anderen die Tatsache, dass in der vorliegenden Untersuchung, im Gegensatz zu der Studie von Wong et al., schon nach der Nierenfunktionsszintigraphie eine Lageänderung und Blasenentleerung durchgeführt wurde und somit die Niereneinheiten, die ein gutes Ansprechen auf dieses Manöver zeigten, frühzeitig aus dem Untersuchungsprotokoll ausschieden. Bei diesen Niereneinheiten war oft eine weitere Diureseszintigraphie bzw. erneute Lageänderung und Blasenentleerung nicht mehr notwendig, so dass für die Beurteilung des Effektes von Lageänderung und Blasenentleerung nach der Diureseszintigraphie möglicherweise ein Kollektiv von Niereneinheiten untersucht wurde, das tendenziell weniger gut auf dieses Manöver anspricht, als das in dem Patientenkollektiv von Wong et al. der Fall war. In der Studie von Wong et al. wurden Sensitivität und Spezifität einzelner Abflusswerte nach der Diureseszintigraphie ohne Lageänderung und Blasenentleerung nicht untersucht, so dass die Studie letztendlich nicht die Frage beantworten kann, ob die zusätzliche Durchführung der Blasenentleerung und Umlagerung überhaupt notwendig war.

Da kein einziger Abflussschwellenwert in der Diureseszintigraphie mit oder ohne anschließende Umlagerung und Blasenentleerung eine befriedigende Sensitivität bei ausreichender Spezifität aufweist, muss die Diagnose einer signifikanten Obstruktion weiterhin im Einzelfall aus dem Gesamtbild des klinischen Verlaufes, der Nierenfunktion, des Abflusses und der Befunde in anderen Untersuchungsmodalitäten interdisziplinär gestellt werden. Auch wenn kein befriedigender Schwellenwert für die Diureseszintigraphie mit und ohne Lageänderung und Umlagerung gefunden werden konnte, so sind die vorgestellten Daten dennoch nützlich für Kinderurologen und Nuklearmediziner. Zur Beurteilung des Abflusses und der Entscheidung für oder gegen eine Operation können die ermittelten Sensitivitäten, Spezifitäten und Vorhersagewerte bei verschiedenen Schwellenwerten eine wichtige Hilfestellung bieten.

Gerade die Komplexität und Tragweite der Entscheidung zur Operation verlangen vom Nuklearmediziner und Kinderurologen, möglichst umfangreiche Informationen aus der Diureseszintigraphie abzuleiten. Daher erscheint es sinnvoll, auch wenn die ROC-Analyse keinen signifikanten diagnostischen Zugewinn durch die Durchführung der Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie zeigte, die Umlagerung und Blasenentleerung routinemäßig nach der Diureseszintigraphie durchzuführen, um durch die Abflussänderung, wenn auch nur im Einzelfall, einen weiteren Hinweis für oder gegen eine signifikante Obstruktion zu bekommen. Dies erscheint auch vor dem Hintergrund sinnvoll, dass der zusätzliche zeitliche Aufwand gering ist und keine erneute Strahlenexposition bedingt.

4.3 Limitationen

Es bestehen in bezug auf die vorgestellte Untersuchung folgende Limitationen: Das Einschlusskriterium des Abflusses $<70\%$ nach der Nierenfunktionsszintigraphie wurde willkürlich festgesetzt und beruhte lediglich auf klinischen Erfahrungswerten. Es wurde vorausgesetzt, dass ein Abfluss $\geq 70\%$ nach der Nierenfunktionsszintigraphie bereits eine signifikante Obstruktion ausschließt. Im nachhinein erscheint dies jedoch gerechtfertigt, da die Ergebnisse zeigten, dass ein Abfluss von 70% oder mehr nach Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie eine signifikante Obstruktion sicher ausschloss. Wenn ein Abfluss $\geq 70\%$ nach Lageänderung und Blasenentleerung eine Obstruktion sicher ausschließt, so muss dies konsequenterweise erst recht gelten, wenn der Abfluss nach der Nierenfunktionsszintigraphie ohne Lageänderung und Blasenentleerung bereits über 70% lag.

Eine weitere Limitation besteht darin, dass der Goldstandard in Form der Funktionsverschlechterung über 5% in der Follow-up-Szintigraphie bzw. der Zunahme der NBKS-Dilatation im Ultraschall willkürlich festgesetzt wurde. Für die Anwendbarkeit des Goldstandards spricht jedoch die gute Korrelation der Ergebnisse im Goldstandard mit dem weiteren therapeutischen Vorgehen durch die Kinderchirurgen. Keine einzige der 110 Niereneinheiten ohne Obstruktion im Goldstandard wurde

operiert. 22 der 29 Niereneinheiten, die mittels Goldstandard als obstruktiv gewertet wurden, wurden operiert, 7 wurden weiterhin beobachtet.

Darüber hinaus war die untersuchte Patientengruppe relativ heterogen, da unterschiedliche Indikationen mitberücksichtigt wurden. Lediglich bei der Quantifizierung des zusätzlichen Abflusses durch Lageänderung und Blasenentleerung wurden homogenere Subgruppen untersucht.

Eine weitere Limitation besteht darin, dass die Region of Interest immer um Nierenparenchym und NBKS gezeichnet wurde, unabhängig von der Indikation. Bei Niereneinheiten mit dilatiertem Ureter wird oft empfohlen, die Uretern mit in die Region of Interest zu integrieren, da die Obstruktion am ureterovesikalen Übergang vermutet wird. Hierauf wurde in der vorliegenden Arbeit zur besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen Subgruppen unterschiedlicher Pathologien, beispielsweise zwischen Niereneinheiten mit Ureterabgangsstenose und Niereneinheiten mit primärem obstruktiven Megaureter, verzichtet.

Für die Entscheidung, ob nierenzintigraphisch eine signifikante Obstruktion vorliegt, wurde in dieser Untersuchung der Fokus fast ausschließlich auf die prozentualen Abflusswert gerichtet. In der Praxis spielt für die nuklearmedizinische Beurteilung auch die visuelle Einschätzung der Summationsbilder, der Kurvenverlauf, der Zeitpunkt des Aktivitätsmaximums und die Nierenfunktion eine große Rolle. Somit wurde in dieser Arbeit eine Simplifizierung vorgenommen.

5 Zusammenfassung

Die Nierenfunktions- und Diureseszintigraphie dienen durch Bestimmung der Abflussverhältnisse im oberen Harntrakt der Diagnostik behandlungsbedürftiger Abflussstörungen. Ziel dieser Arbeit war es, den Nutzen einer zusätzlichen Abflussbestimmung nach erfolgter Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Nierenfunktions- und nach der Diureseszintigraphie zu untersuchen.

Eingeschlossen in diese Untersuchung wurden 264 Niereneinheiten, die im Zeitraum vom April 2000 bis Januar 2001 einen unzureichenden Abfluss (<70%) in der Nierenfunktionsszintigraphie zeigten. Im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie wurde eine Lageänderung und Blasenentleerung durchgeführt und der zusätzliche Abfluss quantifiziert. Für verschiedene Abflussschwellenwerte nach der Nierenfunktionsszintigraphie sowie nach Lageänderung und Blasenentleerung wurden Sensitivität, Spezifität, negativer und positiver Vorhersagewert sowie die Genauigkeit in der Diagnose einer signifikanten Abflussstörung bestimmt. Als Goldstandard diente die Verlaufskontrolle über mindestens 6 Monate mittels Nierenfunktionsszintigraphie oder Sonographie. Der ermittelte beste Schwellenwert für die Nierenfunktionsszintigraphie ohne Lageänderung und Blasenentleerung wurde mit dem ermittelten besten Schwellenwert nach Lageänderung und Blasenentleerung verglichen. Zusätzlich wurde zum Vergleich der Nierenfunktionsszintigraphie mit und ohne anschließende Lageänderung und Blasenentleerung eine Receiver Operator Characteristic-Analyse (ROC-Analyse) mit statistischem Vergleich der Flächen unter den Kurven nach Hanley und McNeil durchgeführt.

Bei Patienten, die nach Nierenfunktionsszintigraphie sowie Lageänderung und Blasenentleerung einen unzureichenden Abfluss zeigten (<70%), wurde eine Diureseszintigraphie durchgeführt. Betrag der Abfluss in der Diureseszintigraphie <80%, wurde erneut eine Lageänderung und Blasenentleerung durchgeführt. Der zusätzliche Abfluss wurde quantifiziert und Schwellenwerte für die Diureseszintigraphie mit und ohne anschließende Lageänderung und Blasenentleerung hinsichtlich der diagnostischen Wertigkeit in der Diagnose einer signifikanten

Abflussstörung miteinander verglichen. Darüber hinaus wurde mittels ROC-Analyse die Diureseszintigraphie mit und ohne anschließende Lageänderung und Blasenentleerung verglichen.

Die Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie führte im Mittel zu einer Abflusszunahme von 22%. Der ermittelte beste Schwellenwert in der Nierenfunktionsszintigraphie ohne Lageänderung und Blasenentleerung betrug 50% (Sensitivität 1,0, Spezifität 0,29, negativer Vorhersagewert 1,0, positiver Vorhersagewert 0,27, Genauigkeit 0,44), der beste Schwellenwert in der Nierenfunktionsszintigraphie mit anschließender Lageänderung und Blasenentleerung betrug 70% (Sensitivität 1,0, Spezifität 0,37, negativer Vorhersagewert 1,0, positiver Vorhersagewert 0,3, Genauigkeit 0,5). Die ROC-Analyse zeigte eine statistisch signifikante Überlegenheit der Nierenfunktionsszintigraphie mit zusätzlicher Lageänderung und Blasenentleerung ($p < 0,01$).

Die Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Diureseszintigraphie führte im Mittel zu einer Abflusszunahme von 12%. Der ermittelte beste Schwellenwert in der Diureseszintigraphie ohne Lageänderung und Blasenentleerung betrug 60% (Sensitivität 0,74, Spezifität 0,78, negativer Vorhersagewert 0,85, positiver Vorhersagewert 0,64, Genauigkeit 0,77), der ermittelte beste Schwellenwert in der Diureseszintigraphie mit anschließender Lageänderung und Blasenentleerung betrug 70% (Sensitivität 0,79, Spezifität 0,78, negativer Vorhersagewert 0,88, positiver Vorhersagewert 0,65, Genauigkeit 0,79). In der ROC-Analyse bestand zwischen der Diureseszintigraphie mit und ohne zusätzliche Lageänderung und Blasenentleerung kein signifikanter Unterschied ($p = 0,8$).

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigten, dass die Durchführung einer Lageänderung und Blasenentleerung im Anschluss an die Nierenfunktionsszintigraphie eine verbesserte Diagnosefindung ermöglicht und aufgrund der Spezifitätssteigerung einem Teil der Patienten die weitere Abklärung mittels Diureseszintigraphie erspart werden kann.

Eine Umlagerung und Blasenentleerung nach der Diureseszintigraphie führte hingegen nicht zu einer wesentlichen Steigerung der diagnostischen Wertigkeit, erwies sich jedoch im Einzelfall als nützlich.

Literaturverzeichnis

1. Anderson N, Clautice-Engle T, Allan R, Abbott G, Wells JE: **Detection of obstructive uropathy in the fetus: predictive value of sonographic measurements of renal pelvic diameter at various gestational ages.** *AJR Am J Roentgenol* 1995, **164**:719-723.
2. Arena F, Baldari S, Proietto F, Centorrino A, Scalfari G, Romeo G: **Conservative treatment in primary neonatal megaureter.** *Eur J Pediatr Surg* 1998, **8**:347-351.
3. Arger PH, Coleman BG, Mintz MC, Snyder HP, Camardese T, Arenson RL, Gabbe SG, Aquino L: **Routine fetal genitourinary tract screening.** *Radiology* 1985, **156**:485-489.
4. Avni EF, Bali MA, Regnault M, Damry N, Degroot F, Metens T, Matos C: **MR urography in children.** *Eur J Radiol* 2002, **43**:154-166.
5. Baskin LS, Zderic SA, Snyder HM, Duckett JW: **Primary dilated megaureter: long-term followup.** *J Urol* 1994, **152**:618-621.
6. Beetz R, Bokenkamp A, Brandis M, Hoyer P, John U, Kemper MJ, Kirschstein M, Kuwertz-Broking E, Misselwitz J, Muller-Wiefel DE, et al.: **Diagnosis of congenital dilatation of the urinary tract. Consensus Group of the Pediatric Nephrology Working Society in cooperation with the Pediatric Urology Working Group of the German Society of Urology and with the Pediatric Urology Working Society in the Germany Society of Pediatric Surgery.** *Urologe A* 2001, **40**:495-507; quiz 508-499.
7. Beetz R, Fisch, M., Hohenfellner, R.: **Ureteropelvine Stenose.** Kapitel 3.7 in *Kinderurologie in Klinik und Praxis*, 2. Auflage. Herausgegeben von Thüroff JW, Schulte-Wissermann, H.: Thieme; 2000:228-242.
8. Beetz R, Fisch, M., Hohenfellner, R.: **Megaureter.** Kapitel 3.6 in *Kinderurologie in Klinik und Praxis*, 2. Auflage. Herausgegeben von Thüroff JW, Schulte-Wissermann, H.: Thieme; 2000:213-227.
9. Blachar A, Blachar Y, Livne PM, Zurkowski L, Pelet D, Mogilner B: **Clinical outcome and follow-up of prenatal hydronephrosis.** *Pediatr Nephrol* 1994, **8**:30-35.

10. Blachar A, Schachter M, Blachar Y, Mogilner B, Zurkowski L, Livne PM, Pelet D, Appleman Z, Caspi B: **Evaluation of prenatally diagnosed hydronephrosis by morphometric measurements of the kidney.** *Pediatr Radiol* 1994, **24**:131-134.
11. Blandino A, Gaeta M, Minutoli F, Scribano E, Vinci S, Famulari C, Pandolfo I: **MR pyelography in 115 patients with a dilated renal collecting system.** *Acta Radiol* 2001, **42**:532-536.
12. Blandino A, Gaeta M, Minutoli F, Salamone I, Magno C, Scribano E, Pandolfo I: **MR urography of the ureter.** *AJR Am J Roentgenol* 2002, **179**:1307-1314.
13. Blyth B, Snyder HM, Duckett JW: **Antenatal diagnosis and subsequent management of hydronephrosis.** *J Urol* 1993, **149**:693-698.
14. Borthne A, Nordshus T, Reisetter T, Geitung JT, Gjesdal KI, Babovic A, Bjerre A, Loe B: **MR urography: the future gold standard in paediatric urogenital imaging?** *Pediatr Radiol* 1999, **29**:694-701.
15. Borthne A, Pierre-Jerome C, Nordshus T, Reisetter T: **MR urography in children: current status and future development.** *Eur Radiol* 2000, **10**:503-511.
16. Boubaker A, Prior J, Antonescu C, Meyrat B, Frey P, Delaloye AB: **F+0 renography in neonates and infants younger than 6 months: an accurate method to diagnose severe obstructive uropathy.** *J Nucl Med* 2001, **42**:1780-1788.
17. Bubeck B, Brandau W, Weber E, Kalble T, Parekh N, Georgi P: **Pharmacokinetics of technetium-99m-MAG3 in humans.** *J Nucl Med* 1990, **31**:1285-1293.
18. Bubeck B: **Plasma concentrations under consideration of body dimensions: a general requirement for single-sample clearance determinations.** *J Nucl Med* 1992, **33**:629-630.
19. Bubeck B, Piepenburg R, Grethe U, Ehrig B, Hahn K: **A new principle to normalize plasma concentrations allowing single-sample clearance determinations in both children and adults.** *Eur J Nucl Med* 1992, **19**:511-516.
20. Bubeck B: **Renal clearance determination with one blood sample: improved accuracy and universal applicability by a new calculation principle.** *Semin Nucl Med* 1993, **23**:73-86.

21. Budau M, Onu M, Jinga V, Braticевич B, Pop T: **US and MRI in renal obstruction evaluation.** *Arch Ital Urol Androl* 2002, **74**:59-60.
22. Chandrasekharam VV, Srinivas M, Bal CS, Gupta AK, Agarwala S, Mitra DK, Bhatnagar V: **Functional outcome after pyeloplasty for unilateral symptomatic hydronephrosis.** *Pediatr Surg Int* 2001, **17**:524-527.
23. Chung S, Majd M, Rushton HG, Belman AB: **Diuretic renography in the evaluation of neonatal hydronephrosis: is it reliable?** *J Urol* 1993, **150**:765-768.
24. Connolly LP, Zurakowski D, Peters CA, Dicanzio J, Ephraim P, Paltiel HJ, Share JC, Treves ST: **Variability of diuresis renography interpretation due to method of post-diuretic renal pelvic clearance half-time determination.** *J Urol* 2000, **164**:467-471.
25. Conway JJ: **"Well-tempered" diuresis renography: its historical development, physiological and technical pitfalls, and standardized technique protocol.** *Semin Nucl Med* 1992, **22**:74-84.
26. Conway JJ, Maizels M: **The "well tempered" diuretic renogram: a standard method to examine the asymptomatic neonate with hydronephrosis or hydroureteronephrosis. A report from combined meetings of The Society for Fetal Urology and members of The Pediatric Nuclear Medicine Council-The Society of Nuclear Medicine.** *J Nucl Med* 1992, **33**:2047-2051.
27. Cozzi F, Madonna L, Maggi E, Piacenti S, Bonanni M, Roggini M, Capocaccia P, Pachi A: **Management of primary megaureter in infancy.** *J Pediatr Surg* 1993, **28**:1031-1033.
28. Dacher J, Pfister C, Thoumas D, Vera P, Liard-Zmuda A, Chomant J, Mitrofanoff P, Le Dosseur P: **Shortcomings of diuresis scintigraphy in evaluating urinary obstruction: comparison with pressure flow studies.** *Pediatr Radiol* 1999, **29**:742-747.
29. Dejter SW, Jr., Gibbons MD: **The fate of infant kidneys with fetal hydronephrosis but initially normal postnatal sonography.** *J Urol* 1989, **142**:661-662; discussion 667-668.
30. DiSandro MJ, Kogan BA: **Neonatal management. Role for early intervention.** *Urol Clin North Am* 1998, **25**:187-197.

31. Dudley JA, Haworth JM, McGraw ME, Frank JD, Tizard EJ: **Clinical relevance and implications of antenatal hydronephrosis.** *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 1997, **76**:F31-34.
32. Ebel KD: **Uroradiology in the fetus and newborn: diagnosis and follow-up of congenital obstruction of the urinary tract.** *Pediatr Radiol* 1998, **28**:630-635.
33. Elkin M: **The prone position in intravenous urography for study of the upper urinary tract.** *Radiology* 1961, **76**:961-967.
34. Fernbach SK, Maizels M, Conway JJ: **Ultrasound grading of hydronephrosis: introduction to the system used by the Society for Fetal Urology.** *Pediatr Radiol* 1993, **23**:478-480.
35. Gettman MT, Neururer R, Bartsch G, Peschel R: **Anderson-Hynes dismembered pyeloplasty performed using the da Vinci robotic system.** *Urology* 2002, **60**:509-513.
36. Gordon I, Mialdea-Fernandez RM, Peters AM: **Pelviureteric junction obstruction. The value of a post-micturition view in 99mTc DTPA diuretic renography.** *Br J Urol* 1988, **61**:409-412.
37. Gordon I, Colarinha P, Fettich J, Fischer S, Frokier J, Hahn K, Kabasakal L, Mitjavila M, Olivier P, Piepsz A, et al.: **Guidelines for standard and diuretic renography in children.** *Eur J Nucl Med* 2001, **28**:BP21-30.
38. Gosling JA, Dixon JS: **Functional obstruction of the ureter and renal pelvis. A histological and electron microscopic study.** *Br J Urol* 1978, **50**:145-152.
39. Grignon A, Filion R, Filiatrault D, Robitaille P, Homsy Y, Boutin H, Leblond R: **Urinary tract dilatation in utero: classification and clinical applications.** *Radiology* 1986, **160**:645-647.
40. Hahn K, Rink, F. J.: **Nuklearmedizinische Funktionsdiagnostik.** Kapitel 1.6 in *Kinderurologie in Klinik und Praxis*, 2. Auflage. Herausgegeben von Thüroff JW, Schulte-Wissermann, H.: Thieme; 2000:51-57.
41. Hanley JA, McNeil BJ: **The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve**
A method of comparing the areas under receiver operating characteristic curves derived from the same cases. *Radiology* 1982, **143**:29-36.

42. Hanley JA, McNeil BJ: **A method of comparing the areas under receiver operating characteristic curves derived from the same cases.** *Radiology* 1983, **148**:839-843.
43. Hanna MK, Jeffs RD, Sturgess JM, Barkin M: **Ureteral structure and ultrastructure. Part III. The congenitally dilated ureter (megaureter).** *J Urol* 1977, **117**:24-27.
44. Harrison MR, Golbus MS, Filly RA, Nakayama DK, Callen PW, de Lorimier AA, Hricak H: **Management of the fetus with congenital hydronephrosis.** *J Pediatr Surg* 1982, **17**:728-742.
45. Heikel PE, Parkkulainen KV: **Vesico-ureteric reflux in children. A classification and results of conservative treatment.** *Ann Radiol (Paris)* 1966, **9**:37-40.
46. Hoffer FA, Lebowitz RL: **Intermittent hydronephrosis: a unique feature of ureteropelvic junction obstruction caused by a crossing renal vessel.** *Radiology* 1985, **156**:655-658.
47. Hollowell JG, Altman HG, Snyder HM, 3rd, Duckett JW: **Coexisting ureteropelvic junction obstruction and vesicoureteral reflux: diagnostic and therapeutic implications.** *J Urol* 1989, **142**:490-493; discussion 501.
48. Homsy YL, Saad F, Laberge I, Williot P, Pison C: **Transitional hydronephrosis of the newborn and infant.** *J Urol* 1990, **144**:579-583; discussion 593-574.
49. Howman-Giles R, Uren R, Roy LP, Filmer RB: **Volume expansion diuretic renal scan in urinary tract obstruction.** *J Nucl Med* 1987, **28**:824-828.
50. Humes HD, Rybak LP, Peterson RG, Simmons MA, Rumack BH, Levine RL, Brooks JG: **Insights into ototoxicity. Analogies to nephrotoxicity.** *Ann N Y Acad Sci* 1999, **884**:15-18.
51. Hvistendahl J, Pedersen T, Schmidt F, al. e: **Renal function is modulated by a vesico-renal reflex mechanism during elevated bladder pressure in the pig.** *Nucl Med Commun* 1998, **19**:502.
52. Itoh K: **^{99m}Tc-MAG3: review of pharmacokinetics, clinical application to renal diseases and quantification of renal function.** *Ann Nucl Med* 2001, **15**:179-190.
53. Kass EJ, Majd M, Belman AB: **Comparison of the diuretic renogram and the pressure perfusion study in children.** *J Urol* 1985, **134**:92-96.

54. Katzberg RW, Buonocore MH, Ivanovic M, Pellot-Barakat C, Ryan JM, Whang K, Brock JM, Jones CD: **Functional, dynamic, and anatomic MR urography: feasibility and preliminary findings.** *Acad Radiol* 2001, **8**:1083-1099.
55. Keating MA, Escala J, Snyder HM, 3rd, Heyman S, Duckett JW: **Changing concepts in management of primary obstructive megaureter.** *J Urol* 1989, **142**:636-640; discussion 667-638.
56. Kim YS, Do SH, Hong CH, Kim MJ, Choi SK, Han SW: **Does every patient with ureteropelvic junction obstruction need voiding cystourethrography?** *J Urol* 2001, **165**:2305-2307.
57. King LR, Coughlin PW, Bloch EC, Bowie JD, Ansong K, Hanna MK: **The case for immediate pyeloplasty in the neonate with ureteropelvic junction obstruction.** *J Urol* 1984, **132**:725-728.
58. Kleiner B, Callen PW, Filly RA: **Sonographic analysis of the fetus with ureteropelvic junction obstruction.** *AJR Am J Roentgenol* 1987, **148**:359-363.
59. Koff SA: **Problematic ureteropelvic junction obstruction.** *J Urol* 1987, **138**:390.
60. Koff SA, Campbell KD: **The nonoperative management of unilateral neonatal hydronephrosis: natural history of poorly functioning kidneys.** *J Urol* 1994, **152**:593-595.
61. Koff SA, Peller PA, Young DC, Pollifrone DL: **The assessment of obstruction in the newborn with unilateral hydronephrosis by measuring the size of the opposite kidney.** *J Urol* 1994, **152**:596-599.
62. Koff SA: **Neonatal management of unilateral hydronephrosis. Role for delayed intervention.** *Urol Clin North Am* 1998, **25**:181-186.
63. Kuyvenhoven J, Piepsz A, Ham H: **When could the administration of furosemide be avoided?** *Clin Nucl Med* 2003, **28**:732-737.
64. Lebowitz RL, Blickman JG: **The coexistence of ureteropelvic junction obstruction and reflux.** *AJR Am J Roentgenol* 1983, **140**:231-238.
65. Lebowitz RL, Olbing H, Parkkulainen KV, Smellie JM, Tamminen-Mobius TE: **International system of radiographic grading of vesicoureteric reflux. International Reflux Study in Children.** *Pediatr Radiol* 1985, **15**:105-109.
66. Leppert A, Nadalin S, Schirg E, Petersen C, Kardorff R, Galanski M, Fuchs J: **Impact of magnetic resonance urography on preoperative diagnostic**

- workup in children affected by hydronephrosis: should IVU be replaced?** *J Pediatr Surg* 2002, **37**:1441-1445.
67. Livera LN, Brookfield DS, Egginton JA, Hawnaur JM: **Antenatal ultrasonography to detect fetal renal abnormalities: a prospective screening programme.** *Bmj* 1989, **298**:1421-1423.
68. Louca G, Liberopoulos K, Fidas A, Nikolakopoulou Z, Lykourinas M, Strigaris K: **MR urography in the diagnosis of urinary tract obstruction.** *Eur Urol* 1999, **35**:102-108.
69. MacNeily AE, Maizels M, Kaplan WE, Firlit CF, Conway JJ: **Does early pyeloplasty really avert loss of renal function? A retrospective review.** *J Urol* 1993, **150**:769-773.
70. Maizels M, Smith CK, Firlit CF: **The management of children with vesicoureteral reflux and ureteropelvic junction obstruction.** *J Urol* 1984, **131**:722-727.
71. Maizels M, Reisman ME, Flom LS, Nelson J, Fernbach S, Firlit CF, Conway JJ: **Grading nephroureteral dilatation detected in the first year of life: correlation with obstruction.** *J Urol* 1992, **148**:609-614; discussion 615-606.
72. Maizels M, Mitchell B, Kass E, Fernbach SK, Conway JJ: **Outcome of nonspecific hydronephrosis in the infant: a report from the Registry of the Society for Fetal Urology.** *J Urol* 1994, **152**:2324-2327.
73. Mandell GA, Cooper JA, Leonard JC, Majd M, Miller JH, Parisi MT, Sfakianakis GN: **Procedure guideline for diuretic renography in children. Society of Nuclear Medicine.** *J Nucl Med* 1997, **38**:1647-1650.
74. Manning FA, Harrison MR, Rodeck C: **Catheter shunts for fetal hydronephrosis and hydrocephalus. Report of the International Fetal Surgery Registry.** *N Engl J Med* 1986, **315**:336-340.
75. McAleer IM, Kaplan GW: **Renal function before and after pyeloplasty: does it improve?** *J Urol* 1999, **162**:1041-1044.
76. McLellan DL, Retik AB, Bauer SB, Diamond DA, Atala A, Mandell J, Lebowitz RL, Borer JG, Peters CA: **Rate and predictors of spontaneous resolution of prenatally diagnosed primary nonrefluxing megaureter.** *J Urol* 2002, **168**:2177-2180; discussion 2180.

77. Meyer JS, Lebowitz RL: **Primary megaureter in infants and children: a review.** *Urol Radiol* 1992, **14**:296-305.
78. Mollard P, Foray P, De Godoy JL, Valignat C: **Management of primary obstructive megaureter without reflux in neonates.** *Eur Urol* 1993, **24**:505-510.
79. Murakumo M, Nonomura K, Yamashita T, Ushiki T, Abe K, Koyanagi T: **Structural changes of collagen components and diminution of nerves in congenital ureteropelvic junction obstruction.** *J Urol* 1997, **157**:1963-1968.
80. Nicotina PA, Romeo C, Arena F, Romeo G: **Segmental up-regulation of transforming growth factor-beta in the pathogenesis of primary megaureter. An immunocytochemical study.** *Br J Urol* 1997, **80**:946-949.
81. Nolte-Ernsting CC, Adam GB, Gunther RW: **MR urography: examination techniques and clinical applications.** *Eur Radiol* 2001, **11**:355-372.
82. Nolte-Ernsting CC, Tacke J, Adam GB, Haage P, Jung P, Jakse G, Gunther RW: **Diuretic-enhanced gadolinium excretory MR urography: comparison of conventional gradient-echo sequences and echo-planar imaging.** *Eur Radiol* 2001, **11**:18-27.
83. Oberhausen E: **Investigation of renal clearance in nuclear medicine.** *Radiologe* 1981, **21**:548-552.
84. O'Reilly P, Aurell M, Britton K, Kletter K, Rosenthal L, Testa T: **Consensus on diuresis renography for investigating the dilated upper urinary tract. Radionuclides in Nephrourology Group. Consensus Committee on Diuresis Renography.** *J Nucl Med* 1996, **37**:1872-1876.
85. O'Reilly PH: **Diuresis renography 8 years later: an update.** *J Urol* 1986, **136**:993-999.
86. O'Tuama LA, Treves ST, Peters CA: **Tracking the natural history of infantile hydronephrosis with diuretic renography.** *J Nucl Med* 1992, **33**:2098-2102.
87. Palmer LS, Maizels M, Cartwright PC, Fernbach SK, Conway JJ: **Surgery versus observation for managing obstructive grade 3 to 4 unilateral hydronephrosis: a report from the Society for Fetal Urology.** *J Urol* 1998, **159**:222-228.

88. Pardalidis NP, Papatsoris AG, Kosmaoglou EV: **Endoscopic and laparoscopic treatment of ureteropelvic junction obstruction.** *J Urol* 2002, **168**:1937-1940; discussion 1940.
89. Park JM, Bloom DA: **The pathophysiology of UPJ obstruction. Current concepts.** *Urol Clin North Am* 1998, **25**:161-169.
90. Peters CA, Mandell J, Lebowitz RL, Colodny AH, Bauer SB, Hendren WH, Retik AB: **Congenital obstructed megaureters in early infancy: diagnosis and treatment.** *J Urol* 1989, **142**:641-645; discussion 667-648.
91. Peterson RG, Simmons MA, Rumack BH, Levine RL, Brooks JG: **Pharmacology of furosemide in the premature newborn infant.** *J Pediatr* 1980, **97**:139-143.
92. Piepsz A, Hahn K, Roca I, Ciofetta G, Toth G, Gordon I, Kolinska J, Gwidlet J: **A radiopharmaceuticals schedule for imaging in paediatrics. Paediatric Task Group European Association Nuclear Medicine.** *Eur J Nucl Med* 1990, **17**:127-129.
93. Piepsz A, Arnello F, Tondeur M, Ham HR: **Diuretic renography in children.** *J Nucl Med* 1998, **39**:2015-2016.
94. Reddy PP, Mandell J: **Prenatal diagnosis. Therapeutic implications.** *Urol Clin North Am* 1998, **25**:171-180.
95. Rodriguez LV, Lock J, Kennedy WA, Shortliffe LM: **Evaluation of sonographic renal parenchymal area in the management of hydronephrosis.** *J Urol* 2001, **165**:548-551.
96. Rohrschneider WK, Becker K, Hoffend J, Clorius JH, Darge K, Kooijman H, Troger J: **Combined static-dynamic MR urography for the simultaneous evaluation of morphology and function in urinary tract obstruction. II. Findings in experimentally induced ureteric stenosis.** *Pediatr Radiol* 2000, **30**:523-532.
97. Rohrschneider WK, Hoffend J, Becker K, Clorius JH, Darge K, Kooijman H, Troger J: **Combined static-dynamic MR urography for the simultaneous evaluation of morphology and function in urinary tract obstruction. I. Evaluation of the normal status in an animal model.** *Pediatr Radiol* 2000, **30**:511-522.
98. Rossleigh MA, Leighton DM, Farnsworth RH: **Diuresis renography. The need for an additional view after gravity-assisted drainage.** *Clin Nucl Med* 1993, **18**:210-213.

99. Rossleigh MA: **Renal cortical scintigraphy and diuresis renography in infants and children.** *J Nucl Med* 2001, **42**:91-95.
100. Rothpearl A, Frager D, Subramanian A, Bashist B, Baer J, Kay C, Cooke K, Raia C: **MR urography: technique and application.** *Radiology* 1995, **194**:125-130.
101. Roy C, Saussine C, Guth S, Horviller S, Tuchmann C, Vasilescu C, Le Bras Y, Jacqmin D: **MR urography in the evaluation of urinary tract obstruction.** *Abdom Imaging* 1998, **23**:27-34.
102. Russell CD, Dubovsky EV: **Reproducibility of single-sample clearance of ^{99m}Tc-mercaptoacetyltriglycine and ^{131I}-orthoiodohippurate.** *J Nucl Med* 1999, **40**:1122-1124.
103. Rybak LP, Peterson RG, Simmons MA, Rumack BH, Levine RL, Brooks JG: **Ototoxicity of loop diuretics.** *Otolaryngol Clin North Am* 1993, **26**:829-844.
104. Scharf SC, Blafox MD: **Radionuclides in the evaluation of urinary obstruction.** *Semin Nucl Med* 1982, **12**:254-264.
105. Schumacher R, Tröger, J.: **1.5 Bildgebende urologische Diagnostik.** In *Kinderurologie in Klinik und Praxis*, edn 2. Auflage. Edited by Thüroff JW, Schulte-Wissermann, H.: Thieme; 2000:32-50.
106. Sheu JC, Chang PY, Wang NL, Tsai TC, Huang FY: **Is surgery necessary for primary non-refluxing megaureter?** *Pediatr Surg Int* 1998, **13**:501-503.
107. Shokeir AA, Nijman RJ: **Primary megaureter: current trends in diagnosis and treatment.** *BJU Int* 2000, **86**:861-868.
108. Shore RM, Uehling DT, Bruskevitz R, Polcyn RE: **Evaluation of obstructive uropathy with diuretic renography.** *Am J Dis Child* 1983, **137**:236-240.
109. Sibai H, Salle JL, Houle AM, Lambert R: **Hydronephrosis with diffuse or segmental cortical thinning: impact on renal function.** *J Urol* 2001, **165**:2293-2295.
110. Siqueira TM, Jr., Nadu A, Kuo RL, Paterson RF, Lingeman JE, Shalhav AL: **Laparoscopic treatment for ureteropelvic junction obstruction.** *Urology* 2002, **60**:973-978.
111. Stauss J, Connolly LP, Connolly SA, Zurakowski D, Treves ST, Peters CA: **Dynamic renal scintigraphy in children with vesicoureteral reflux and**

- suspected coexisting ureteropelvic junction obstruction.** *J Urol* 2003, **170**:1966-1970.
112. Stehr M, Metzger R, Schuster T, Porn U, Dietz HG: **Management of the primary obstructed megaureter (POM) and indication for operative treatment.** *Eur J Pediatr Surg* 2002, **12**:32-37.
113. Stoll C, Alembik Y, Roth MP, Dott B, Sauvage P: **Risk factors in internal urinary system malformations.** *Pediatr Nephrol* 1990, **4**:319-323.
114. Sudah M, Vanninen R, Partanen K, Heino A, Vainio P, Ala-Opas M: **MR urography in evaluation of acute flank pain: T2-weighted sequences and gadolinium-enhanced three-dimensional FLASH compared with urography. Fast low-angle shot.** *AJR Am J Roentgenol* 2001, **176**:105-112.
115. Taylor A: **Radionuclide renography: a personal approach.** *Semin Nucl Med* 1999, **29**:102-127.
116. Tokunaka S, Koyanagi T: **Morphologic study of primary nonreflux megaureters with particular emphasis on the role of ureteral sheath and ureteral dysplasia.** *J Urol* 1982, **128**:399-402.
117. Upsdell SM, Gupta S, Gough DC: **The radionuclide assessment of pre-natally diagnosed hydronephrosis.** *Br J Urol* 1994, **74**:31-34.
118. Wang Y, Puri P, Hassan J, Miyakita H, Reen DJ: **Abnormal innervation and altered nerve growth factor messenger ribonucleic acid expression in ureteropelvic junction obstruction.** *J Urol* 1995, **154**:679-683.
119. Wong DC, Rossleigh MA, Farnsworth RH: **F+0 diuresis renography in infants and children.** *J Nucl Med* 1999, **40**:1805-1811.
120. Wong DC, Rossleigh MA, Farnsworth RH: **Diuretic renography with the addition of quantitative gravity-assisted drainage in infants and children.** *J Nucl Med* 2000, **41**:1030-1036.
121. Zhang PL, Peters CA, Rosen S: **Ureteropelvic junction obstruction: morphological and clinical studies.** *Pediatr Nephrol* 2000, **14**:820-826.

Anhang

Nierenfunktionsszintigraphie ohne Lageänderung und Blasentleerung (Obstruktion unterhalb des Schwellenwertes)	Sensitivität	Spezifität	Richtig Positiv	Richtig Negativ	Falsch Positiv	Falsch Negativ
0,0%	0,0%	100,0%	0	110	0	29
0,5%	0,0%	98,2%	0	108	2	29
1,4%	0,0%	97,3%	0	107	3	29
1,5%	0,0%	96,4%	0	106	4	29
1,9%	0,0%	95,5%	0	105	5	29
2,2%	0,0%	94,5%	0	104	6	29
2,2%	0,0%	93,6%	0	103	7	29
2,3%	3,4%	93,6%	1	103	7	28
2,4%	6,9%	93,6%	2	103	7	27
2,5%	6,9%	92,7%	2	102	8	27
2,5%	6,9%	91,8%	2	101	9	27
2,7%	6,9%	90,9%	2	100	10	27
3,4%	10,3%	90,9%	3	100	10	26
3,5%	10,3%	90,0%	3	99	11	26
3,6%	10,3%	89,1%	3	98	12	26
3,8%	10,3%	88,2%	3	97	13	26
3,9%	10,3%	87,3%	3	96	14	26
4,1%	13,8%	87,3%	4	96	14	25
4,4%	17,2%	87,3%	5	96	14	24
4,7%	20,7%	87,3%	6	96	14	23
4,9%	24,1%	87,3%	7	96	14	22
5,1%	24,1%	86,4%	7	95	15	22
5,3%	24,1%	85,5%	7	94	16	22
5,3%	27,6%	85,5%	8	94	16	21
5,4%	27,6%	84,5%	8	93	17	21
5,8%	27,6%	83,6%	8	92	18	21
6,0%	27,6%	82,7%	8	91	19	21
6,3%	31,0%	82,7%	9	91	19	20
6,5%	31,0%	81,8%	9	90	20	20
6,5%	31,0%	80,9%	9	89	21	20
7,0%	31,0%	80,0%	9	88	22	20
7,2%	31,0%	79,1%	9	87	23	20
7,5%	34,5%	79,1%	10	87	23	19
7,8%	34,5%	78,2%	10	86	24	19
8,2%	37,9%	78,2%	11	86	24	18
8,2%	41,4%	78,2%	12	86	24	17
8,6%	41,4%	77,3%	12	85	25	17
8,6%	41,4%	76,4%	12	84	26	17
8,6%	41,4%	75,5%	12	83	27	17
8,6%	41,4%	74,5%	12	82	28	17
8,7%	44,8%	74,5%	13	82	28	16
9,0%	44,8%	73,6%	13	81	29	16
9,0%	44,8%	72,7%	13	80	30	16

Nierenfunktionsszintigraphie ohne Lageänderung und Blasenentleerung (Obstruktion unterhalb des Schwellenwertes) Fortsetzung	Sensitivität	Spezifität	Richtig Positiv	Richtig Negativ	Falsch Positiv	Falsch Negativ
9,1%	44,8%	71,8%	13	79	31	16
9,2%	48,3%	71,8%	14	79	31	15
9,3%	51,7%	71,8%	15	79	31	14
9,6%	55,2%	71,8%	16	79	31	13
9,8%	58,6%	71,8%	17	79	31	12
10,0%	58,6%	70,9%	17	78	32	12
10,0%	62,1%	70,9%	18	78	32	11
10,5%	65,5%	70,9%	19	78	32	10
10,5%	65,5%	70,0%	19	77	33	10
10,8%	69,0%	70,0%	20	77	33	9
11,2%	69,0%	69,1%	20	76	34	9
11,4%	72,4%	69,1%	21	76	34	8
11,4%	72,4%	68,2%	21	75	35	8
11,5%	72,4%	67,3%	21	74	36	8
13,6%	75,9%	67,3%	22	74	36	7
14,0%	75,9%	66,4%	22	73	37	7
14,9%	75,9%	65,5%	22	72	38	7
15,2%	75,9%	64,5%	22	71	39	7
16,4%	79,3%	64,5%	23	71	39	6
17,3%	79,3%	63,6%	23	70	40	6
17,5%	79,3%	62,7%	23	69	41	6
17,7%	79,3%	61,8%	23	68	42	6
17,9%	79,3%	60,9%	23	67	43	6
18,8%	82,8%	60,9%	24	67	43	5
19,0%	82,8%	60,0%	24	66	44	5
19,0%	82,8%	59,1%	24	65	45	5
20,1%	82,8%	58,2%	24	64	46	5
20,8%	82,8%	57,3%	24	63	47	5
20,8%	86,2%	57,3%	25	63	47	4
22,3%	86,2%	56,4%	25	62	48	4
22,5%	86,2%	55,5%	25	61	49	4
22,6%	86,2%	54,5%	25	60	50	4
23,1%	86,2%	53,6%	25	59	51	4
23,8%	86,2%	52,7%	25	58	52	4
25,7%	86,2%	51,8%	25	57	53	4
26,2%	86,2%	50,9%	25	56	54	4
27,7%	86,2%	50,0%	25	55	55	4
28,0%	86,2%	49,1%	25	54	56	4
29,0%	86,2%	48,2%	25	53	57	4
29,6%	86,2%	47,3%	25	52	58	4
31,2%	89,7%	47,3%	26	52	58	3
31,7%	89,7%	46,4%	26	51	59	3
32,1%	89,7%	45,5%	26	50	60	3
32,4%	89,7%	44,5%	26	49	61	3
33,5%	89,7%	43,6%	26	48	62	3
34,0%	89,7%	42,7%	26	47	63	3
34,1%	89,7%	41,8%	26	46	64	3
35,6%	93,1%	41,8%	27	46	64	2
35,8%	93,1%	40,9%	27	45	65	2

Nierenfunktionsszintigraphie ohne Lageänderung und Blasentleerung (Obstruktion unterhalb des Schwellenwertes) Fortsetzung	Sensitivität	Spezifität	Richtig Positiv	Richtig Negativ	Falsch Positiv	Falsch Negativ
37,7%	93,1%	40,0%	27	44	66	2
39,7%	93,1%	39,1%	27	43	67	2
40,4%	93,1%	38,2%	27	42	68	2
41,2%	93,1%	37,3%	27	41	69	2
42,2%	93,1%	36,4%	27	40	70	2
42,3%	93,1%	35,5%	27	39	71	2
43,2%	93,1%	34,5%	27	38	72	2
43,7%	96,6%	34,5%	28	38	72	1
44,5%	100,0%	34,5%	29	38	72	0
46,2%	100,0%	33,6%	29	37	73	0
46,9%	100,0%	32,7%	29	36	74	0
48,7%	100,0%	31,8%	29	35	75	0
49,2%	100,0%	30,9%	29	34	76	0
49,3%	100,0%	30,0%	29	33	77	0
51,7%	100,0%	29,1%	29	32	78	0
52,3%	100,0%	28,2%	29	31	79	0
52,9%	100,0%	27,3%	29	30	80	0
55,0%	100,0%	26,4%	29	29	81	0
57,6%	100,0%	25,5%	29	28	82	0
57,8%	100,0%	24,5%	29	27	83	0
58,0%	100,0%	23,6%	29	26	84	0
58,1%	100,0%	22,7%	29	25	85	0
60,0%	100,0%	21,8%	29	24	86	0
60,2%	100,0%	20,9%	29	23	87	0
60,5%	100,0%	20,0%	29	22	88	0
60,7%	100,0%	19,1%	29	21	89	0
61,0%	100,0%	18,2%	29	20	90	0
61,7%	100,0%	17,3%	29	19	91	0
62,3%	100,0%	16,4%	29	18	92	0
62,6%	100,0%	15,5%	29	17	93	0
62,8%	100,0%	14,5%	29	16	94	0
63,4%	100,0%	13,6%	29	15	95	0
63,5%	100,0%	12,7%	29	14	96	0
63,5%	100,0%	11,8%	29	13	97	0
65,2%	100,0%	10,9%	29	12	98	0
65,4%	100,0%	10,0%	29	11	99	0
65,4%	100,0%	9,1%	29	10	100	0
65,9%	100,0%	8,2%	29	9	101	0
66,4%	100,0%	7,3%	29	8	102	0
66,8%	100,0%	6,4%	29	7	103	0
67,2%	100,0%	5,5%	29	6	104	0
67,4%	100,0%	4,5%	29	5	105	0
67,7%	100,0%	3,6%	29	4	106	0
68,0%	100,0%	2,7%	29	3	107	0
68,8%	100,0%	1,8%	29	2	108	0
68,9%	100,0%	0,9%	29	1	109	0
-	100,0%	0,0%	29	0	110	0

Nierenfunktionsszintigraphie mit Lageänderung und Blasentleerung (Obstruktion unterhalb des Schwellenwertes)	Sensitivität	Spezifität	Richtig Positiv	Richtig Negativ	Falsch Positiv	Falsch Negativ
-11,6%	0,0%	100,0%	0	110	0	29
-9,4%	0,0%	99,1%	0	109	1	29
-9,1%	0,0%	98,2%	0	108	2	29
-1,4%	0,0%	97,3%	0	107	3	29
-0,4%	0,0%	96,4%	0	106	4	29
2,2%	3,4%	96,4%	1	106	4	28
2,5%	6,9%	96,4%	2	106	4	27
2,7%	10,3%	96,4%	3	106	4	26
2,9%	10,3%	95,5%	3	105	5	26
3,1%	10,3%	94,5%	3	104	6	26
3,5%	10,3%	93,6%	3	103	7	26
4,1%	13,8%	93,6%	4	103	7	25
4,1%	17,2%	93,6%	5	103	7	24
5,2%	20,7%	93,6%	6	103	7	23
5,8%	24,1%	93,6%	7	103	7	22
6,6%	24,1%	92,7%	7	102	8	22
9,1%	27,6%	92,7%	8	102	8	21
9,4%	27,6%	91,8%	8	101	9	21
9,6%	27,6%	90,9%	8	100	10	21
9,9%	27,6%	90,0%	8	99	11	21
10,3%	31,0%	90,0%	9	99	11	20
10,5%	34,5%	90,0%	10	99	11	19
10,6%	34,5%	89,1%	10	98	12	19
11,3%	37,9%	89,1%	11	98	12	18
11,6%	41,4%	89,1%	12	98	12	17
11,9%	44,8%	89,1%	13	98	12	16
12,3%	48,3%	89,1%	14	98	12	15
14,2%	48,3%	88,2%	14	97	13	15
16,2%	48,3%	87,3%	14	96	14	15
17,1%	48,3%	86,4%	14	95	15	15
17,2%	51,7%	86,4%	15	95	15	14
17,4%	51,7%	85,5%	15	94	16	14
17,6%	51,7%	84,5%	15	93	17	14
17,8%	51,7%	83,6%	15	92	18	14
18,6%	55,2%	83,6%	16	92	18	13
19,9%	55,2%	82,7%	16	91	19	13
20,2%	58,6%	82,7%	17	91	19	12
23,6%	58,6%	81,8%	17	90	20	12
24,0%	62,1%	81,8%	18	90	20	11
27,2%	65,5%	81,8%	19	90	20	10
27,9%	65,5%	80,9%	19	89	21	10
28,0%	65,5%	80,0%	19	88	22	10
28,7%	69,0%	80,0%	20	88	22	9
29,2%	69,0%	79,1%	20	87	23	9
29,9%	72,4%	79,1%	21	87	23	8
30,9%	72,4%	78,2%	21	86	24	8
31,6%	75,9%	78,2%	22	86	24	7
34,7%	75,9%	77,3%	22	85	25	7
35,0%	75,9%	76,4%	22	84	26	7
35,2%	75,9%	75,5%	22	83	27	7
36,5%	75,9%	74,5%	22	82	28	7
36,8%	79,3%	74,5%	23	82	28	6

Nierenfunktionsszintigraphie mit Lageänderung und Blasenentleerung (Obstruktion unterhalb des Schwellenwertes) Fortsetzung	Sensitivität	Spezifität	Richtig Positiv	Richtig Negativ	Falsch Positiv	Falsch Negativ
40,4%	79,3%	73,6%	23	81	29	6
40,4%	79,3%	72,7%	23	80	30	6
40,7%	79,3%	71,8%	23	79	31	6
41,1%	79,3%	70,9%	23	78	32	6
41,3%	79,3%	70,0%	23	77	33	6
41,4%	79,3%	69,1%	23	76	34	6
41,6%	82,8%	69,1%	24	76	34	5
42,2%	82,8%	68,2%	24	75	35	5
45,5%	82,8%	67,3%	24	74	36	5
45,7%	86,2%	67,3%	25	74	36	4
46,1%	86,2%	66,4%	25	73	37	4
48,0%	86,2%	65,5%	25	72	38	4
48,9%	86,2%	64,5%	25	71	39	4
49,1%	86,2%	63,6%	25	70	40	4
49,2%	86,2%	62,7%	25	69	41	4
49,2%	86,2%	61,8%	25	68	42	4
49,4%	86,2%	60,9%	25	67	43	4
50,1%	86,2%	60,0%	25	66	44	4
50,6%	86,2%	59,1%	25	65	45	4
51,2%	89,7%	59,1%	26	65	45	3
52,0%	89,7%	58,2%	26	64	46	3
54,8%	89,7%	57,3%	26	63	47	3
54,8%	89,7%	56,4%	26	62	48	3
55,2%	93,1%	56,4%	27	62	48	2
56,2%	93,1%	55,5%	27	61	49	2
57,7%	96,6%	55,5%	28	61	49	1
59,0%	96,6%	54,5%	28	60	50	1
59,3%	96,6%	53,6%	28	59	51	1
61,0%	96,6%	52,7%	28	58	52	1
61,2%	96,6%	51,8%	28	57	53	1
61,5%	96,6%	50,9%	28	56	54	1
61,7%	96,6%	50,0%	28	55	55	1
62,1%	96,6%	49,1%	28	54	56	1
63,1%	96,6%	48,2%	28	53	57	1
63,1%	96,6%	47,3%	28	52	58	1
63,7%	96,6%	46,4%	28	51	59	1
64,5%	96,6%	45,5%	28	50	60	1
65,4%	96,6%	44,5%	28	49	61	1
65,4%	96,6%	43,6%	28	48	62	1
65,9%	96,6%	42,7%	28	47	63	1
66,1%	96,6%	41,8%	28	46	64	1
67,2%	100,0%	41,8%	29	46	64	0
67,2%	100,0%	40,9%	29	45	65	0
67,4%	100,0%	40,0%	29	44	66	0
68,0%	100,0%	39,1%	29	43	67	0
68,1%	100,0%	38,2%	29	42	68	0
70,4%	100,0%	37,3%	29	41	69	0
70,6%	100,0%	36,4%	29	40	70	0
71,8%	100,0%	35,5%	29	39	71	0
72,3%	100,0%	34,5%	29	38	72	0
72,8%	100,0%	33,6%	29	37	73	0
73,2%	100,0%	32,7%	29	36	74	0
73,7%	100,0%	31,8%	29	35	75	0

Nierenfunktionsszintigraphie mit Lageänderung und Blasentleerung (Obstruktion unterhalb des Schwellenwertes) Fortsetzung	Sensitivität	Spezifität	Richtig Positiv	Richtig Negativ	Falsch Positiv	Falsch Negativ
74,4%	100,0%	30,9%	29	34	76	0
75,4%	100,0%	30,0%	29	33	77	0
76,0%	100,0%	29,1%	29	32	78	0
76,4%	100,0%	28,2%	29	31	79	0
76,9%	100,0%	27,3%	29	30	80	0
77,6%	100,0%	26,4%	29	29	81	0
78,2%	100,0%	25,5%	29	28	82	0
78,2%	100,0%	24,5%	29	27	83	0
78,4%	100,0%	23,6%	29	26	84	0
78,8%	100,0%	22,7%	29	25	85	0
78,9%	100,0%	21,8%	29	24	86	0
79,6%	100,0%	20,9%	29	23	87	0
79,8%	100,0%	20,0%	29	22	88	0
80,2%	100,0%	19,1%	29	21	89	0
80,4%	100,0%	18,2%	29	20	90	0
80,9%	100,0%	17,3%	29	19	91	0
81,6%	100,0%	16,4%	29	18	92	0
84,6%	100,0%	15,5%	29	17	93	0
85,2%	100,0%	14,5%	29	16	94	0
85,3%	100,0%	13,6%	29	15	95	0
86,7%	100,0%	12,7%	29	14	96	0
86,9%	100,0%	11,8%	29	13	97	0
89,4%	100,0%	10,9%	29	12	98	0
89,7%	100,0%	10,0%	29	11	99	0
89,7%	100,0%	9,1%	29	10	100	0
89,8%	100,0%	8,2%	29	9	101	0
89,9%	100,0%	7,3%	29	8	102	0
90,9%	100,0%	6,4%	29	7	103	0
91,2%	100,0%	5,5%	29	6	104	0
91,9%	100,0%	4,5%	29	5	105	0
92,3%	100,0%	3,6%	29	4	106	0
92,4%	100,0%	2,7%	29	3	107	0
93,6%	100,0%	1,8%	29	2	108	0
94,4%	100,0%	0,9%	29	1	109	0
-	100,0%	0,0%	29	0	110	0

Diureseszintigraphie ohne Lageänderung und Blasentleerung (Obstruktion unterhalb des Schwellenwertes)	Sensitivität	Spezifität	Richtig Positiv	Richtig Negativ	Falsch Positiv	Falsch Negativ
-31,2%	0,0%	100,0%	0	37	0	19
18,9%	0,0%	97,3%	0	36	1	19
24,5%	5,3%	97,3%	1	36	1	18
24,6%	10,5%	97,3%	2	36	1	17
27,3%	15,8%	97,3%	3	36	1	16
29,2%	21,1%	97,3%	4	36	1	15
31,7%	21,1%	94,6%	4	35	2	15
31,8%	21,1%	91,9%	4	34	3	15
36,7%	26,3%	91,9%	5	34	3	14
40,9%	31,6%	91,9%	6	34	3	13
41,9%	36,8%	91,9%	7	34	3	12
43,7%	42,1%	91,9%	8	34	3	11
46,9%	47,4%	91,9%	9	34	3	10
47,6%	52,6%	91,9%	10	34	3	9
51,8%	52,6%	89,2%	10	33	4	9
52,2%	52,6%	86,5%	10	32	5	9
55,4%	57,9%	86,5%	11	32	5	8
56,3%	57,9%	83,8%	11	31	6	8
56,5%	57,9%	81,1%	11	30	7	8
57,4%	63,2%	81,1%	12	30	7	7
58,8%	68,4%	81,1%	13	30	7	6
58,8%	73,7%	81,1%	14	30	7	5
60,8%	73,7%	78,4%	14	29	8	5
60,8%	78,9%	78,4%	15	29	8	4
62,5%	78,9%	75,7%	15	28	9	4
63,3%	78,9%	73,0%	15	27	10	4
65,1%	78,9%	70,3%	15	26	11	4
65,3%	78,9%	67,6%	15	25	12	4
65,6%	78,9%	64,9%	15	24	13	4
65,7%	78,9%	62,2%	15	23	14	4
65,8%	78,9%	59,5%	15	22	15	4
67,1%	84,2%	59,5%	16	22	15	3
67,3%	84,2%	56,8%	16	21	16	3
67,3%	89,5%	56,8%	17	21	16	2
67,7%	89,5%	54,1%	17	20	17	2
69,0%	89,5%	51,4%	17	19	18	2
69,4%	89,5%	48,6%	17	18	19	2
70,2%	89,5%	45,9%	17	17	20	2
70,5%	89,5%	43,2%	17	16	21	2
70,5%	89,5%	40,5%	17	15	22	2
71,1%	89,5%	37,8%	17	14	23	2
71,5%	94,7%	37,8%	18	14	23	1
72,1%	94,7%	35,1%	18	13	24	1
72,4%	94,7%	32,4%	18	12	25	1
72,8%	94,7%	29,7%	18	11	26	1
73,9%	94,7%	27,0%	18	10	27	1
75,1%	94,7%	24,3%	18	9	28	1
75,7%	94,7%	21,6%	18	8	29	1
77,2%	94,7%	18,9%	18	7	30	1

Diureseszintigraphie ohne Lageänderung und Blasentleerung (Obstruktion unterhalb des Schwellenwertes) Fortsetzung	Sensitivität	Spezifität	Richtig Positiv	Richtig Negativ	Falsch Positiv	Falsch Negativ
77,4%	94,7%	16,2%	18	6	31	1
77,5%	94,7%	13,5%	18	5	32	1
78,7%	94,7%	10,8%	18	4	33	1
78,8%	94,7%	8,1%	18	3	34	1
79,2%	94,7%	5,4%	18	2	35	1
79,3%	94,7%	2,7%	18	1	36	1
79,4%	94,7%	0,0%	18	0	37	1
-	100,0%	0,0%	19	0	37	0

Diureseszintigraphie mit Lageänderung und Blasenentleerung (Obstruktion unterhalb des Schwellenwertes)	Sensitivität	Spezifität	Richtig Positiv	Richtig Negativ	Falsch Positiv	Falsch Negativ
-34,4%	0,0%	100,0%	0	37	0	19
15,7%	0,0%	97,3%	0	36	1	19
19,4%	5,3%	97,3%	1	36	1	18
29,6%	10,5%	97,3%	2	36	1	17
33,0%	15,8%	97,3%	3	36	1	16
34,5%	21,1%	97,3%	4	36	1	15
38,5%	26,3%	97,3%	5	36	1	14
44,5%	31,6%	97,3%	6	36	1	13
47,1%	36,8%	97,3%	7	36	1	12
57,4%	42,1%	97,3%	8	36	1	11
57,9%	42,1%	94,6%	8	35	2	11
59,8%	42,1%	91,9%	8	34	3	11
60,4%	42,1%	89,2%	8	33	4	11
61,8%	47,4%	89,2%	9	33	4	10
62,4%	52,6%	89,2%	10	33	4	9
64,5%	57,9%	89,2%	11	33	4	8
65,2%	57,9%	86,5%	11	32	5	8
66,1%	63,2%	86,5%	12	32	5	7
66,4%	68,4%	86,5%	13	32	5	6
67,2%	68,4%	83,8%	13	31	6	6
67,6%	68,4%	81,1%	13	30	7	6
69,5%	68,4%	78,4%	13	29	8	6
69,7%	73,7%	78,4%	14	29	8	5
70,0%	78,9%	78,4%	15	29	8	4
71,6%	78,9%	75,7%	15	28	9	4
71,9%	78,9%	73,0%	15	27	10	4
72,0%	84,2%	73,0%	16	27	10	3
72,5%	84,2%	70,3%	16	26	11	3
75,0%	84,2%	67,6%	16	25	12	3
75,8%	84,2%	64,9%	16	24	13	3
76,1%	84,2%	62,2%	16	23	14	3
76,2%	84,2%	59,5%	16	22	15	3
76,9%	84,2%	56,8%	16	21	16	3
77,0%	84,2%	54,1%	16	20	17	3
77,5%	84,2%	51,4%	16	19	18	3
78,0%	84,2%	48,6%	16	18	19	3
78,7%	84,2%	45,9%	16	17	20	3
79,5%	84,2%	43,2%	16	16	21	3
79,6%	84,2%	40,5%	16	15	22	3
79,8%	84,2%	37,8%	16	14	23	3
80,0%	84,2%	35,1%	16	13	24	3
80,0%	89,5%	35,1%	17	13	24	2
81,4%	89,5%	32,4%	17	12	25	2
82,4%	89,5%	29,7%	17	11	26	2
83,4%	89,5%	27,0%	17	10	27	2
83,7%	89,5%	24,3%	17	9	28	2
84,1%	94,7%	24,3%	18	9	28	1
86,1%	94,7%	21,6%	18	8	29	1
86,3%	94,7%	18,9%	18	7	30	1
88,9%	100,0%	18,9%	19	7	30	0
88,9%	100,0%	16,2%	19	6	31	0
91,5%	100,0%	13,5%	19	5	32	0

Diureseszintigraphie mit Lageänderung und Blasentleerung (Obstruktion unterhalb des Schwellenwertes) Fortsetzung	Sensitivität	Spezifität	Richtig Positiv	Richtig Negativ	Falsch Positiv	Falsch Negativ
91,6%	100,0%	10,8%	19	4	33	0
94,1%	100,0%	8,1%	19	3	34	0
94,8%	100,0%	5,4%	19	2	35	0
98,2%	100,0%	2,7%	19	1	36	0
-	100,0%	0,0%	19	0	37	0

Danksagung

Mein spezieller Dank gilt Herrn Prof. Dr. Hahn, der bei mir das Interesse für die pädiatrische Nuklearmedizin weckte, meine berufliche Entwicklung in diesem Fach maßgeblich förderte und wesentlich zu einem erfolgreichen Gelingen dieser Arbeit beitrug. Herr Prof. Dr. Hahn stand mir jederzeit mit seiner persönlichen Erfahrung und seinem fachlichen Wissen bei.

Besonders danken möchte ich Frau Dr. Porn, die mich bei der Bearbeitung dieses Themas betreute.

Mein persönlicher Dank geht hier auch Herrn Priv.-Doz. Dr. Pfluger für eine Vielzahl wichtiger Ratschläge zur konzeptionellen Gestaltung der Arbeit.

Frau Fischer danke ich ganz herzlich für die Einarbeitung in die Techniken der Bildauswertung und Nachbearbeitung.

Mein Dank gilt allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin für die Unterstützung.

Weiterhin möchte ich mich bei den Mitarbeitern der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital unter Leitung von Herrn Prof. Dr. von Schweinitz, der Abteilung für Pädiatrische Radiologie unter Leitung von Prof. Dr. Schneider und der Kinderklinik und Poliklinik unter Leitung von Prof. Dr. Reinhardt für die gute Zusammenarbeit bedanken.

Für die redaktionelle Unterstützung danke ich herzlich meiner Frau Christine, Herrn Dr. la Fougère und Herrn Dr. Hacker.

Lebenslauf

Name: Stauss
 Vorname: Jan
 Geburtsdatum /-ort: 22.04.1976, Hamburg
 Anschrift: Cuvilliesstr. 12
 81679 München
 Familienstand: verheiratet seit 23.8.1998 mit Christine Würfel

Schulbildung:

1982-1986 Bonifatiuschule, Hannover
 1986-1988 Orientierungsstufe Luerstraße, Hannover
 1988-1989 Kaiser-Wilhelms-Gymnasium, Hannover
 1989-1992 Reuchlin Gymnasium, Ingolstadt
 1992-1993 Salem High School, Virginia, USA
 1993-1995 Reuchlin Gymnasium Ingolstadt
 1995 Abitur (Note: 1,0)

Zivildienst:

1995-1996 Zivildienst im Kreiskrankenhaus Garmisch-Partenkirchen

Studium:

11/1996-10/2002 Rechtswissenschaften an der LMU München
 05/1997-5/2003 Medizin an der LMU München
 04/1999 Physikum (Note: 1,33)
 03/2000 Erstes Staatsexamen (Note: 1,0)
 03/2002 Zweites Staatsexamen (Note: 1,0)
 05/2003 Drittes Staatsexamen (Note: 1,0)

Weiterbildung:

06-09/2003 Arzt im Praktikum, Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin, Johannes Gutenberg Universität Mainz
 Seit 11/2003 Arzt im Praktikum, Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin, LMU München

München, 12.7.2004