Aus der Universitätsklinik und Poliklinik für Diagnostische Radiologie
der Medizinischen Fakultät
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
(Direktor: Prof. Dr. med. R. P. Spielmann)

Sonographische Bestimmung der Hodenvolumina im Alter von 0 bis 18 Jahren im Raum Halle (Saale)

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Medizin (Dr. med.)

Vorgelegt
der medizinischen Fakultät
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von Mathias Kunde

geboren am: 13. Juni 1984 in Schkeuditz

Betreuer: Prof. Dr. med. R. P. Spielmann

Gutachter:
1. Prof. Dr. med. H.- J. Mentzel, Jena
2. Prof. Dr. med. W. Hirsch, Leipzig
3. Prof. Dr. med. R. P. Spielmann, Halle

Datum der Einreichung: 04.12.2012

Datum der Verteidigung: 17.10.2013

Referat

Hintergrund: Um das Hodenvolumen von Kindern und Jugendlichen im klinischen Alltag richtig bewerten und frühzeitig Störungen der Hodenentwicklung ermitteln zu können, werden Referenzwerttabellen des Hodenvolumens benötigt. Derzeit liegen in Deutschland keine aktuellen sonographisch erstellten Referenzwerte des Hodenvolumens im Kindes- und Jugendalter vor. Ziel dieser prospektiven Querschnittsstudie war die Erstellung von Referenzwerttabellen für das Hodenvolumen in Abhängigkeit von Alter, Größe und Gewicht im Alter von 0 bis 18 Jahren.

Material und Methoden: Im Zeitraum Februar 2008 bis Dezember 2009 wurden die Hoden von 183 Patienten der Kliniken für Kinderheilkunde, Kinderkardiologie und Kinderchirurgie im Rahmen ihres stationären Aufenthaltes sonographisch untersucht. Diese Probanden waren frei von Erkrankungen und Therapien, welche einen Einfluss auf das Hodenvolumen haben können. Aufgrund sonomorphologischer Auffälligkeiten des Hodens wurden 9 Probanden vom Referenzkollektiv ausgeschlossen. Für die sonographischen Hodenvolumenmessungen wurden hochauflösende Linear-Schallköpfe mit 7,5 Mhz bis 14 Mhz verwendet, das Hodenvolumen wurde mittels der Rotationsellipsoidformel Länge * Breite * Höhe * (π/6) errechnet.

Ergebnisse: Ausgewertet wurden die Daten von 174 Probanden. Auf Grundlage der erhobenen Daten konnten Referenzwerttabellen des Hodenvolumens in Abhängigkeit von Alter, Größe und Gewicht sowie der einzelnen Hodenmaße zum Alter erstellt und die einzelnen Korrelationskoeffizienten nach Spearman-Rho ermittelt werden. Das Hodenvolumen korreliert signifikant mit dem Alter, der Körpergröße sowie dem Gewicht. Die jeweiligen Hodenmaße der beiden Hoden korrelierten signifikant zueinander. Von 9 Probanden mit sonomorphologischen Auffälligkeiten wiesen 6 Probanden und damit 3,3% der Stichprobe eine Mikrolithiasis beider Hoden auf. Ein Proband fiel mit einer Nebenhodenzyste sowie einer Varikozele auf, ein weiterer Proband wies eine Varikozele auf sowie ein Proband eine vermutete Spermatozele. Die Prävalenz der Varikozele in unserer Stichprobe betrug somit 1,1%, die Prävalenz der Nebenhodenzyste sowie der vermuteten Spermatozele 0,55%.

Schlußfolgerung: Die Sonographie stellt dabei eine schnell und breit verfügbare Methode zur Bestimmung des Hodenvolumens dar und bietet darüber hinaus die Möglichkeit der gleichzeitigen Abklärung pathologischer Veränderungen.

Kunde, Mathias: Sonographische Bestimmung der Hodenvolumina im Alter von 0 bis 18 Jahren im Raum Halle (Saale). Halle (Saale), Univ., Med. Fak., Diss., 80 Seiten, 2012

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis		**III**
Tabellenverzeichnis		**IV**
Abkürzungsverzeichnis		**V**
Anhangsverzeichnis		**VI**
1.	**Einleitung und Aufgabenstellung**	**1**
2.	**Einführung in das Thema**	**2**
2.1	Anatomie des Hodens und der umgebenden Skrotalstrukturen	2
2.2	Geschlechtsentwicklung im Kindes- und Jugendalter	2
2.3	Untersuchungsmethoden des Hodenvolumens	4
2.3.1	Orchidometer nach Prader	4
2.3.2	Orchidometer nach Schirren sowie Takihara	5
2.3.3	Ultraschall	5
2.3.3.1	Sonographische Anatomie	6
2.3.3.2	Formeln zur Berechnung des Hodenvolumens	6
2.3.3.3	Referenzkollektive des sonographisch erstellten Hodenvolumens im Kindes- und Jugendalter	6
2.4	Einflussgrößen auf Hodenvolumen und -funktion	7
2.4.1	Angeborene Einflussgrößen	9
2.4.2	Erworbene Einflussgrößen	10
2.4.2.1	Torsion	10
2.4.2.2	Entzündungen	11
2.4.2.3	Trauma	12
2.4.2.4	Neubildungen	13
2.4.2.5	Gefäßanomalien/ Varikozelen	14
2.4.2.6	Medikamente	15
2.4.2.7	Weitere Einflussfaktoren	16
3.	**Material und Methoden**	**17**
3.1	Studiendesign	17
3.2	Genehmigung der Ethikkommission	18
3.3	Rekrutierung der Probanden	18
3.4	Einschlusskriterien	18

3.5	Ausschlusskriterien	18
3.6	Befragung	19
3.7	Körperliche Untersuchung	19
3.8	Ermittlung des Hodenvolumens mittels Sonographie	19
3.9	Technische Geräte	21
3.10	Statistische Methoden	21
3.11	Einteilung der Probanden in Perzentilenkurven	21
4.	**Ergebnisse**	**22**
4.1	Korrelationen von Alter, Größe und Gewicht zum Hodenvolumen	22
4.1.1	Korrelation von Alter und Hodenvolumen	22
4.1.2	Korrelation von Körpergröße und Hodenvolumen	23
4.1.3	Korrelation von Körpergewicht und Hodenvolumen	25
4.2	Korrelation von Länge, Breite, Höhe des Hodens zum Alter	27
4.3	Korrelationen zwischen linken und rechten Hodenmaßen	30
4.4	Pubertätsstadien der Stichprobe nach Tanner	31
4.5	Hodenvolumina der Probanden in Abhängigkeit vom Tanner-Stadium	33
4.6	Einteilung der Probanden in Größen- und Gewichtsperzentilenkurven	34
4.7	Fälle mit sonomorphologischen Auffälligkeiten	35
4.7.1	Fälle mit Mikrolithiasis	35
4.7.2	Fälle mit anderen sonomorphologischen Auffälligkeiten	36
5.	**Diskussion**	**40**
6.	**Zusammenfassung**	**58**
7.	**Literaturverzeichnis**	**59**
8.	**Anhang**	**69**
9.	**Thesen**	**79**
10.	**Tabellarischer Lebenslauf**	**VII**
11.	**Selbstständigkeitserklärung- Frühere Promotionsversuche**	**VIII**
12.	**Danksagung**	**IX**

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Prader-Orchidometer	4
Abbildung 2	Hodenlängen- und höhenmessung im logitudinalen sonographischen Schnittbild	20
Abbildung 3	Hodenbreitenmessung im transversalen sonographischen Schnittbild	20
Abbildung 4	Streudiagramm: Abhängigkeit des Hodenvolumens vom Alter	22
Abbildung 5	Streudiagramm: Abhängigkeit des Hodenvolumens von der Körpergröße	24
Abbildung 6	Streudiagramm: Abhängigkeit des Hodenvolumens vom Körpergewicht	26
Abbildung 7	Streudiagramm: Korrelation der Hodenlänge zum Alter	27
Abbildung 8	Streudiagramm: Korrelation der Hodenbreite zum Alter	28
Abbildung 9	Streudiagramm: Korrelation der Hodenhöhe zum Alter	29
Abbildung 10	Streudiagramm: Korrelation von linkem und rechtem Hodenvolumen	31
Abbildung 11	Streudiagramm: Pubertätsstadium nach Tanner (PH) in Abhängigkeit vom Alter des Probanden	32
Abbildung 12	Streudiagramm: Pubertätsstadium nach Tanner (G) in Abhängigkeit vom Alter des Probanden	33
Abbildung 13	Befund der Mikrolithiasis im sonographischen Längsschnitt des Hodens	35
Abbildung 14	Befund der Nebenhodenzyste im sonographischen Längsschnitt des Hodens	37
Abbildung 15	Befund der vermuteten Spermatozele im sonographischen Längsschnitt	37
Abbildung 16	Perfusion der dilatierten Venen einer Varikozele unter Valsalva-Manöver	38

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Korrelationskoeffizient nach Spearman-Rho zwischen Alter und Hodenmaßen	30
Tabelle 2	Hodenvolumina der Probanden in Abhängigkeit vom Tanner-Stadien G	33
Tabelle 3	Hodenvolumina der Probanden in Abhängigkeit vom Tanner-Stadien PH	34
Tabelle 4	Alter, Größe, Gewicht, Reifestadien sowie Hodenvolumina der Probanden mit Mikrolithiasis	36
Tabelle 5	Alter, Größe, Gewicht, Reifestadien sowie Hodenvolumina der Probanden mit sonomorphologischen Auffälligkeiten	39

Abkürzungsverzeichnis

CTM	Klassische Mikrolithiasis
LTM	Limitierte Mikrolithiasis
MW	Mittelwert
n	Anzahl
SD	Standardabweichung
V	Volumen

Anhangsverzeichnis

Anhang 1	Tabelle: Volumen des linken Hodens in Altersabhängigkeit	69
Anhang 2	Tabelle: Perzentile des linken Hodenvolumens in Alterabhängigkeit	69
Anhang 3	Tabelle: Volumen des rechten Hodens in Altersabhängigkeit	70
Anhang 4	Tabelle: Perzentile des rechten Hodenvolumens in Alterabhängigkeit	70
Anhang 5	Tabelle: Volumen des linken Hodens in Größenabhängigkeit	71
Anhang 6	Tabelle: Perzentile des linken Hodenvolumens in Größenabhängigkeit	71
Anhang 7	Tabelle: Volumen des rechten Hodens in Größenabhängigkeit	72
Anhang 8	Tabelle: Perzentile des rechten Hodenvolumens in Größenabhängigkeit	72
Anhang 9	Tabelle: Volumen des linken Hodens in Gewichtsabhängigkeit	73
Anhang 10	Tabelle: Perzentile des linken Hodenvolumens in Gewichtsabhängigkeit	73
Anhang 11	Tabelle: Volumen des rechten Hodens in Gewichtsabhängigkeit	74
Anhang 12	Tabelle: Perzentile des rechten Hodenvolumens in Gewichtsabhängigkeit	74
Anhang 13	Tabelle: Länge des linken Hodens in Alterabhängigkeit	75
Anhang 14	Tabelle: Länge des rechten Hodens in Altersabhängigkeit	75
Anhang 15	Tabelle: Breite des linken Hodens in Altersabhängigkeit	76
Anhang 16	Tabelle: Breite des rechten Hodens in Altersabhängigkeit	76
Anhang 17	Tabelle: Höhe des linken Hodens in Altersabhängigkeit	77
Anhang 18	Tabelle: Höhe des rechten Hodens in Altersabhängigkeit	77
Anhang 19	Tabelle: Probanden mit Größe oder Gewicht unterhalb der 3. Perzentile bzw. oberhalb der 97. Perzentile	78

1. Einleitung und Aufgabenstellung

Die Hoden sind im Kindes- und Jugendalter neben dem physiologischem Wachstumsprozess auch zahlreichen pathologischen Einflüssen unterworfen. Die Untersuchung der Hoden gehört deshalb im klinisch - pädiatrischen Alltag zur allgemein körperlichen Untersuchung. Zur Beurteilung des Hodenvolumens stehen sowohl einfache manuelle Verfahren wie die Orchidometrie als auch technische Verfahren wie die Sonographie zur Verfügung. Die Sonographie gilt heutzutage als Goldstandard bei der Untersuchung der Skrotalregion (Heynemann, 2007). Dennoch liegen in der Bundesrepublik Deutschland keine aktuellen sonographisch erstellten Referenzwerte im Kindes- und Jugendalter vor, während diese für die Orchidometrie vorhanden sind. Ziel dieser prospektiven Querschnittsstudie war die sonographische Erstellung von Referenzwerttabellen für das Hodenvolumen von Kindern und Jugendlichen zwischen 0 und 18 Jahren in Abhängigkeit von Alter, Größe und Gewicht. Die Probanden der Stichprobe wurden in Kooperation mit der Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, der Kinderchirurgie sowie der Kinderkardiologie des Universitätsklinikums Halle (Saale) rekrutiert. Der vorliegenden Studie lag ein positives Ethikvotum der Ethikkommission zugrunde.

Mit der vorliegenden Arbeit sollen folgende Fragen beantwortet werden:

1. Ermittlung des Hodenvolumens in Abhängigkeit zu Alter, Körpergröße und Körpergewicht im Alter von 0 bis 18 Jahren.
2. Wie verhalten sich die Hodenmaße beider Hoden zueinander?
3. Welche Erkrankungen und Therapien haben Einfluss auf das Hodenvolumen?
4. Wie hoch ist die Prävalenz von sonographischen Hodenpathologien in unserer Stichprobe?

2. Einführung in das Thema

2.1 Anatomie des Hodens und der umgebenden Skrotalstrukturen

Der normale Hoden ist eine ovaläre Struktur, welche durch bindegewebige Septen in schätzungsweise 250 bis 400 Lobuli unterteilt wird. Diese Septen entspringen der den Hoden umgebenden Tunica albuginea und vereinigen sich im zentral verlaufenden Mediastinum testis (Akin et al., 2004). In diesem Bereich befindet sich auch der Plexus pampiniformis, ein Venengeflecht. Die Lobuli enthalten zwei wesentliche Bestandteile des Hodens. Zum einen die Leydigzellen, welche sich im Interstitium zwischen den Samenkanälchen, den Tubuli seminiferi, befinden und einen Hodenvolumenanteil von 12 bis 15% ausmachen. Sie produzieren die männlichen Geschlechtshormone (Weinbauer et al., 2009). Die Samenkanälchen des Hodens, welche für die Spermatogenese zuständig sind und einen Volumenanteil von 60 bis 80% des Hodens ausmachen (Weinbauer et al., 2009), setzen sich zum Rete testis zusammen und münden in Ausführungsgänge, welche in den Nebenhoden führen. Der Nebenhoden liegt dem Hoden posterolateral an und ist für die Spermienspeicherung und -reifung zuständig. Aus dem Nebenhoden entspringt der Samenleiter, Ductus deferens. Dieser setzt setzt sich mit Gefäßen und Nerven zum Samenstrang zusammen.
Die sich anfänglich intraabdominal befindenden Hoden deszendieren während der Fetalentwicklung durch den Leistenkanal. Danach befinden sie sich, von einer Peritonealhülle umgeben, nebeneinander im Skrotum. Jedes der 2 Kompartimente enthält einen Hoden sowie die hodenassoziierten Strukturen Nebenhoden und Samenstrang, welchem Samenleiter, zu- und wegführenden Gefäße sowie innervierende Nerven (Schünke et al., 2005). Die Skrotalwand besteht entsprechend dem fetalen Descensus aus dem Bauchraum aus Tunica vaginalis testis, Fascia spermatica interna, M. cremaster, Fascia spermatica externa sowie Skrotalhaut mit Tunica dartos (Schünke et al., 2005). Sie ist schätzungsweise 2 bis 8 mm dick (Leung et al., 1984).

2.2 Geschlechtsentwicklung bei Jungen im Kindes- und Jugendalter

Die Geschlechtsentwicklung zeigt eine Abhängigkeit von der Hormoneinwirkung der hypothalamisch-hypophysär-gonadalen Achse. Während der Fetal- und Neugeborenenperiode befindet sich die hypothalamisch-hypophysär-gonadale Achse in einer aktiven Phase (Brämswig und Dübbers, 2009), die Testosteronwerte steigen

dann bis zum Ende des zweiten Lebensmonats auf spätpubertäre Werte an und die Leydigzellzahl nimmt zu (Saez, 1994). Danach setzt eine Ruhephase ein, welche bis zur Pubertät anhält. Mit dem Ende des 1. Lebensjahres ist auch die Leydigzellzahl und der Testosteronspiegel abgefallen (Saez, 1994). Mit der Pubertät wird das hypothalamisch-hypophysär-gonadale System reaktiviert, wobei die Hormone gonadotropin releasing hormone, Luteotrophes Hormon und Follikel stimulierendes Hormon sowie die Sexualsteroide Östradiol und Testosteron die äußeren und inneren Geschlechtsmerkmale des Jungen beeinflussen (Brämswig und Dübbers, 2009).

Die Beschreibung der männlichen Geschlechtsentwicklung nach Marshall and Tanner findet bis heute breite Anwendung in der Kinder- und Jugendmedizin (Marshall and Tanner, 1970). Dabei erfolgt die Einteilung der Geschlechtsmerkmale in Entwicklungsstadien. Diese bilden jeweils eine Zusammenschau von Pubesbehaarung, Hodengröße, Skrotumfarbe- und Beschaffenheit sowie die Penisbeurteilung.

In Bezug auf Dauer und Zeitpunkt der Pubertät zeigt diese große Abweichungen (Largo, 2007). Dementsprechend beginnt die Pubertät zwischen dem 10. und 15. Lebensjahr und endet zwischen dem 15. und 19. Lebensjahr (Schopohl, 2006). Als erstes Pubertätszeichen beim Jungen wird eine Zunahme des Hodenvolumens über 3 ml gewertet (Largo, 2007). Dieses wurde im Mittel mit 11,8 Jahren mit einer SD von 0,9 Jahren erreicht, beendet war das Hodenwachstum im Mittel mit 15,3 Jahren und einer SD von 1,2 Jahren (Largo and Prader, 1983). Der Streubereich des Hodenwachstumsbeginns lag bei 9,5 bis 15,5 Jahre, beendet war das Hodenwachstum im Streubereich von 12,5 bis 18,5 Jahre (Largo and Prader, 1983). Der Wachstumsschub der Hoden begann 1 Jahr vor dem Wachstumsschub der Körperlänge und des Penis (Tanner, 1962). Im Durchschnitt erreichten die Genitale 3 Jahre nach Entwicklungsbeginn die Reife des Erwachsenen. Das Pubertätsstadium G2 wurde im Mittel mit 11,64 Jahren und einer SD von 1,07 Jahren erreicht, G3 mit 12,85 Jahren und einer SD von 1,04 Jahren, G4 mit 13,77 Jahren und einer SD von 1,02 Jahren sowie G5 mit 14,92 Jahren und einer SD von 1,1 Jahren (Largo and Prader, 1983).

Das Hodenvolumen wurde in Abhängigkeit vom Pubertätsstadium nach Tanner dargestellt. Dementsprechend umfasste Stadium 1 Volumina unter 4 ml, Stadium 2 Hodenvolumina von 4 bis 8 ml, Stadium III 8 bis 10 ml, Stadium IV 10 bis 20 ml sowie Stadium V 20 bis 25 ml (Hiort et al., 2003). Die Entwicklung der Pubesbehaarung begann in nahezu allen Fällen nach der Genitalentwicklung (Speer und Gahr, 2007; Brämswig und Dübbers, 2009). Ein PH2 wurde im Mittel erreicht mit 13,44 Jahren und einer SD von 1,09 Jahren, PH3 mit 13,9 Jahren und einer SD von 1,04 Jahren, PH4 mit 14,36 Jahren und einer SD von 1,08 Jahren sowie PH5 mit 15,18 Jahren mit einer

SD von 1,07 Jahren. Im Alter zwischen 13 und 14 Jahren gab es Jungen aller Entwicklungsstadien (Largo and Prader, 1983). Die Spermarche, d.h. der Nachweis von ersten Spermien im Morgenurin, ließ sich im Mittel mit 13,4 Jahren nachweisen (Nielsen et al.,1986). Der Pubertätswachstumsschub setzte im Mittel mit dem 13,9 Lebensjahr mit einer SD von 0,8 Jahren ein (Brämswig und Dübbers, 2009).
In der Literatur wurde eine Abhängigkeit der Geschlechtsentwicklung von der ethnischen Herkunft diskutiert. In einer Stichprobe von Jungen im Alter von 0 bis 6 konnten keine Unterschiede der Hodenvolumina festgestellt werden (Kuijper et al., 2008). Demgegenüber wurde konstatiert, dass die Hodenentwicklung japanischer Jungen im Vergleich zu Schweizer Kindern und Jugendlichen schätzungsweise ein Jahr früher einsetzt (Matsuo et al., 2000). Bei 19054 chinesischen Jungen im Alter von 3 bis 19,83 Jahren wurde die Hodenentwicklung als eine der frühesten, die Pubeshaarentwicklung als eine der spätesten beschrieben (Hua-mei, 2010).

2.3 Untersuchungsmethoden des Hodenvolumens

2.3.1 Orchidometer nach Prader

Das Orchidometer nach Prader besteht aus auf einer Kette aufgefädelter ovalärer Holz- oder Plastikmodelle, welche nach Größe sortiert und nummeriert sind (Prader, 1966). Durch vergleichende Palpation mit den 1 bis 30 ml großen Modellen lässt sich das Hodenvolumen abschätzen **(Abbildung 1)**. Das Orchidometer nach Prader ist in der klinischen Beurteilung des Hodenvolumens von großer Bedeutung und ist aufgrund der schnellen Verfügbarkeit sowie der relativ einfachen Anwendung verbreitet.

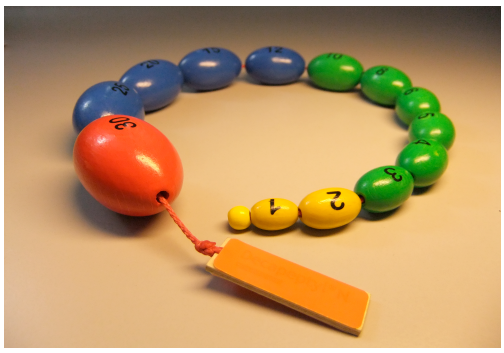

Abbildung 1 Prader-Orchidometer

Mittels Prader-Orchidometer wurden diverse Referenzkollektive zur Darstellung der Abhängigkeit des Hodenvolumens vom Alter erstellt (Largo and Prader, 1983; Chin et

al., 1998; Matsuo et al., 2000; Tomova et al., 2010). Die Hodenentwicklung japanischer Jungen setzte im Vergleich zu Schweizer Jungen früher ein (Matsuo et al., 2000). Dabei erreichte die 50. Perzentile der japanischen Population mit 11,5 Jahren ein Hodenvolumen von 4 ml im Vergleich zur der Schweizer Population mit 12 Jahren (Matsuo et al., 2000; Largo and Prader, 1983). Ein Hodenvolumen von 3 ml wurde in der japanischen Studienpopulation von der 90. Perzentile mit 9,3 Jahren erreicht (Matsuo et al., 2000). Bei bulgarischen Kindern begann das Hodenwachstum mit 11 Jahren und erreichte ein maximales Wachstum zwischen 12 und 16 Jahren (Tomova et al., 2010). Die Hodenvolumenentwicklung einer chinesischen Studienpopulation wurde als eine der frühesten weltweit beschrieben. Demnach hatten 12,99% mit 9 Jahren ein Hodenvolumen von und über 4 ml, im Mittel mit 10,55 Jahren (Hua-mei, 2010). In den Niederlanden erreichten 50% der Jungen mit 11,5 Jahren ein Hodenvolumen von 4 ml (Mul et al., 2001).

2.3.2 Orchidometer nach Schirren sowie Takihara

Das Orchidometer nach Schirren stellt eine Scherenschublehre dar, mit deren Hilfe eine Bestimmung des Hodenvolumens durch direktes Abgreifen möglich ist (Schirren, 1972). Das Orchidometer nach Takihara wurde 1983 eingeführt. Es besteht aus 16 ausgestanzten elliptischen Ringen unterschiedlicher Größe, welche zur Hodenvolumenmessung über das Skrotum gestülpt und in der Mitte des Hodens positioniert werden. Die Ringe stehen für Volumina von 1 bis 30 ml (Takihara, 1983). Dem Takihara-Orchidometer ist das Rochester-Orchidometer ähnlich (Paltiel et al, 2002). Die Datenlage beider Verfahren ist bezüglich Referenztabellen der Abhängigkeit des Hodenvolumens vom Alter ungenügend.

2.3.3 Ultraschall

Die Sonographie stellt ein exzellentes bildgebendes Verfahren zur Darstellung der Hoden sowie der umgebenden intraskrotalen Strukturen dar. Es stehen Geräte zur Verfügung, welche in vielen klinischen Bereichen verfügbar sind und eine schnelle Durchführung ermöglichen. Die nichtinvasive Untersuchung ist dabei schmerzlos ohne vorherige Sedierung oder Narkose durchführbar und frei von Strahlenbelastung. Der Schallkopf wird über ein Kontaktgel direkt auf das Skrotum aufgesetzt. Durch die freie Schnittführung mittels Ultraschallsonde ist eine Darstellung von hochauflösenden Schnittbildern in Echtzeit möglich.

2.3.3.1 Sonographische Anatomie

Der Hoden erscheint im sonographischen Querschnitt als ein rundes, parenchymatöses, glatt begrenztes Gebilde, im Längsschnitt ist der Hoden oval. Bei Neugeborenen und Säuglingen zeigt sich der Hoden mit einer geringeren bis mittleren Echogenität, ab dem 8. Lebensjahr bis hin zur Pubertät steigt die Echogenität aufgrund der Zunahme von Keimzellen an (Siegel, 1997). Im Erwachsenenalter weist der Hoden eine feine homogene mittlere Echogenität, der Echogenität der Schilddrüse vergleichbar, auf. Weicht die Echogenität beider Hoden voneinander ab, besteht der Verdacht auf ein pathologisches Geschehen (Lavoipierre, 2000). Das Mediastinum testis grenzt sich als schmaler echoreicher Streifen im hinteren oberen Anteil des Hodens ab (Leung et al., 1984). Bei einigen Personen können die fibrösen Septen sonographisch als echoreiche oder echoarme schmale Banden vom Hodengewebe differenziert werden (Langer, 1993). Kranial sitzt dem Hoden kappenartig der Nebenhodenkopf auf (Hammersen, 2006). Der Körper des Nebenhodens wird im Ultraschall nur selten gesehen, da dieser sich am hinteren seitlichen Anteil des Hodens befindet (Langer, 1993). Auch ist eine Abgrenzung vom Hoden nicht immer möglich, weil im Normalfall die Echotextur des Nebenhodens der Echotextur des Hodens ähnlich ist (Hammersen, 2006). Der Nebenhodenschwanz erscheint etwas dicker als der Nebenhodenkopf am unteren Pol des Hodens, wo er in den Ductus deferens übergeht. Hodenanhänge werden selten sonographisch gesehen, am ehesten unter einer Flüssigkeitsanreicherung in der Tunica vaginalis wie der Hydrocele. Sie können dann als Zysten auffallen (Oyen, 2002).

2.3.3.2 Formeln zur Berechnung des Hodenvolumens

Das Hodenvolumen wird errechnet aus den sonographisch gemessenen Größen Länge, Breite sowie Höhe. Übliche Hodenvolumenformeln stellen die Ellipsoidformel V=Länge x Breite x Höhe x 0,52, die Rotationsellisoidformel nach Hansen V=Länge x Breite² x 0,52 sowie die empirische Formel nach Lambert V=Länge x Breite x Höhe x 0,71 dar, deren Wertigkeit in der Literatur diskutiert worden sind (Paltiel et al, 2002; Sakamoto et al, 2007; Hsieh et al., 2009; Lin et al, 2009).

2.3.3.3 Referenzkollektive des sonographisch erstellten Hodenvolumens im Kindes- und Jugendalter

Bisher existieren nur vereinzelt Referenzkollektive für das sonographisch bestimmte

Hodenvolumen in Abhängigkeit von Alter, Körpergröße bzw. -gewicht. In den dargestellten Studien wurden aus den gewonnenen Daten Referenzwerttabellen bzw. -kurven erstellt. Bisher veröffentlichte Kollektivuntersuchungen stammen aus Deutschland, den Niederlanden sowie Polen (Liess, 1990; Kuijper et al., 2008; Goede et al., 2011, Osemlak, 2011). In der Bunderrepublik Deutschland wurde 1990 die bisher einzige Veröffentlichung von sonographisch ermittelten Referenzwerten der Hodenvolumina in Abhängigkeit von Alter, Größe und Gewicht herausgegeben. Untersucht wurden 665 Jungen im Alter von 0 bis 15 Jahren (Liess, 1990). Auch bei 344 niederländischen Kindern im Alter von 0 bis 6 Jahren konnten Referenzwerte erstellt werden. Es wurde der Unterschied zwischen den ethnischen Gruppen sowie zwischen dem linken sowie rechten Hoden untersucht (Kuijper et al., 2008). Eine Veröffentlichung stellte eine Querschnittsstudie dar, welche die Hodenvolumenentwicklung durch Messung der Hodenvolumina mittels Ultraschall und Orchidometrie an 932 niederländischen männlichen Probanden im Alter von 0,5 bis 18 Jahren untersuchte (Goede et al., 2011). Die aktuellste Arbeit umfasste 309 Jungen im Alter von 1 Tag bis 17 Jahre, deren Hoden sonograpisch untersucht wurden (Osemlak, 2011).

2.4 Einflussgrößen auf Hodenvolumen und Hodenfunktion

Im Alltag der pädiatrischen Klinik nimmt die Bestimmung des Hodenvolumens eine wichtige Rolle ein. Für den Pädiater eröffnen sich mit der Feststellung einer Abweichung des Hodenvolumens vom Normkollektiv oder einer Seitendifferenz der Hodenvolumina eine Vielzahl an wichtigen Differentialdiagnosen. Diskutiert werden sollen an dieser Stelle angeborene und erworbene Einflussfaktoren des Hodenvolumens bzw. der Hodenfunktion. Zudem werden die Mikrolithiasis sowie Varikozele Erwähnung finden, und ihre Bedeutung in Bezug auf das Hodenvolumen sowie -funktion genauer betrachtet.

Einen zentralen Begriff stellt der Hypogonadismus dar, welcher eine Unterfunktion der Keimdrüsen beschreibt. Im Kindesalter ist diese Unterfunktion physiologisch, während der Pubertät reift die Gonadenfunktion (Schwarz, 2007). Eine Vielzahl von sowohl angeborenen als auch erworbenen Erkrankungen können einen Hypogonadismus zur Folge haben (Brämswig und Dübbers, 2009). Der hypergonadotrophe Hypogonadismus beschreibt dabei eine Unterfunktion der Gonaden selbst, während der hypogonadotrophe Hypogonadismus durch einen Ausfall der Gonadotropinsekretion verursacht wird. Differentialdiagnostisch kommen innerhalb des hypergonadotrophen Hypogonadismus angeborene Erkrankungen wie das Klinefelter-

Syndrom sowie erworbene Ursachen wie die Orchitis, der Hodenhochstand, Bestrahlung oder Trauma der Hoden, chemische Substanzen wie Chemotherapie oder Drogen infrage (Dörr, 2000; Hauffa, 2005).

Ursächlich für den hypogonadotrophen Hypogonadismus kann eine konstitutionelle Entwicklungsverzögerung sein. Aber auch angeborene Ursachen wie das Kallmann-Syndrom bei Mangel an hypothalamischem Gonadotropin releasing Hormone mit gestörtem Riechvermögen sowie einer ausbleibenden Pubertät und kleinen Hoden sind möglich (Hauffa, 2005; Siegenthaler und Blum, 2006). In Betracht kommen zudem die Anorexia nervosa, primäre Hypothyreose, ZNS-Tumoren bzw. Läsionen mit hypothalamisch-hypophysären Ausfällen oder das Cushing-Syndrom (Hauffa, 2005).

Infrage für eine Abweichung des gemessenen Hodenvolumens vom Normkollektiv kommt auch eine Pubertas praecox bzw. -tarda. Es handelt sich bei der Pubertas praecox um ein verfrühtes Auftreten der Pubertätszeichen. Diese treten nun bei Jungen vor dem 9. Geburtstag auf (Dörr, 2000). Unterschieden werden die zentrale sowie die periphere Pubertas praecox. Bei der zentralen Pubertas praecox treten die Geschlechtsmerkmale verfrüht, aber in derselben Reihenfolge auf, während bei der peripheren Pubertas praecox die Geschlechtsmerkmale unabhängig vom normalen Geschlechtsverlauf auftreten (Dörr, 2000). Bei der zentralen Pubertas praecox passen die Hodenvolumina zum übrigen Reifestatus, bei der peripheren Pubertas praecox sind diese deutlich zu klein (Partsch, 2005). Bei Jungen liegt der Pubertas praecox vera fast immer eine organische Ursache zugrunde (Dörr, 2000). Es werden in bis zu 50% Läsionen wie Hamartome oder Gliome im Hypothalamus aufgefunden (Schwarz, 2007). Aber auch diverse Grund- sowie Systemerkrankungen, wie beispielsweise der Hydrocephalus, entzündliche Erkrankungen, Traumata oder Bestrahlungen des zentralen Nervensystems können ursächlich sein. Davon abzugrenzen ist die konstitutionelle zentrale Pubertas praecox als Normvariante (Partsch, 2005). Zu den Differentialdiagnosen der peripheren Pubertas praecox gehören beispielsweise der 11-Hydroxylase- oder ein 21-Hydroxylase-Defekt, Tumore, angeborene Erkrankungen wie das McCune-Albright-Syndrom oder eine familiäre männliche Pubertas praecox (Partsch, 2005).

Eine Pubertas tarda liegt bei Jungen vor, wenn die Pubertätsentwicklung mit 14 Jahren noch nicht begonnen hat, wenn das adulte Hodenvolumen 5,5 Jahre nach Pubertätsbeginn noch nicht erreicht ist oder wenn ein Sistieren der Pubertätsentwicklung über 1,5 Jahre stattfindet (Dörr, 2000; Hauffa, 2005). Die häufigste Ursache stellt eine konstitutionelle Entwicklungsverzögerung dar, welche in der Regel keiner Therapie bedarf (Hauffa, 2005). Aber auch ein Hypogonadismus kann eine Pubertas tarda bewirken (Dörr, 2000; Hauffa, 2005).

2.4.1 Angeborene Einflussgrößen

Eine mögliche Beinflussung der Hodenfunktion stellt der angeborene Hodenhochstand dar. Der normale Descensus des Hodens vom Retroperitonealraum ins Skrotum findet während der Fetalentwicklung statt. Erreicht der Hoden während dieses Prozesses seine normale Lage im Skrotum nicht, wird vom Hodenhochstand (Maldescensus testis) gesprochen. Bei reif geborenen Jungen beträgt die Inzidenz des angeborenen Hodenhochstandes 0,7 bis 3% (Hiort et al., 2005; Schwarz, 2007), am Ende des dritten Monats 1% (Zöller und Ringert, 2005). Da der Hoden im ersten Lebensjahr noch spontan absteigen kann, wird die Häufigkeit des Hodenhochstandes nach dem ersten Lebensjahr mit 0,8 bis 2% angegeben (Hammersen, 2006). Bei Frühgeborenen liegt die Inzidenz deutlich höher bei schätzungsweise 30% (Kim, 2003). Unterschieden werden die abdominelle, inguinale oder präskrotale Hodenretention von der epifaszial-inguinalen, femoralen oder penodorsalen Hodenektopie, als Sonderformen des Maldescensus testis gelten der Gleithoden sowie der Pendelhoden (Rübben und Goepel 1998). Die Ursachen sind multifaktoriell, als häufigste Ursache wird jedoch ein hypogonadotropher Hypogonadismus als Störung der hypothalamisch-hypophysären Achse angesehen (Hadziselimovic, 2008). Bereits nach dem 1. Lebensjahr kann eine Beeinträchtigung der Spermatogenese durch einen angeborenen Hodenhochstand nachgewiesen werden (Zöller und Ringert, 2005). Aber auch schon während des Säuglingsalters kann eine irreversible Hodenschädigung auftreten (Hammersen, 2006). Vom angeborenen Hodenhochstand wird der seltenere erworbene Hodenhochstand unterschieden. Die Prävalenz bei 6, 9, und 13 Jahre alten Kindern betrug zwischen 1,2 und 2,2% (Hack et al., 2007).

Eine Hypoplasie des Hodens kann ebenso angeboren sein (Hammersen, 2006). Der Begriff des hypoplastischen Genitales beschreibt in diesem Zusammenhang normal differenzierte, aber zu klein angelegte Genitalstrukturen (Sinnecker, 2005). Ursächlich können auch Enzymdefekte der Steroidbiosynthese, eine Androgenresistenz oder ein 5-alpha-Reduktasemangel sein. Es kommen der Pseudohermaphroditismus masculinus oder femininus (AGS), der hypogonadotrophe Hypogonadismus, Syndrome wie das Klinefelter-Syndrom, der 46-XX-Mann sowie die Anorchie, genannt Vanishing-Testes-Syndrom, in Betracht (Sinnecker, 2005). Zu den Raumforderungen kann die zystische Dysplasie als seltene, angeborene Entwicklungsstörung gezählt werden. Im Bereich der Rete testis und der Ductuli efferentes treten dabei multiple zystische Aufweitungen auf. Durch die Aufweitungen kann es zur Atrophie des umliegenden Hodengewebes kommen (Hammersen, 2006).

2.4.2 Erworbene Einflussgrößen

Zu den erworbenen Störungen des Hodenvolumens und der Hodenfunktion gehören akute und subakute Ereignisse wie die Hoden- und Hydatidentorsion, Entzündungen des Hodens (Orchitis) und Nebenhodens (Epidymiditis) sowie das Hodentrauma. Eine Volumenzunahme über einen längeren Zeitraum begründet den Verdacht auf eine gut- oder bösartige Raumforderung. Aber auch zahlreiche weitere Faktoren wie chronische und systemische Erkrankungen sowie Organfunktionsstörungen und Medikamente können Einfluss auf die Hoden haben.

2.4.2.1 Torsion

Ursache einer schmerzhaften skrotalen Schwellung im Kindes- und Jugendalter ist am häufigsten eine Hoden- oder Hydatidentorsion. Bei der Hodentorsion kommt es zu einer Drehung des Samenstrangs sowie Hodens, dessen Ursache zumeist ein unzureichend fixierter Hoden ist (Kühn, 2001). Die Hydatidentorsion ist eine Torsion von Hodenanhängen. Beide Torsionen treten jeweils mit einer relativen Häufigkeit von 40-50 % auf. Der Häufigkeitsgipfel liegt bei der Hydatidentorsion im Alter von 11 bis 13 Jahren, während der Häufigkeitsgipfel der Hodentorsion im Alter von 12 bis 14 Jahren auftritt (Mc Andrew et al., 2002; Engelmann, 2005). Typisch für die Hodentorsion ist eine aus der Obstruktion der Blutgefäße folgende initiale Ödembildung und Schwellung des Hodens, welche meist einseitig verläuft. In Folge kann eine hämorrhagische Infarzierung auftreten (Hammersen, 2006). Die Hydatidentorsion weist initial eine vergrößerte Hydatide und zumeist unauffällige Hoden, im Verlauf auch oft eine reaktive Hydrozele sowie verdickte Skrotalwand auf (Hammersen, 2006). Van der Sluijs et al. untersuchten die Häufigkeit der Hodentorsion und deren Auswirkung auf das Hodenvolumen bei Neugeborenen. Bei 12 von 13 Neugeborenen mit initial vergrößertem Hoden wurden eine einseitige sowie bei einem Patienten eine beidseitige Hodentorsion festgestellt. Das mittlere Volumen des betroffenen Hodens lag bei 2,1 ml mit einer Spannweite von 0,7 bis 4,7 ml, während im Vergleich dazu das Volumen des normalen Hodens bei 0,5 ml mit einer Spannweite von 0,2 ml bis 0,7 ml lag. 10 Patienten wiesen eine kontralaterale Hydrozele auf. In der Nachbeobachtung von 9 Patienten trat bei allen 10 betroffenen Hoden eine fortschreitende Atrophie der betroffenen Seite auf. Der Hoden wies typische histologische Muster wie zentrale Nekrosen, Verkalkungen, Fibrosierungen und Verdickungen der Tunica albuginea auf (van der Sluijs et al., 2004).

2.4.2.2 Entzündungen

Zu den Entzündungen der Skrotalstrukturen gehören Orchitis und Epidymiditis. Sie müssen im Rahmen eines akuten Skrotums differentialdiagnostisch von der Hodentorsion abgegrenzt werden. Die Orchitis gehört zu den selteneren Erkrankungen im Kindes- und Jugendalter. Sie tritt als Ursache eines akuten Skrotums im Kindesalter mit einer relativen Häufigkeit von 5-10% auf, der Häufigkeitsgipfel liegt bei 12 bis 14 Jahren (Mc Andrew et al., 2002; Engelmann, 2005). Zu Beginn der Erkrankung zeigt sich eine diffuse Schwellung des Hodens, im weiteren Verlauf treten bei bis zu 50 % der Patienten mit Epididymo-Orchitis Komplikationen auf, zu welchen auch die testikuläre Atrophie gezählt wird (Cook and Dewbury, 2000). Ursächlich können Mikroorganismen, Neoplasien, chemische Noxen, physikalische Faktoren und Traumata sein (Schuppe et al., 2011). Zu den Erregern zählen unter anderem Mycobakterium tuberculosis, Treponema pallidum, Brucella subspezies sowie Mumps- und Cocksackie-B-Viren (Schuppe et al., 2011). Im Verlauf einer Mumpsinfektion können Entzündungen des Hodens vorrangig nach der Pubertät und durch hämatogene Streuung auftreten. Betroffen sind hier 20 bis zu 37 % der Patienten und in ungefähr 30% der Fälle beide Hoden (Ludwig, 2008; Scholz et al., 1996). Der entzündliche Befall kann akut zu einer Schwellung der Skrotalstrukturen führen. So wurden in einer Studie von Chung et al. bei 18 Patienten mit chirurgisch nachgewiesener tuberkulöser Nebenhoden- bzw. Hodenentzündung im Alter von 15 bis 58 Jahren in 12 Fällen eine Nebenhodenentzündung festgestellt sowie eine Vergrößerung aller Nebenhoden. 8 Fälle wiesen eine kombinierte Hoden- und Nebenhodenentzündung auf, in zwei Fällen war der Hoden diffus vergrößert (Chung et al.,1997). Infektionen können aber auch zu einer Zelldestruktion und Zytolyse führen (Scholz et al., 1996). Beispielsweise befanden sich von 36 Patienten mit Mumpsorchitis im Alter von 14 bis 41 Jahre 6 % mit dem Hodenvolumen unter der 3. Perzentile (Scholz et al., 1996). Auch bei einer Nachuntersuchung der Hodenvolumina von 200 Patienten im Alter von 8 bis 18 Jahren nach einer schweren Mumpsinfektion hatten die meisten der Probanden ein Hodenvolumen unter dem Altersdurchschnitt (Kleinteich B, 1989). In bis zu 50% der Fälle einer Mumpsorchitis kann eine Hodenatrophie auftreten (Senanayake, 2008). Zudem wurde in einem Kollektiv von 67 Patienten im Alter von 14 bis 44 Jahren die Häufigkeit von Fertilitätsstörungen nach Mumps-Orchitis auf 15% geschätzt (Ternavasio-de la Vega et al. 2010).

Auch bei der systemischen Vasculitis Purpura Schönlein-Henoch war in 15% der Fälle das Skrotum betroffen (Ben-Sira and Laor, 2000) und kann eine Entzündung der Hoden bzw. Nebenhoden hervorrufen, welche eine Vergrößerung dieser zur Folge

haben kann (Dayanir et al., 2001).

Die Mikrolithiasis ist eine Pathologie des Hodens, welche sich sonographisch als „Schneegestöber“ mit multiplen, 1-2 mm kleinen, echoreichen, nicht schattengebenden Reflexen im Hodenparenchym zeigt (Alzen und Staats, 2005). Es handelt sich bei diesen Reflexen um Kalkablagerungen im Lumen der Tubuli seminiferi (Hofmann, 2005). Die Einteilung erfolgt in die klassische sowie limitierte Mikrolithiasis. Die limitierte Mikrolithiasis beschreibt einen Befund von mindestens einer Mikroverkalkung unter Ausschluss der Kriterien für eine klassische Mikrolithiasis (Backus et al., 1994). Die klassische Mikrolithiasis wird definiert als 5 oder mehr echogene Foci von 1 bis 3 mm im Durchmesser in einem oder beiden Hoden. Die Ursachen der Mikrolithiasis sind nicht gänzlich geklärt. In Studien wurde auf eine Assoziation der Mikrolithiasis mit Kryptorchismus (Goede et al., 2010), Hodentumoren (Lam et al., 2007; Maeda et al., 2000; de Gouveia Brazao et al., 2004; Derogee et al., 2001; Middleton et al., 2002; Skyrme et al., 2000), Klinefelter-Syndrom (Aizenstein et al., 1997), Pseudohermaphroditismus (Kim, 2003) und Infertilität (Aizenstein et al., 1998) hingewiesen. Zudem wurde von Fällen von Mikrolithiasis bei stattgehabten Hoden- bzw. Hodenanhangstorsionen, Epidymiditis (Ganem et al., 1999), Varikozelen (Aizenstein et al., 1998; Ganem et al., 1999), Down-Syndrom (Vachon et al., 2006), nach Traumata (Dell'Acqua et al., 1999), Orchidopexien (Kocaoğlu et al., 2005, Dell'Acqua et al., 1999; Vachon et al., 2006) und Chemotherapie (Hofmann, 2005) berichtet. Auch der Einfluss der ethnischen Herkunft auf die Prävalenz der Mikrolithiasis wurde untersucht (Peterson et al., 2001). Zumeist aber trat die Mikrolithiasis zufällig auf (Dagash and MacKinnon, 2006). Am häufigsten wurde die Mikrolithiasis in beiden Hoden gleichzeitig festgestellt (Kocaoğlu et al., 2005). Es existieren bisher wenige Daten bezüglich des Aufretens von Mikrolithiasis im Kindes- und Jugendalter, besonders im asymptomatischen Kollektiv. Die einzige uns bekannte Arbeit beschreibt bei asymptomatischen männlichen Probanden im Alter von 0 bis 19 Jahren eine Prävalenz von 4,2%, welche in diesem Altersbereich mit zunehmendem Alter ansteigt (Goede et al., 2009). Die Mikrolithiasis wird als Ausdruck eines degenerativen Prozesses angenommen (Hammersen, 2006). Ein direkter Zusammenhang zwischen dem Hodenvolumen bzw. der Hodenfunktion und der Mikrolithiasis wurde in der Literatur bisher nicht beschrieben.

2.4.2.3 Trauma

Traumatische Ereignisse des Hodens treten vermehrt nach der Pubertät auf. Ist ein Trauma eruierbar gilt es, sonographisch eine Hodenprellung, ein Hämatom, eine

Hodenruptur sowie eine Hämatozele auszuschließen. Bei einer Quetschung oder einem Hämatom wird initial eine Größenzunahme des Hodens beschrieben (Hammersen, 2006). Bei 5 von 10 Patienten erfolgte nach einem Trauma eine signifikante Abnahme des betroffenen Hodenvolumens. In Nachuntersuchungen waren die Hodenvolumina auf der betroffenen Seite bei 4 Patienten um über 50 Prozent vermindert, 1 Patient wies eine beidseitige Hodenvolumenverminderung auf. Die restlichen 5 Patienten zeigten entweder keine Volumenveränderung oder eine Verminderung unter 25 Prozent des Hodenvolumens (Cross et al., 1999). Auch Hämatozelen können, wenn nicht punktiert oder chirurgisch ausgeräumt, in Folge einer Drucknekrose zu einer Hodenatrophie führen und nachfolgend eine Orchiektomie bewirken (Cass and Luxenberg, 1991).

2.4.2.4 Neubildungen

Ein Hodentumor kann klinisch als nicht akut auftretende, indolente einseitige Hodenvergrößerung mit einer im Ultraschall inhomogenen Echotextur auffallen (Hofmann, 2005). Gutartige Raumforderungen machen 25-35% der präpubertären Tumoren aus, am häufigsten kommen Sertoli- und Leydigzelltumore vor (Hammersen, 2006). Differentialdiagnostisch von Bedeutung sind benigne zystische Veränderungen wie Hodenzysten bzw. Nebenhodenzysten, welche unten Erwähnung finden. Desweiteren kann sich bei Jungen mit Adrenogenitalem Syndrom ektopes, hypertrophes Nebennierengewebes als gutartige, testikuläre Raumforderung darstellen (Hammersen et al., 2002). Unter den bösartigen Hodentumoren werden primäre und sekundäre Tumoren unterschieden. Hodentumoren sind im Kindesalter sehr selten, primäre Hodentumoren bilden dabei 1 % aller Tumoren dieser Altersstufe. Am häufigsten treten diese vor dem 3. Lebensjahr auf (Tröbs et al., 2007). Den häufigsten primär malignen testikulären Tumor im Kindesalter stellt der Dottersacktumor dar, die häufigsten sekundären Tumoren sind Metastasen einer Leukämie (Green, 1986; Kanto et al., 2004; Murphy et al., 2007; Marulaiah et al., 2010). Keimzelltumoren bilden 70% aller Hodentumoren im Kindesalter (Cifti et al., 2001). Nach der Pubertät kommen vorwiegend Seminome, embryonale Karzinome und Mischtumoren vor (Calaminus et al., 2006).

Zu den zystischen Strukturen des Skrotums zählen Epidermoid- und Dermoidzysten, Epididymis- Zysten sowie Spermatozelen, welche in der Regel gutartig sind (Chung et al., 1999). Epididymis-Zysten sind Zysten, welche seröse Flüssigkeit enthalten und von Mesothel ausgekleidet sind (Chung et al., 1999). Sie traten gehäuft bei Retentio testis, Zystischer Fibrose sowie bei der von Hippel-Lindau Erkrankung auf und zudem bei

Kindern, deren Mütter während der Schwangerschaft mit Diethylstilbestrol behandelt worden sind (Wollin et al., 1987; Homayoon et al., 2004). Die Patienten fielen klinisch initial mit einer skrotalen Volumenzunahme oder mit skrotalen Schmerzen auf, ein Teil der Nebenhodenzysten wurde zufällig aufgefunden (Homayoon et al., 2004; Chillón et al., 2005). Aber auch die Assoziation zur Orchiepididymitis sowie zur Varikozele wurde beschrieben (Chillón et al., 2005). Das Durchschnittsalter der Patienten mit Nebenhodenzyste war 11,5 Jahre, wobei das Alter von 1 bis 16 Jahre reichte (Chillón et al., 2005). Die Häufigkeit der Nebenhodenzysten stieg mit zunehmendem Alter an, insgesamt wurde sie mit 14,4% beschrieben. Jungen mit einer Nebenhodenzyste hatten größere Hoden unabhängig von der betroffenen Seite oder vom Alter mit $p<0,001$ (Posey et al., 2010). Die Größe der Zysten betrug 3 bis 30 mm (Homayoon et al., 2004). Spermatozelen sind Dilatationen des Ductulus efferentis testis, welche Spermien und eine gelatinöse Flüssigkeit enthalten (Hammersen, 2006).

2.4.2.5 Gefäßanomalien/ Varikozelen

Varikozelen sind Erweiterungen des Plexus pampiniformis (Hammersen, 2006). Als ursächlich für die im Kindes- und Jugendalter am ehesten auftretende idiopathische Varikozele wird in den meisten Fällen ein insuffizienter Klappenapparat der V. spermatica interna beschrieben (Alzen und Staats, 2005). Die Varikozele wird laut World Health Organisation in 3 verschiedene klinische Ausprägungsgrade eingeteilt. Grad 1 beschreibt die unter Valsalva-Manöver tastbare Varikozele, Grad 2 die ohne Provokationsmanöver tastbare, aber nicht sichtbare Varikozele und Grad 3 die tastbare sowie sichtbare Varikozele (World Health Organization, 1993). Beim subklinischen Grad 0 tritt nur dopplersonographisch unter dem Valsalva-Manöver ein Reflux auf. Die Dopplersonographie ermöglicht eine Einteilung der Refluxgrade (Hirsh et al., 1980). Die häufigsten Grade im Kindes- und Jugendalter stellten Grad 0 sowie 1 dar (Pfeiffer et al., 2006). Varikozelen kamen mit 83% bis 93% unilateral und mit 79% bis 98% linksseitig vor (Akbay et al., 2000; Pfeiffer et al., 2006). Bezüglich der Prävalenz der Varikozele existieren Arbeiten mit der Vermutung, dass sich die Varikozele mit der Pubertät entwickelt. (Pfeiffer et al., 2006, Zampieri et al., 2008). Vor dem zehnten Lebensjahr wurde die Prävalenz dementsprechend weitestgehend mit unter 1% angegeben (Akbay et al., 2000; Kuijper et al., 2008). Eine Ausnahme bildet eine Untersuchung in der Altersgruppe von 8- bis 11-Jährigen, in welcher eine Prävalenz von 18% festgestellt wurde (Pfeiffer et al., 2006). Nach dem zehnten Lebensjahr reichten die Prävalenzen von 11% im Alter von 11 bis 19 Jahre (Akbay et al., 2000) über 16,5% bei 13- bis 16-Jährigen (Baek et al., 2011) und 35% im Alter von 10 bis 20

Jahre (Niedzielski et al., 1997) bis 42% im Alter von 12 bis 16 Jahre (Pfeiffer et al., 2006). Der Einfluss auf das Hodengewebe und somit auf die Fertilität durch die folgende Temperaturerhöhung ist vieldiskutiert. Varikozelen wirkten sich negativ auf das Hodenvolumen aus (Shiraishi, 2009; Baek et al., 2011). Der genaue Mechanismus, wie die Varikozele das Hodenvolumen beeinflusst, ist nicht abschließend geklärt. Diskutiert wurden unter anderem eine Minderdurchblutung oder eine Temperaturerhöhung des betroffenen Hodens (Nieschlag et al., 2009). Zum einen wurde die Hodenhypo- bzw. atrophie definiert durch eine Verminderung des Hodenvolumens der betroffenen Seite um mehr als 2 ml oder um mehr als 10% gegenüber der kontralateralen Seite (Buch and Cromie, 1985; Akbay et al., 2000). Andererseits wurde eine Hodenvolumendifferenz unter 15% als normal beschrieben (Kolon et al., 2008).

In der Literatur ist jedoch umstritten, ob die Hypotrophie des Hodens vom Grad der Varikozele abhängt. Besonders die Auswirkungen von subklinischen Varikozelen auf das Hodenvolumen wurden gegensätzlich dargestellt (Zini et al., 1997; Akcar et al., 2004). Die Mehrzahl der Studien unterstützen jedoch die Aussage, dass die Hodenhypotrophie vom Grad der Varikozele abhängt (Niedzielski et al., 1997; Akbay et al., 2000; Kass et al., 2001; Cayan et al., 2002; Thomas and Elder, 2002; Pfeiffer et al., 2008). Als Folge einer einseitigen Varikozele wurde bei jungen Männern mit höhergradiger Varikozele eine Hypertrophie des kontralateralen Hodens beschrieben (Ku et al., 2002). Demgegenüber trat auch eine beidseitigen Volumenminderung bei Grad-3 Varikozelen auf (Kass et al., 2001). Umstritten ist zudem, unter welchen Bedingungen eine operative Korrektur der Varikozele angebracht ist. Dabei wurde bei einer Hodenhypotrophie bzw. Wachstumsverzögerung eine operative Therapie empfohlen (Hadziselimovic et al., 1989; Zampieri et al., 2008). Weitere Entscheidungskriterien stellen die Dopplersonographie, Ejakulatanalyse sowie der Varikozelengrad dar (Kass et al., 1995; Poon et al., 2010). Nach einer Varikozelenbehandlung zeigte sich bei einigen Patienten eine signifikante Volumenzunahme des betroffenen Hodens (Spinelli et al., 2010; 19). Ein Aufholwachstum des betroffenen Hodens war aber auch ohne Operation möglich (Kolon et al., 2008; Poon et al., 2010; Spinelli et al., 2010). Daher wurden 2 bis 3 Nachuntersuchungen vor einer Varikozelektomie empfohlen (Kolon et al., 2008).

2.4.2.6 Medikamente

Gleichwohl können unter Medikamententherapie Störungen der Hodenfunktion wie Störungen der Testosteron- und Spermienproduktion sowie Störungen des Wachstums

vorkommen. Daunorubicin, Doxorubicin, Epirubicin, Idarubicin (Anthracycline) sowie Mitoxantron können Störungen der Spermiogenese im Sinne einer Azoospermie sowie irreversible Fertilitätsstörungen hervorrufen (Rote Liste 2011, S. 1969-1971). Desweiteren kann Fluoruracil Störungen der Spermiogenese verursachen (Rote Liste 2011, S. 1994-1996). Glucocorticoide in systemischer Anwendung können zu Störungen der Sexualhormonsekretion bis hin zur Impotenz sowie zur Wachstumshemmung bei Kindern führen (Rote Liste 2011, S. 2004-2006). Im Speziellen sei an dieser Stelle Celestamine®, ein Betamethason, genannt, welches eine veränderte Anzahl und Beweglichkeit der Spermien hervorrufen kann (Rote Liste 2011, S. 924-925). Valproinsäure kann in selten Fällen erhöhte Testosteronspiegel bewirken (Rote Liste 2011, S. 2156-2159). Zudem wies Methotrexat als Antimetabolit und Folsäureanalogon im Nebenwirkungsspektrum sehr selten eine mangelhafte Spermatogenese auf. Oligospermien sind selten möglich, bildeten sich jedoch nach Beendigung der Behandlung zurück (Rote Liste 2011, S. 2049-2055). Cyclophosphamid, Carmustin, Etopusid, Ifosfamid, Lomustin, Trofosfamid, Vinblastin, Vincristin, Vindestin, Vinflunin, Vinorelbin können zu Störungen der Spermiogenese führen (Rote Liste 2011, S. 1968-1969). Androgene und Anabolika weisen im Nebenwirkungsspektrum eine Spermatogenesehemmung sowie eine vorzeitige Pubertätszeichen beim Knaben auf (Rote Liste 2011, S. 1897). Außerdem hatten Patienten unter Alkylanztherapie mit Procarbazin sehr häufig Azoospermien, welche in Kombination mit anderen Alkylantien in 90% irreversibel waren (Rote Liste 2011, S. 1770-1771).

2.4.2.7 Weitere Einflussfaktoren

Des Weiteren wurde eine Abhängigkeit des Hodenvolumens von Ernährungszustand und chronischen Erkrankungen gezeigt (Handelsman and Staray, 1985; Sartorius und Handelsman, 2009). Das Hodengewicht nahm bei „zehrenden Krankheiten“ um 28-49% ab (Roessle und Roulet, 1932). Zahlreiche Organfunktionsstörungen können einen Einfluss auf die Hodenfunktion haben. Bei Nierenfunktionsstörungen wurde ein negativer Einfluss auf die Androgenproduktion, Spermiogenese sowie das Hodenvolumen beschrieben. Bei Heranwachsenden kann die Pubertät verzögert sein (Sartorius und Handelsman, 2009). Eine testikuläre Atrophie kombiniert mit einer weiblichen Körperbehaarung und Gynäkomastie weist auf eine Leberzirrhose hin (Manns et al., 2005). Die Auswirkungen der chronischen Lebererkrankungen auf das Hodenvolumen wurden durch den Testosteronabfall sowie Östrogenanstieg begründet (Sartorius und Handelsman, 2009; Herold, 2012). Die klassische Form der

Mukoviszidose kann zu einer verspäteten Pubertät führen, während die Sarkoidose bei ungefähr 50% der Betroffenen einen hypogonadotrophen Hypogonadismus zur Folge hat (Sartorius und Handelsman, 2009). Desweiteren können entzündliche Darmerkrankungen sowie die Zöliakie eine verzögerte Pubertät bewirken (Sartorius und Handelsman, 2009). Fernerhin kann eine angeborene Hypothyreose klinisch auffallen durch einen Wachstumsrückstand (Paschke und Scherbaum, 2005) sowie eine erworbene Hypothyreose durch Infertilität (Herold, 2012). Ein Einfluss von insulinabhängigem Diabetes auf das Hodenvolumen wurde bei Männern unter 50 Jahren gezeigt (Handelsman et al, 1985). Die Datenlage zum Einfluss von Diabetes auf das Hodenvolumen bei Kindern ist bisher unzureichend. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, dass sich Operationen auf die Hodenentwicklung bzw. das Hodenvolumen auswirken. Dazu gehören Operationen am Hoden wie die Orchidopexie zur Korrektur einer Hodentorsion oder eines Maldescensus testis. In der Nachuntersuchung von 75 Patienten mit Maldescensus testis nach Orchidopexie traten in bis zu 53% der Fälle Störungen der Position, des Volumens, der Struktur oder der Perfusion des Hodens auf. Zusätzlich wurden Pathologien wie Mikrolithiasis, Varikozelen, Hydatiden, Hydrozelen sowie Leistenhoden festgestellt (Riebel et al., 2000). Als schwerwiegende Komplikation wurde die Atrophie des Hodens beschrieben, welche bei der Standard-Operation in ca. 1%, nach Ligatur der Arteria testicularis und nach mikrovaskulärer Autotransplantation in ca. 20-30% auftrat (Hadziselimovic und Herzog, 1990). Desweiteren wurden zahlreiche Umwelt- und arbeitsplatzbedingte Einflussfaktoren auf die männliche Fertilität beschrieben, welche hier nicht näher ausgeführt werden sollen (Brinkworth und Handelsman, 2009).

3. Material und Methodik

3.1 Studienaufbau

Die vorliegende Querschnittstudie wurde im Zeitraum 02/2008 bis 12/2009 durchgeführt, wobei 183 männliche Kinder- und Jugendliche im Alter von 0 bis 18 Jahren eingeschlossen werden konnten. Die untersuchten Personen befanden sich zum Untersuchungszeitpunkt in stationärer Betreuung des Universitätsklinikums Halle/Saale. Einbezogen wurden die Stationen der Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, der Klinik für Kinderkardiologie sowie der Klinik für Kinderchirurgie.

3.2 Genehmigung der Ethikkommission

Die Durchführung der Studie wurde 2006 durch die Ethikkommission der Martin-Luther-Universität Halle/Saale genehmigt.

3.3 Rekrutierung der Probanden

Ein Aufklärungsgespräch über den Inhalt der Studie sowie den Untersuchungsablauf erfolgte mit den Eltern und den Studienteilnehmern im Rahmen der ärztlichen Aufnahmegespräche auf den jeweiligen Stationen. Eine Einwilligungserklärung wurde nach Aufklärung und Einverständnis unterschrieben.

3.4 Einschlusskriterien

In die Studie eingeschlossen wurden männliche Probanden im Alter von 0 bis 18 Jahren mit Einverständniserklärung der Eltern.

3.5 Ausschlusskriterien

Ausgeschlossen wurden Probanden mit stattgehabten oder aktuellen Erkrankungen und Therapien, welche sich auf Hodenentwicklung bzw. -volumen auswirken, sowie Probanden mit Hodenpathologien. Dazu gehören die Ursachen des Hypogonadismus sowie Erkrankungen, welche eine Pubertas praecox bzw.- tarda zur Folge haben können. Desweiteren zählen dazu erworbene Störungen wie die Hodentorsion sowie Hydatidentorsion, entzündliche Erkrankungen des Skrotalinhaltes wie Epididymiditis oder Orchitis, Trauma des Genitales, benigne Raumforderungen wie Spermatozelen, Funikozelen, Varikozelen, maligne Raumforderungen sowie Probanden unter Therapien mit hodenbeeinflussenden Medikamenten oder stattgehabten Operationen in der Skrotalregion wie die Orchidopexie. Aber auch Probanden mit angeborenen Einflussfaktoren auf das Hodenvolumen wie das hypoplastische Genitale, Pseudohermaphroditismus masculinus oder femininus (Adrenogenitales Syndrom), Probanden mit 46-XX-Mann, Anorchie (Vanishing-Testes-Syndrom) sowie Syndrome wie das Klinefelter- oder Down-Syndrom oder Hodenhochstand wurden ausgeschlossen. Probanden, bei denen während der körperlichen oder sonographischen Untersuchung Hodenpathologien wie Mikrolithiasis oder Varikozelen festgestellt wurden, wurden ebenso vom Referenzkollektiv ausgeschlossen.

3.6 Befragung

Die Anamnese der Probanden nach möglichen Ausschlusskriterien erfolgte durch das ärztliche Personal der jeweiligen Kinderkliniken während des Aufnahmegespräches.

3.7 Körperliche Untersuchung

Die körperliche Untersuchung erfolgte durch das ärztliche Personal während der Aufnahmeuntersuchung der Probanden auf den jeweiligen Stationen. Dazu gehörte die Untersuchung der Genitale, d.h. die palpatorische Untersuchung des Skrotalinhaltes sowie Bestimmung des Hodenvolumens mittels Prader-Orchidometer, die inspektorische Einteilung der Probanden in Pubertätsstadien nach Tanner sowie die Aufnahme von Körpergröße und -gewicht zur Einstufung in Perzentilenkurven durch den ärztlichen Untersucher.

3.8 Ermittlung des Hodenvolumens mittels Sonographie

Alle Sonographien wurden vom selben Untersucher (M.K.) durchgeführt. Nach Positionierung des Probanden in Rückenlage wurde das Skrotum mittels Stoffrolle unterpolstert, wodurch eine Lageänderung des Hodens während des Untersuchungsganges weitgehend verhindert werden konnte. Alle Probanden wurden in Rückenlage mit adduzierten Oberschenkeln untersucht. Um Unruhe beim jungen Studienteilnehmer zu vermeiden und den Hoden in der skrotalen Lage zu halten, wurde vorgewärmtes Ultraschallgel verwendet. Um zudem die Intimität des Probanden zu wahren, wurde durch eine Tuch-Abdeckung der Genitale sowie eine Verringerung des Personals im Untersuchungsraum vorgenommen. Der Schallkopfes wurde leicht auf den Hoden aufgesetzt, um Verfälschungen der Hodenmessungen zu vermeiden. Die Messungen erfolgten in der longitudinalen und in der transversalen Ebene. In der longitudinalen Ebene wurde die Messung der maximalen Hodenlänge sowie -höhe durchgeführt **(Abbildung 2)**, nach Drehung des Schallkopfes um 90 Grad in die tangentiale Ebene erfolgte die Messung der maximalen Breite **(Abbildung 3)**.

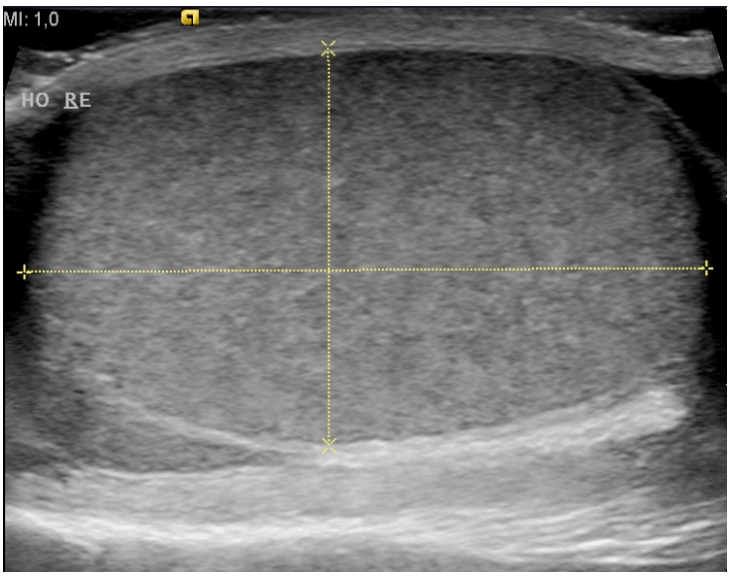

Abbildung 2 Hodenlängen- und -höhenmessung im logitudinalen sonographischen Schnittbild

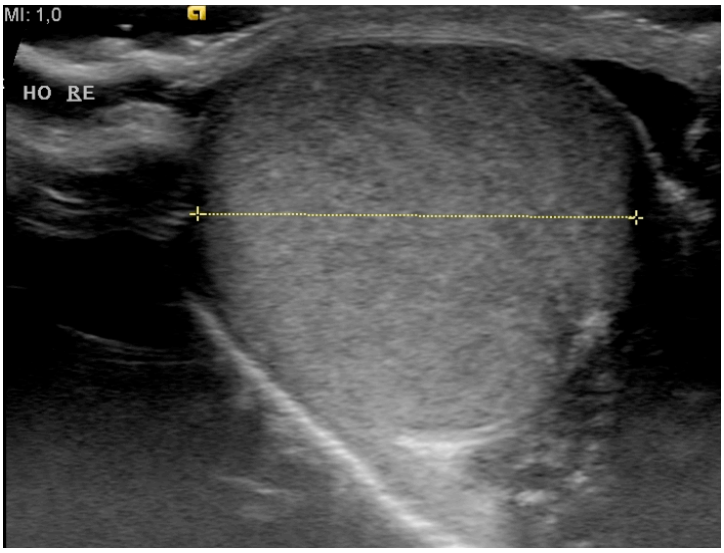

Abbildung 3 Hodenbreitenmessung im transversalen sonographischen Schnittbild

Der zum Teil darstellbare Nebenhoden wurde nicht in die Messungen eingeschlossen. Nach Messung der maximalen Länge, Breite und Höhe wurde das Hodenvolumen mittels der Ellipsoidformel Länge x Breite x Höhe x π/6 berechnet. Eine dopplersonographische Untersuchung wurde in unserer Stichprobe nicht durchgeführt. Die Hodenhypo- bzw. atrophie wurde definiert durch eine Verminderung des Volumens eines Hodens um gleich und mehr als 2 ml oder um gleich und mehr als 10% gegenüber des kontralateralen Hodens (Akbay et al., 2000).

3.9 Technische Geräte

Für die Ultraschallmessungen wurde je nach Verfügbarkeit das Gerät Siemens Acuson S2000 mit einem 14L5-Linear-Schallkopf mit 14,0 Mhz sowie das Gerät Siemens Sonoline Elegra (Siemens, Erlangen, Deutschland) mit einem VFX 13-5- Schallkopf mit 10 Mhz und 7.5L40-Linear-Schallkopf mit 5.0 bis 9.0 Mhz verwendet. Diese Geräte werden standardgemäß verwendet und regelmäßigen Qualitätsprüfungen unterzogen. Sämtliche Bilder inklusive Messungen jeder Ebene wurden digital zu Dokumentationszwecken gespeichert.

3.10 Statistische Methoden

Die statistische Auswertung der gesammelten Daten erfolgte mittels der Statistiksoftware SPSS 11.5 (SPSS GmbH Software, München), die folgenden Analyseverfahren des Programmes wurden verwendet. Mittels graphischer Darstellung (Punktwolken) wurde überprüft, ob ein linearer Zusammenhang zwischen metrischen Merkmalen besteht. Sie bietet zudem die Möglichkeit, Ausreißer und inhomogene Gruppen aufzudecken (Weiß, 2010). Streudiagramme stellten in der vorliegenden Arbeit die Zusammenhänge von linkem zu rechtem Hodenvolumen, von Körpermaßen zu Hodenmaßen sowie von Pubertätsstadien zum Altersverlauf dar. Es wurden der Einfachheit halber beide Hodenvolumina gemeinsam eingetragen. Mittels der explorativen Datenanalyse wurden die dazugehörigen Referenzwerttabellen erstellt. Erfasste Parameter waren Mittelwert, Median, Standardabweichung, Minimum, Maximum, Range sowie die dazugehörigen Perzentilen. Mittels der Prozedur Bivariate Korrelationen wurde der Korrelationskoeffizient nach Spearman-Rho sowie deren Signifikanzniveaus errechnet. Der Korrelationskoeffizient nach Spearman-Rho wurde zur Beschreibung eines monotonen Zusammenhanges verwendet, wenn erhebliche Zweifel an einer annähernden Normalverteilung oder an einer Linearität bestanden. Dementsprechend kam er bei den Korrelationen von Alter, Größe und Gewicht zum Hodenvolumen, den Hodenmaßen zum Alter sowie bei der Korrelation der Hodenmaße zueinander zum Einsatz. Zudem fand er Verwendung bei der Korrelation der Pubertätsstadien nach Tanner zum Hodenvolumen.

3.11 Einteilung der Probanden in Perzentilenkurven

In der vorliegenden Arbeit erfolgte die Einteilung der Probanden in Größen- und Gewichtsperzentilen mit der Zielstellung, die Studienpopulation zu beschreiben sowie

den Einfluss von Größe und Gewicht auf das Hodenvolumen näher zu bestimmen. Die Probanden wurden entsprechend Größe und Gewicht zugeordnet. Im Alter von 0 bis 5 Jahren verwendeten wir die Perzentilenkurve nach Reinken und van Oost (Reinken und van Oost, 1992), im Alter von 5 bis 18 Jahren die Perzentilenkurve von Kromeyer-Hauschild et al. (Kromeyer-Hauschild et al., 2001). Die Einteilung der Hodenvolumina erfolgte in Perzentilen gleicher Altersgruppe in unserer Stichprobe.

4. Ergebnisse

4.1 Korrelationen von Alter, Größe und Gewicht zum Hodenvolumen

4.1.1 Korrelation von Alter und Hodenvolumen

Von 183 Studienteilnehmern wurden 174 in die statistische Auswertung des Zusammenhanges von Alter zum Hodenvolumen einbezogen. Das Alter der Probanden lag bei 0,01 bis 18 Jahren mit einem Mittelwert von 7,07 Jahren. Die Darstellung erfolgte initial graphisch im Streudiagramm **(Abbildung 4)**.

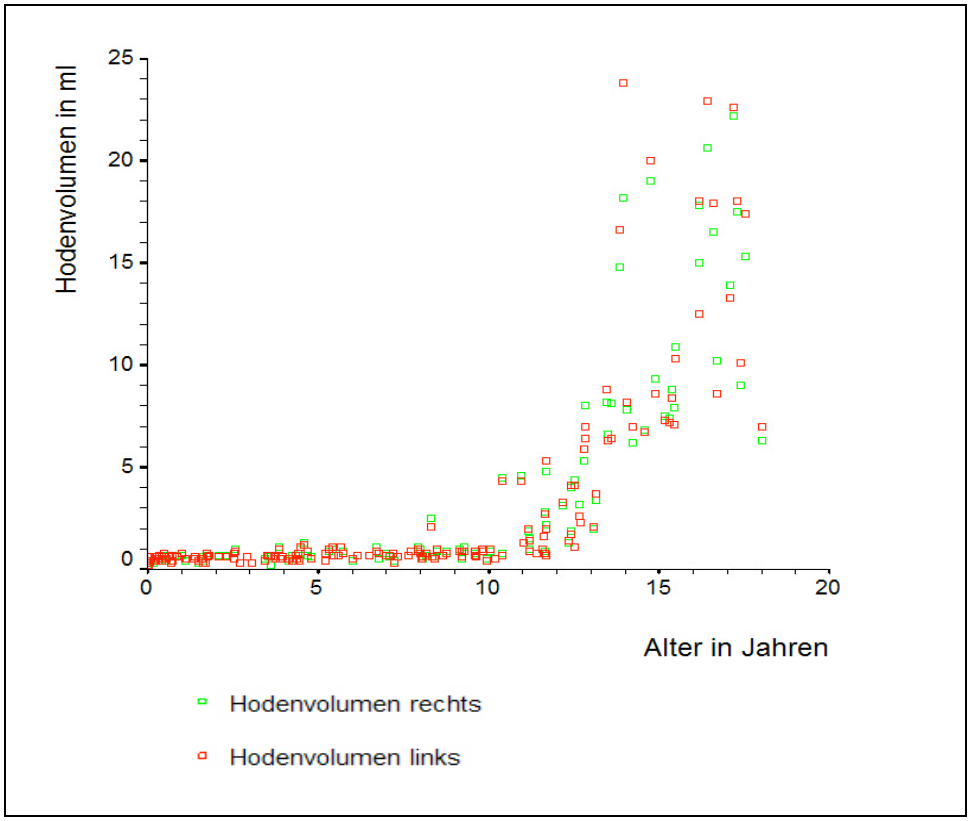

Abbildung 4 Streudiagramm: Abhängigkeit des Hodenvolumens vom Alter

Das Hodenvolumen wurde in 12 Gruppen mit einem jeweiligen Altersbereich von 1,5 Jahren zum Alter korreliert und in der Referenzwerttabelle aufgetragen **(Anhang 1-4)**.
Das Hodenvolumen des linken Hodens blieb in der untersuchten Stichprobe bis zum 8. Lebensjahr unter 1,2 ml, das des rechten Hodens unter 1,3 ml, mit leichter Wachstumstendenz des Mittelwertes. Mit 8,5 Jahren erreichte Proband 2009168 als erster ein Hodenvolumen über 2 ml mit einem Volumen des linken Hodens von 2,1 ml bzw. des rechten Hodens von 2,5 ml. Im Alter von 12 Jahren hatten alle Jungen ein Hodenvolumen über 1 ml. Ein Hodenvolumen über 3 ml wurde erstmals durch Proband 2009189 im Alter von 10,4 Jahren erreicht. Im Alter von 13 Jahren wiesen alle Jungen ein Hodenvolumen über 3 ml auf. In der letzten Altersgruppe im Alter von 16,5 bis 18 Jahren reichten die Hodenvolumina des linken Hodens von 7 bis 22 ml. Der Mittelwert war bei den Gruppen mit 15,31 ml und einer SD von 5,86 ml am größten. Die Hodenvolumina des rechten Hodens reichten von 6,3 bis 22,2 ml. Der Mittelwert war von den Gruppen am größten und betrug 14,61 ml mit einer SD von 5,32 ml. In der Gruppe 0 bis 1,5 war der Mittelwert des Hodenvolumens am geringsten. Die größte SD des linken Hodenvolumens wurde in der Altersgruppe von 13,5 bis 15 Jahren sowie des rechten Hodens in der Gruppe 16,5 bis 18 Jahre erreicht. Die geringste SD wurde in der ersten Altersgruppe gezeigt. Eine Abweichung von Median und Mittelwert und damit die asymetrische Verteilung der Messwerte fiel ab dem 10,5 Lebensjahr auf.
Über den gesamten Altersbereich von 0 bis 18 Jahren wird kein linearer Zusammenhang vermutet. Daher wurde der Korrelationskoeffizient nach Spearman für den Altersbereich 0 bis 9 Jahre sowie 9 bis 18 Jahre bestimmt.
Die Bestimmung des Korrelationskoeffizienten nach Spearman zwischen dem Alter von 0 bis 9 Jahre und dem Hodenvolumen umfasste 108 Probanden. Der Korrelationkoeffizient nach Spearman zwischen dem linken Hoden und dem Alter von 0 bis 9 Jahre betrug 0,554 mit p=0,01, zwischen dem rechten Hodenvolumen und dem Alter von 0 bis 9 Jahre 0,584 mit p=0,01. Der Korrelationskoeffizient nach Spearman zwischen dem Alter von 9 bis 18 Jahre und dem Hodenvolumen umfasste 66 Probanden. Der Korrelationkoeffizient zwischen dem linken Hoden und dem Alter von 9 bis 18 Jahre betrug 0,889 mit p=0,01. Der Korrelationskoeffizient zwischen dem rechten Hodenvolumen und dem Alter von 9 bis 18 Jahre war 0,885 mit p=0,01.

4.1.2 Korrelation von Körpergröße und Hodenvolumen

172 von 183 untersuchten Probanden wurden in die statistische Auswertung eingeschlossen. 2 Probanden wurden aufgrund fehlender Größenangaben ausgeschlossen, 9 aufgrund von sonomorphologischen Auffälligkeiten. Die Größe der

Probanden lag bei 42 bis 193 cm mit einem Mittelwert von 119,2 cm. Im Streudiagramm stellten sich die Hodenvolumina in Abhängigkeit vom Alter wie folgt dar **(Abbildung 5)**.

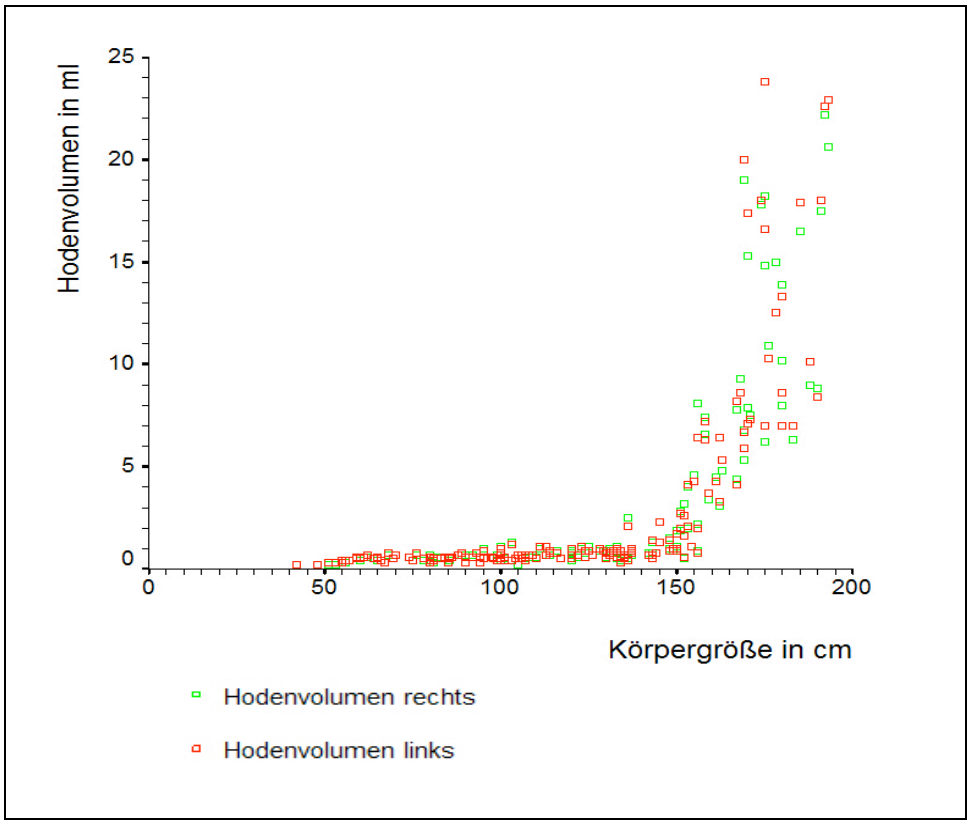

Abbildung 5 Streudiagramm: Abhängigkeit des Hodenvolumens von der Körpergröße

Zur statistischen Auswertung in der Referenzwerttabelle wurden die Patienten in Gruppen unterteilt **(Anhang 5-8)**. Die ersten 3 Gruppen bilden jeweils ein Cluster von 20 cm, die folgenden 8 Gruppen einen Cluster von 10 cm, die letzte Gruppe einen Cluster von 20 cm. Das Hodenvolumen blieb von der Geburt an bis zu einer Körpergröße von 130 cm bei den untersuchten Personen unter 1,2 ml. Mit einer Körpergröße von 136 cm wies Proband 2009168 als Erster ein Hodenvolumen über 2 ml mit 2,1 ml links bzw. 2,5 ml rechts. Ab einer Körpergröße von 157 cm befanden sich alle Hodenvolumina über 3 ml. Die letzte Gruppe umfasste den Größenbereich 181 cm bis 200 cm und erreichte den höchsten Mittelwert des Volumens mit 15,27 ml des linken Hodens sowie 14,41 ml des rechten Hodens. Der geringste Mittelwert des linken sowie rechten Hodenvolumens wurde in der ersten Gruppe erreicht. Die geringste SD wurde bei beiden Hoden in der ersten Gruppe erreicht, die größte in der letzten Gruppe. Ab einer Größe von 141 cm zeigte sich eine Abweichung des Mittelwerts

sowie Medians des abhängigen Hodenvolumens und somit eine asymmetrische Verteilung.

Über den gesamten Größenbereich von 0 bis 200 cm wurde kein linearer Zusammenhang vermutet. Daher wurde der Korrelationskoeffizient nach Spearman für den Größenbereich 0 bis 140 cm sowie 141 bis 200 cm bestimmt.

Der Korrelationskoeffizient nach Spearman zwischen einer Körpergröße von 0 bis 140 cm und dem Hodenvolumen umfasste 117 Probanden. Der Korrelationkoeffizient nach Spearman zwischen dem linken Hoden und einer Körpergröße von 0 bis 140 cm betrug 0,542 mit p=0,01, zwischen dem rechten Hoden und einer Körpergröße von 0 bis 140 cm 0,541 mit p=0,01. Der Korrelationskoeffizient nach Spearman zwischen einer Körpergröße von 141 bis 200 cm und dem Hodenvolumen umfasste 57 Probanden. Der Korrelationkoeffizient nach Spearman zwischen dem linken Hoden und einer Körpergröße von 140 bis 200 cm betrug 0,894 mit p=0,01. Der Korrelationskoeffizient nach Spearman zwischen dem rechten Hodenvolumen und einer Körpergröße von 141 bis 200 cm war 0,884 mit p=0,01.

4.1.3 Korrelation von Körpergewicht und Hodenvolumen

Die statistische Auswertung umfasste 172 von 183 untersuchten Personen. 2 Personen wurden aufgrund fehlender Gewichtsangaben ausgeschlossen sowie 9 aufgrund von sonomorphologischen Auffälligkeiten. Das Gewicht der Probanden reichte von 2 bis 116 kg mit einem Mittelwert von 28,89 kg. Folgend wurde die Korrelation des Hodenvolumens zum Körpergewicht in einem Streudiagramm graphisch dargestellt **(Abbildung 6)**.

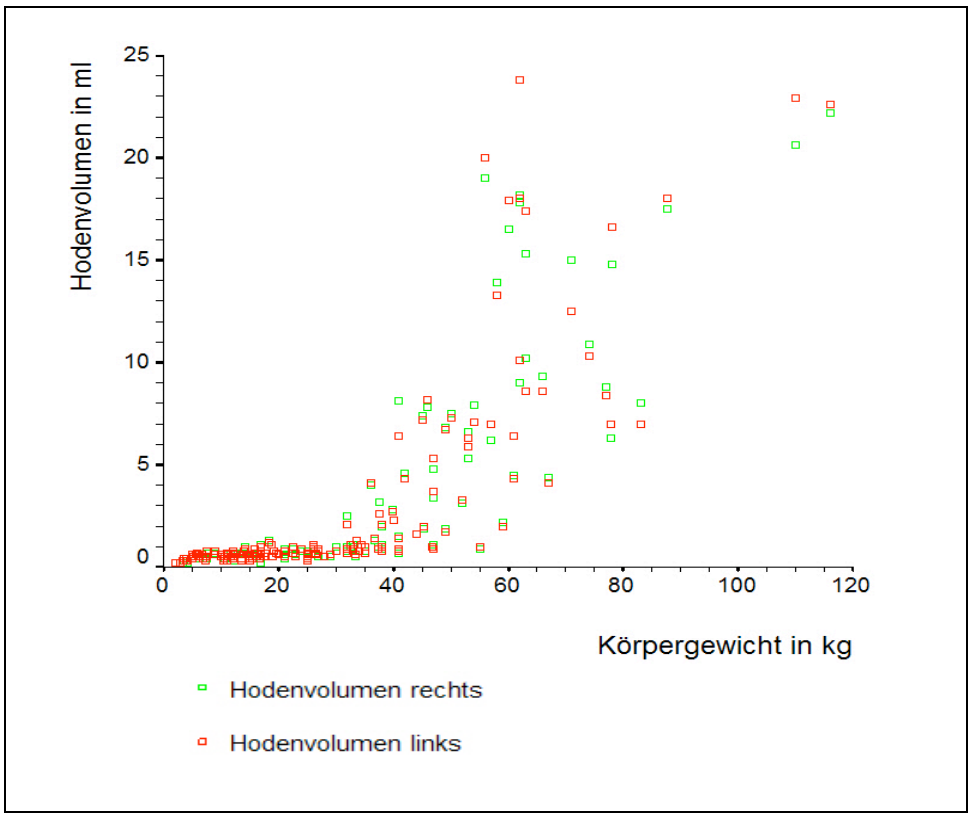

Abbildung 6 Streudiagramm: Abhängigkeit des Hodenvolumens vom Körpergewicht

Ab einem Körpergewicht von 56 kg befanden sich alle Hodenvolumina der Stichprobe über 1 ml. Ein Volumen von über 3 ml wurde in der Studie erstmals von einem Probanden mit einem Körpergewicht von 32 kg erreicht, ab einem Körpergewicht von über 59 kg hatten alle untersuchten Studienteilnehmer ein Hodenvolumen über 3 ml. Die größten Hodenvolumina der Stichprobe erreichte ein Proband mit einem Körpergewicht von 62 kg. Das Volumen des linken Hodens betrug 23,8 ml, das des rechten Hodens 18,2 ml. Die beiden schwersten Probanden der Stichprobe hatten große Hodenvolumina. Proband 2008096 wies mit einem Gewicht von 110 kg ein Volumen des linken Hodens von 22,9 ml sowie ein Volumen des rechten Hodens von 20,6 ml auf. Proband 2009146 erreichte mit einem Gewicht von 116 kg ein Volumen des linken Hodens von 22,6 ml, ein Volumen des rechten Hodens von 22,2 ml. Die größten Mittelwerte der Hodenvolumina wurden in der letzten Gruppe gezeigt. Der geringste Mittelwert des linken sowie rechten Hodenvolumens wurde in der ersten Gruppe erreicht. Die geringste SD wurde bei beiden Hoden in der ersten Gruppe gezeigt, die größte in der Gruppe 56 bis 60 kg. Ab einem Gewicht von 41 kg zeigte sich eine Abweichung des Mittelwerts sowie Medians des abhängigen Hodenvolumens und somit eine asymmetrische Verteilung **(Anhang 9-12)**.

Über den gesamten Gewichtsbereich von 0 bis 120 kg wurde kein linearer Zusammenhang vermutet. Daher wurde der Korrelationskoeffizient nach Spearman für den Gewichtsbereich 0 bis 35 kg sowie 36 bis 120 kg bestimmt.
Der Korrelationskoeffizient nach Spearman zwischen einem Körpergewicht von 0 bis 35 kg und dem Hodenvolumen umfasste 117 Probanden. Der Korrelationkoeffizient nach Spearman zwischen dem linken Hoden und einem Körpergewicht von 0 bis 35 kg betrug 0,582 mit p=0,01, zwischen dem rechten Hoden und einem Körpergewicht von 0 bis 35 kg 0,582 mit p=0,01. Der Korrelationskoeffizient nach Spearman zwischen einem Körpergewicht von 36 bis 120 kg und dem Hodenvolumen umfasste 55 Probanden. Der Korrelationkoeffizient nach Spearman zwischen dem linken Hoden und einem Körpergewicht von 36 bis 120 kg betrug 0,764 mit p=0,01, zwischen dem rechten Hodenvolumen und einem Körpergewicht von 36 bis 120 kg 0,757 mit p=0,01.

4.2 Korrelation von Länge, Breite, Höhe zum Alter

174 von 183 Probanden wurden in die statistische Auswertung einbezogen durch den Ausschluss von 9 Probanden aufgrund sonomorphologischer Auffälligkeiten.
Die graphische Darstellung der Hodenlänge in Abhängigkeit vom Alter erfolgte im Streudiagramm **(Abbildung 7)**.

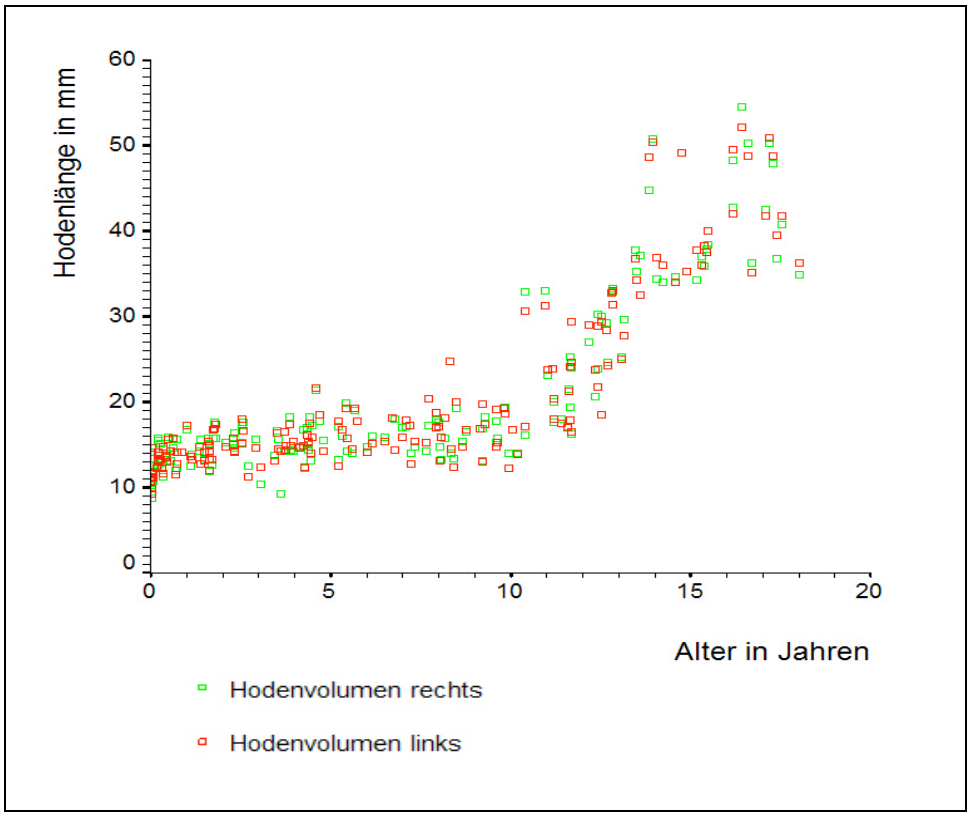

Abbildung 7 Streudiagramm: Korrelation der Hodenlänge zum Alter

Zur statistischen Auswertung in der Referenzwerttabelle wurden die Probanden in 12 Gruppen mit einem jeweiligen Altersbereich von 1,5 Jahren unterteilt **(Anhang 13,14)**. Die Hodenlänge beider Hoden blieb in der untersuchten Stichprobe bis zum 8. Lebensjahr unter 22 mm, mit leichter Wachstumstendenz des MW. Mit 8,5 Jahren erreichte Proband 2009168 als jüngster seiner Gruppe eine Hodenlänge beider Hoden von über 22 mm mit 24,7 mm. Ab einem Alter von 12,6 Jahren befanden sich alle untersuchten Hodenlängen über 24 mm. In der letzten Altersgruppe im Alter von 16,5 bis 18 Jahren reichte die Hodenlänge des linken Hodens von 35,1 bis 52,1 mm mit einem einem Mittelwert von 43,87 mm sowie einer SD von 6,83 mm, die des rechten Hodens von 34,9 bis 54,5 mm einem MW von 43,77 mm und einer SD von 7,16 mm. Der kleinste MW wurde in der ersten Gruppe festgestellt, der größte in der letzten Gruppe. Die kleinste SD wies die Gruppe 1,5 bis 3 Jahre des linken Hodens bzw. die Gruppe 6 bis 7,5 Jahre des rechten Hodens auf, die größte SD die Gruppe 15 bis 16,5 Jahre. Ab 13,5 Jahren zeigte sich eine starke Abweichung des Medians sowie MW voneinander und damit eine asymmetrische Verteilung der Hodenlänge in Abhängigkeit vom Alter.

Es folgte die graphische Darstellung der Hodenbreite in Abhängigkeit vom Alter **(Abbildung 8)**.

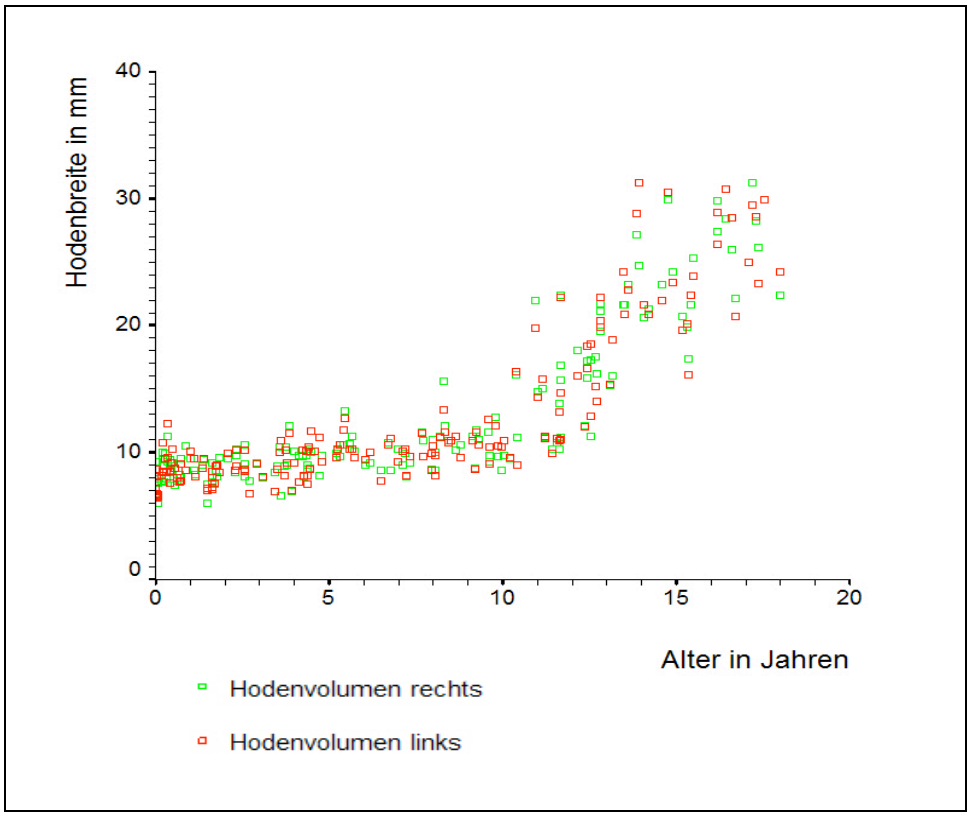

Abbildung 8 Streudiagramm: Korrelation der Hodenbreite zum Alter

Bis zu einem Alter von 8 Jahren blieb im untersuchten Kollektiv die Hodenbreite beider Hoden unter 13,4 mm mit leichter Wachstumstendenz des MW sowie des Medians. Ab einem Alter von 11 Jahren war ein merklicher Anstieg der Hodenbreite der Stichprobe zu verzeichnen. Ab einem Alter von 13,5 Jahren befanden sich alle untersuchten Hodenbreiten über 15 mm. In der letzten Altersgruppe im Alter von 16,5 bis 18 Jahren reichte die Hodenbreite des linken Hodens von 20,7 bis 30,7 mm mit einem Median von 28,5 mm, einem MW von 26,71 mm sowie einer SD von 3,49 mm, die des rechten Hodens von 22,1 bis 31,2 mm mit einem Median von 26,1 mm, einem Mittelwert von 26,59 mm und einer SD von 3,14 mm. Der kleinste MW wurde in der ersten Gruppe, der größte in der letzten Gruppe gezeigt. Die kleinste SD wies Gruppe 0 bis 1,5 Jahre des linken Hodens sowie Gruppe 6 bis 7,5 Jahre des rechten Hodens auf, die größte SD zeigte die Gruppe 13,5 bis 15 Jahre des linken Hodens sowie die Gruppe 16,5 bis 18 Jahre des rechten Hodens. Median und MW der Hodenbreite wichen über den gesamten Altersbereich geringfügig voneinander ab **(Anhang 15,16)**.
Die graphische Darstellung der Hodenhöhe in Abhängigkeit vom Alter erfolgte im Streudiagramm **(Abbildung 9)**.

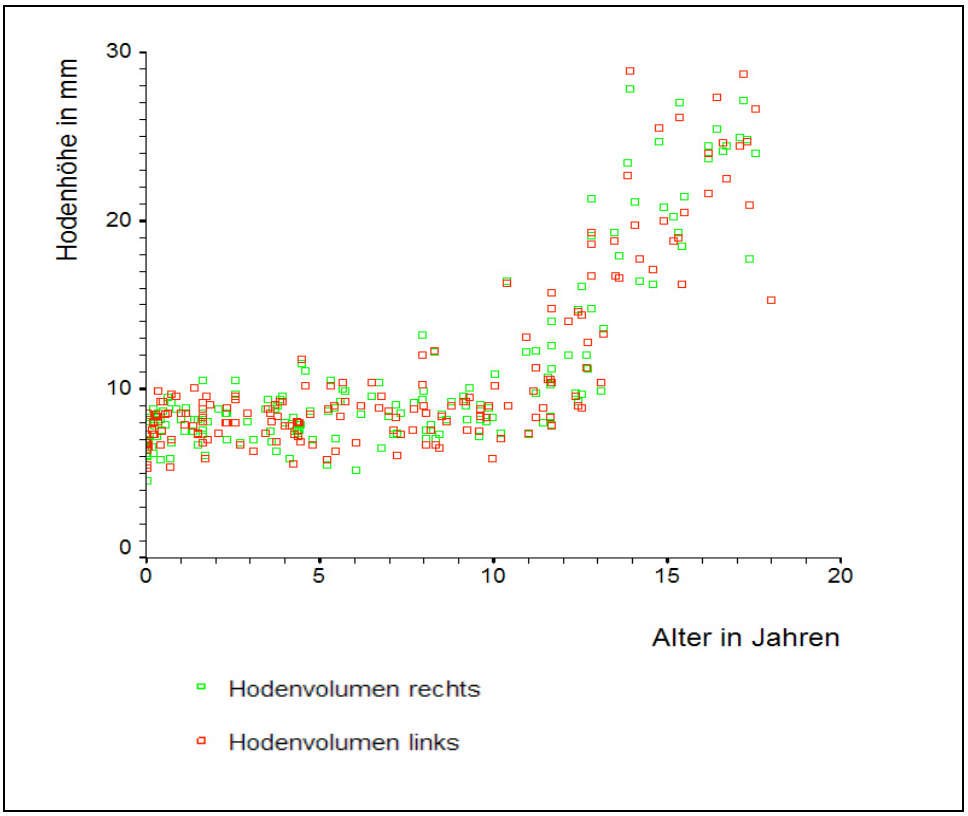

Abbildung 9 Streudiagramm: Korrelation der Hodenhöhe zum Alter

Bis zu einem Alter von 8 Jahren blieb in der Stichprobe die Hodenhöhe beider Hoden unter 12 mm mit leichter Wachstumstendenz des MW. Mit 8 Jahren erreichte Proband

2008038 als Jüngster eine Hodenhöhe über 11 mm mit einer Hodenhöhe des linken Hodens von 12 mm sowie eine Höhe des rechten Hodens von 13,2 mm. Ab einem Alter von 13,5 Jahren befanden sich alle untersuchten Hodenhöhen über 15 mm. In der letzten Altersgruppe im Alter von 16,5 bis 18 Jahren reicht die Hodenhöhe des linken Hodens von 15,3 bis 28,7 mm mit einem Median von 24,6 mm, einem MW von 23,89 mm sowie einer SD von 4 mm, die des rechten Hodens von 15,3 bis 27,1 mm mit einem Median von 24,4 mm, einem MW von 23,08 mm und einer SD von 3,89 mm. Der kleinste MW wurde in der zweiten Gruppe, der größte in der letzten Gruppe gezeigt. Die kleinste SD wiesen die zweiten Gruppen auf, die größte SD zeigte die Gruppe 15 bis 16,5 Jahre des linken Hodens sowie die Gruppe 16,5 bis 18 Jahre des rechten Hodens. Median und MW der Hodenhöhe wichen über den gesamten Altersbereich nur geringfügig voneinander ab **(Anhang 17,18)**. Nachfolgend wurde der Korrelationskoeffizient nach Spearman zwischen dem Alter und den Hodenmaßen ermittelt **(Tabelle 1)**.

Tabelle 1 Korrelationskoeffizient nach Spearman-Rho zwischen Alter und Hodenmaßen

	Hoden links	Hoden rechts
Länge	0,842 (*)	0,831 (*)
Breite	0,844 (*)	0,842 (*)
Höhe	0,676 (*)	0,715 (*)

(*) Korrelationskoeffizient nach Spearman-Rho ($p < 0,01$)

Es zeigte sich, dass alle Größen signifikant mit $p<0,01$ zum Alter korrelierten. Die Korrelationskoeffizienten eines Hodenmaßes wichen nur geringfügig voneinander ab. Länge sowie Breite beider Hoden korrelierten am ehesten zum Hodenvolumen.

4.3 Korrelationen zwischen linken und rechten Hodenmaßen

In die statistische Analyse wurden 174 Probanden einbezogen. Zwischen dem linken und dem rechten Hodenvolumen bestand ein positiv linearer Zusammenhang. Der Korrelationskoeffizient nach Spearman betrug 0,969 und war auf dem Niveau 0,01 einseitig signifikant **(Abbildung 10)**.

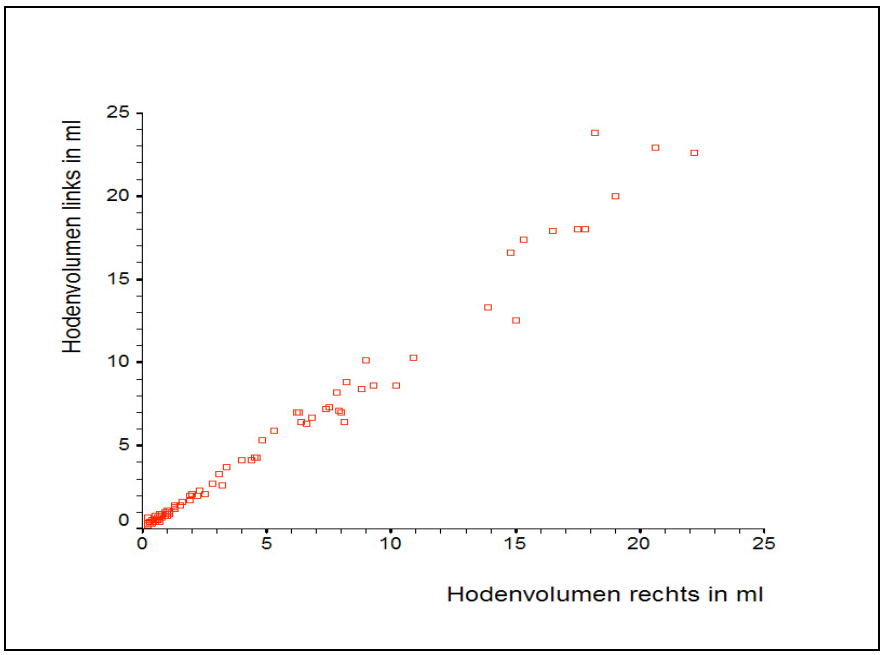

Abbildung 10 Streudiagramm: Korrelation von linkem und rechtem Hodenvolumen

Zwischen der linken und dem rechten Hodenlänge bestand ein positiv linearer Zusammenhang. Der Korrelationskoeffizient nach Spearman betrug 0,954 mit einseitigem Signifikanzniveau von 0,01. Zwischen der linken und dem rechten Hodenbreite bestand ein positiv linearer Zusammenhang. Der Korrelationskoeffizient nach Spearman betrug 0,917 mit einem einseitigem Signifikanzniveau von 0,01. Zwischen der linken und dem rechten Hodenhöhe bestand ein positiv linearer Zusammenhang. Der Korrelationskoeffizient nach Spearman betrug 0,912 mit einseitigem Signifikanzniveau von 0,01.

4.4 Pubertätsstadien der Stichprobe nach Tanner

Stadium PH1 war bei unseren Probanden von Geburt an bis zu einem Alter von 13,09 Jahren bei 129 Probanden anzutreffen. Im Mittel waren die Probanden 4,73 Jahre alt mit einer SD von 3,78 Jahren. PH2 wurde bei 13 Probanden im Alter von 4,7 Jahren bis 12,4 Jahren festgestellt. Diese waren im Mittel 10,74 Jahre alt mit einer SD von 1,99 Jahren. Unter Ausschluss von Proband 2008076 als Ausreißer, welcher mit 4,7 Jahren ein PH2 aufwies, reichte die Altersspannweite von 9,81 bis 12,67 Jahre mit einem mittleren Alter von 11,35 Jahren und einer SD von 0,91 Jahren. PH3 wiesen 8 Probanden im Alter von 12,53 bis 15,36 Jahren auf mit einem mittleren Alter von 13,67 Jahren und einer SD von 0,99 Jahren. PH4 hatten 15 Probanden im Alter von 12,82 bis

16,42 Jahren mit einem mittleren Alter von 14,74 Jahren sowie einer SD von 1,14 Jahren. PH5 zeigten 8 Probanden im Alter von 16,59 bis 18 Jahren mit einem mittleren Alter von 17,22 Jahren und einer SD von 0,45 Jahren. Das Stadium PH6 trat in unserer Stichprobe nicht auf **(Abbildung 11)**.

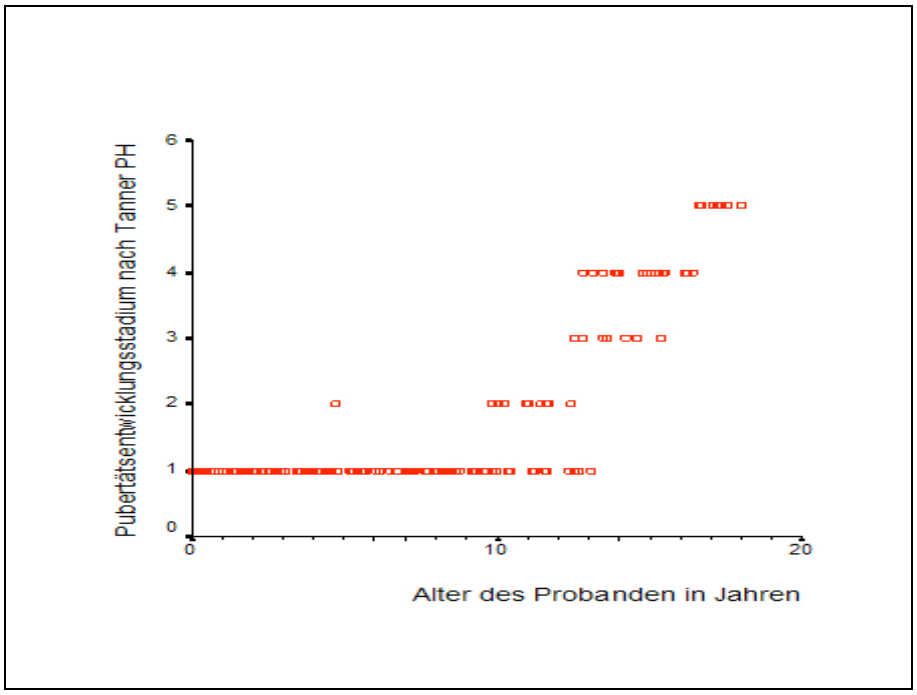

Abbildung 11 Streudiagramm: Pubertätsstadium nach Tanner (PH) in Abhängigkeit vom Alter des Probanden

Die Genitalentwicklung nach Tanner wird in 5 Stadien unterteilt. Stadium G1 ist bei 121 Probanden von Geburt an bis zu einem Alter von 12,71 Jahren anzutreffen mit einem mittleren Alter von 4,45 Jahren und einer SD von 3,6 Jahren. Das Stadium G2 wurde bei 21 Probanden im Alter von 0,04 bis 13 Jahren festgestellt mit einem mittleren Alter von 10,08 Jahren und einer SD von 3,02 Jahren. Unter Ausschluss von Proband 2008001 und Proband 2008076 als Ausreißer, welche mit 0,04 Jahren bzw. mit 4,48 Jahren ein G2 aufwiesen, reichte die Altersspannweite von 7,94 bis 13,09 Jahre mit einem mittleren Alter von 10,89 Jahren und einer SD von 1,49 Jahren. G3 trat bei 8 Probanden im Alter von 12,53 bis 15,36 Jahren auf, mit einem mittleren Alter von 13,67 Jahren und einer SD von 0,99 Jahren. G4 kam bei 12 Probanden im Alter von 12,82 bis 16,42 Jahren vor mit einem mittleren Alter von 14,69 Jahren und einer SD von 1,18 Jahren. G5 wurde bei 11 Probanden im Alter von 13,58 bis 18 Jahren festgestellt mit einem mittleren Alter von 16,59 Jahren und einer SD von 1,25 Jahren **(Abbildung 12)**.

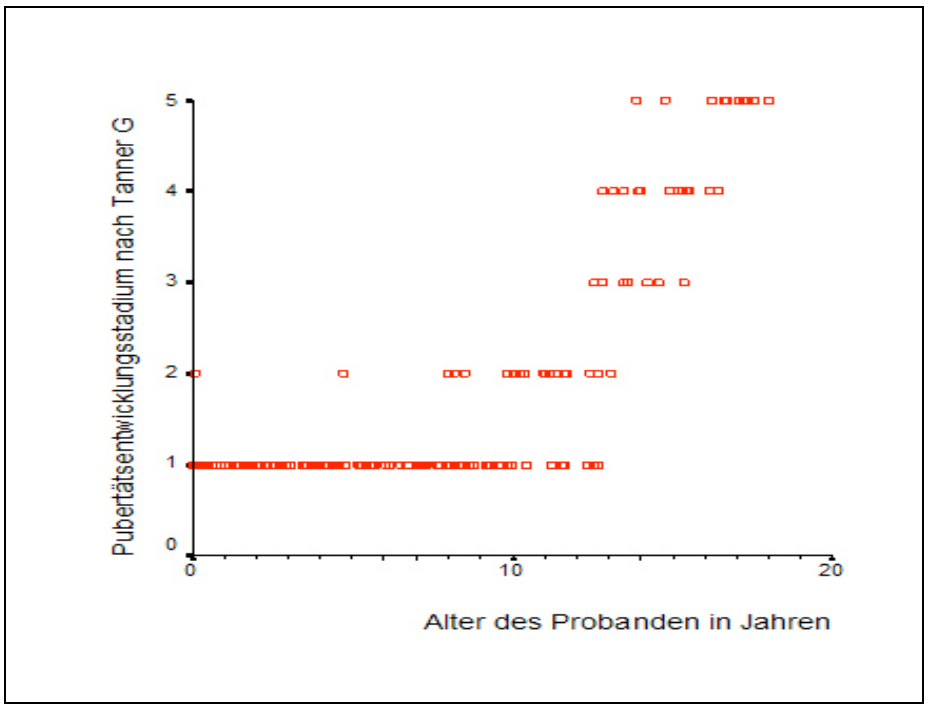

Abbildung 12 Streudiagramm: Pubertätsstadium nach Tanner (G) in Abhängigkeit vom Alter des Probanden

4.5 Hodenvolumina der Probanden in Abhängigkeit vom Tanner Stadium

Die Hodenvolumina der Probanden wurden in Abhängigkeit vom Tanner-Stadium G **(Tabelle 2)** sowie PH betrachtet **(Tabelle 3)**. Es wurden 173 Probanden in die Auswertung einbezogen. Die MW der Hodenvolumina stiegen mit zunehmendem Pubertätsstadium an. Die Spannweiten sowie SD nahmen bis zum Tanner-Stadium G4 und G5 sowie PH4 und PH5 zu.

Tabelle 2 Hodenvolumina der Probanden in Abhängigkeit vom Tanner-Stadien G

		Linkes Hodenvolumen			Rechtes Hodenvolumen		
	n	Range(*)	MW(*)	SD(*)	Range(*)	MW(*)	SD(*)
G1	121	0,2-2,3	0,67	0,32	0,2-2,5	0,67	0,35
G2	21	0,4-5,3	1,92	1,45	0,3-4,8	1,94	1,47
G3	8	4,1-8,8	6,71	1,46	4,4-8,8	6,78	1,52
G4	12	3,7-23,8	10,87	6,76	3,4-20,6	10,45	5,4
G5	11	7-22,6	14,91	4,96	6,3-22,2	14,51	4,58

(*) Maßangaben in ml

Tabelle 3 Hodenvolumina der Probanden in Abhängigkeit vom Tanner-Stadien PH

		Linkes Hodenvolumen			Rechtes Hodenvolumen		
	n	Range(*)	MW(*)	SD(*)	Range(*)	MW(*)	SD(*)
PH1	129	0,2-4,3	0,73	0,51	0,2-4,5	0,74	0,55
PH2	13	0,5-5,3	2,02	1,59	0,5-4,8	2,02	1,55
PH3	8	4,1-8,8	6,71	1,46	4,4-8,8	6,76	1,52
PH4	15	3,7-23,8	11,97	6,57	3,4-20,6	11,61	5,43
PH5	8	7-22,6	14,36	5,47	6,3-22,2	13,86	5,16
PH6	0	-	-	-	-	-	-

(*) Maßangaben in ml

4.6 Einteilung der Probanden in Größen- und Gewichtsperzentilenkurven

Von den Probanden der Stichprobe erfolgte die Einordnung in Größen- und Gewichtsperzentilen. 16 Probanden befanden sich unterhalb der 3. Perzentile bzw. oberhalb der 97. Perzentile der jeweiligen Gewichts- bzw. Größenperzentilenkurve. 4 der 16 Probanden wiesen eine Kombination aus Größe und Gewicht oberhalb der 97. Perzentile bzw. unterhalb der 3. Perzentile auf. Darunter hatten 6 Probanden eine Größe unterhalb der 3. Perzentile, sie bildeten damit 3,45 % der Stichprobe von 174 Probanden. 4 Probanden hatten eine Größe oberhalb der 97. Perzentile, sie bildeten 2,3 % der Stichprobe von 174 Probanden. 1 Proband wies ein Gewicht unterhalb der 3. Perzentile auf und somit 0,57 % des Patientenkollektivs von 174 Probanden. 9 Probanden zeigten ein Gewicht oberhalb der 97. Perzentile und somit 5,17 der Stichprobe. Im Anschluss erfolgte die Einordnung der Hodenvolumina dieser 16 Probanden in die Perzentilen der Referenzwerttabelle unserer Stichprobe **(Anhang 19)**. Aufgrund geringer Fallzahlen fehlte in den Altersgruppen 6 bis 7,5 Jahre sowie in den Gruppen von 13,5 bis 18 Jahre die 90. Perzentile des Hodenvolumens.
Von 6 Probanden mit einer Größe unter der 3. Perzentile wiesen 2 ein ein- bzw. beidseitiges Hodenvolumen unter der 10. Perzentile auf sowie keiner ein Hodenvolumen über der 90. Perzentile. Von den 4 Probanden mit einer Größe über der 90. Perzentile wies ein Proband ein beidseitiges Hodenvolumen über der 90. Perzentile auf sowie 1 Proband ein beidseitiges Hodenvolumen über der 75. Perzentile, kein Proband hatte ein Hodenvolumen unterhalb der 90. bzw. 75. Perzentile. 1 Proband mit einem Gewicht unter der 10. Perzentile wies ein einseitiges Hodenvolumen unterhalb der 10. Perzentile auf. Von 9 Probanden mit einem Gewicht oberhalb der 90. Perzentile wiesen 3 Probanden ein Hodenvolumen oberhalb der 90. Perzentile bzw. 2 Probanden

oberhalb der 75. Perzentile auf, kein Proband hatte ein Hodenvolumen unterhalb der 90. bzw. 75. Perzentile.

4.7 Fälle mit sonomorphologischen Auffälligkeiten

9 von 183 untersuchten Personen der Stichprobe wiesen sonomorphologische Auffälligkeiten auf, sodass sie aus der statistischen Auswertung des Referenzkollektivs ausgeschlossen wurden. Sie bildeten insgesamt 4,92 % der Stichprobe.

4.7.1 Fälle mit Mikrolithiasis

Von 9 Probanden mit sonomorphologischen Auffälligkeiten wiesen 6 eine Mikrolithiasis auf **(Abbildung 13)**.

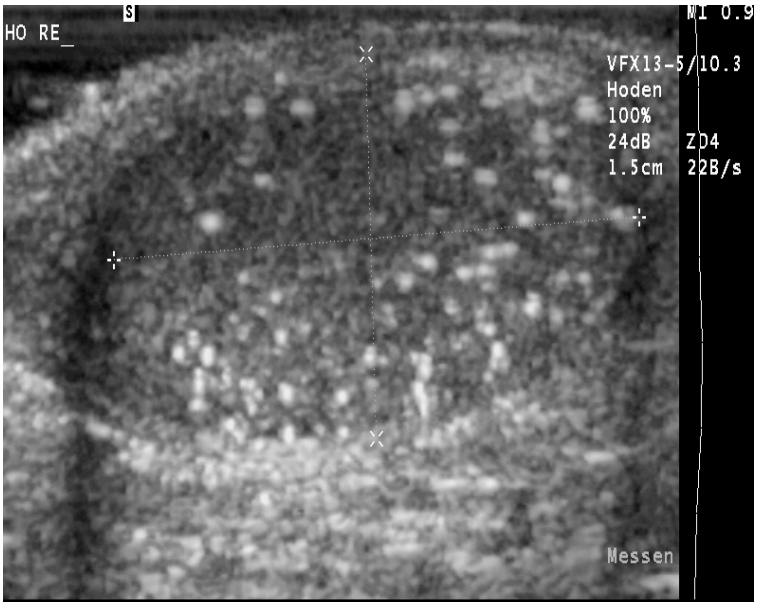

Abbildung 13 Befund der Mikrolithiasis im sonographischen Längsschnitt des Hodens

Sie bildeten damit 3,3 % der Stichprobe. Das Alter der betroffenen Probanden erstreckte sich von 7,48 bis 15,95 Jahre, mit einem Mittelwert von 11,72 Jahren. In allen 6 Fällen waren beide Hoden betroffen. Die Probanden mit Mikrolithiasis wurden bezüglich Alter, Größe, Gewicht, Pubertätsstadien sowie Hodenvolumina beschrieben **(Tabelle 4)**.

Tabelle 4 Alter, Größe, Gewicht, Reifestadien sowie Hodenvolumina der Probanden mit Mikrolithiasis

Proband	Alter in Jahren	Größe in cm (Perzentile)	Gewicht in kg (Perzentile)	Tanner-Stadium PH (SD) G (SD)	Linkes Hodenvolumen in ml (Perzentile)	Rechtes Hodenvolumen in ml (Perzentile)
2008039	11,08	158 (90.-97.)	35 (25.-50.)	1 (-) 2 (MW bis -1SD)	1,2 (25.-50.)	1,2 (25.-50.)
2009148	12,19	167 (97.)	68 (>97.)	4 (-1SD bis -2SD) 4 (-1SD bis -2SD)	6,5 (75.-90.)	6,1 (50.-75.)
2009108	8,52	130 (25.-50.)	31 (50.-75.)	1 (-) 1 (-)	1 (75.-90.)	0,9 (50.-75.)
2009170	7,48	119 (10.)	20,5 (3.)	1 (-) 1 (-)	0,4 (10.-25.)	0,4 (10.)
2009186	15,09	175 (50.-75.)	73 (75.-90.)	4 (MW bis +1SD) 4 (+1SD bis +2SD)	13,1 (50.-75.)	13,1 (50.-75.)
2009178	15,95	184 (75.-90.)	77 (75.-90.)	5 (MW bis +1SD) 5 (MW bis +1SD)	14,8 (>75.)	14,1 (50.-75.)

Alle Probanden lagen mit ihrer Größe innerhalb der 3. bis 97. Perzentile. Bis auf Proband 2009148 mit einem Gewicht über der 97. Perzentile befanden sich alle Probanden mit ihrem Gewicht innerhalb der 3. und 97. Perzentile. Die Probanden 2008039, 2009148 sowie 2009108 mit Mikrolithiasis befanden sich mit ihren Hodenvolumina innerhalb der 10. und 90. Perzentile, Proband 2009186 zwischen der 50. und 75. Perzentile seiner Altersgruppe. Proband 2009178 fiel mit dem linken Hodenvolumen über der 75. Perzentile auf. Kriterien einer Hodenatrophie wurden nicht erfüllt.

Die Einteilung der Probanden unserer Stichprobe erfolgte in die Unterformen Klassische sowie Limitierte Mikrolithiasis. 4 der 6 Probanden mit Mikrolithiasis wiesen eine CTM auf, womit die entsprechende Prävalenz der Stichprobe bei 2,2% lag. Die restlichen 2 Probanden zeigten eine LTM, die Prävalenz betrug 1,1%. Jüngster Proband mit CTM war 8,52 Jahre alt, mit LTM 7,48 Jahre.

4.7.2 Fälle mit anderen sonomorphologischen Auffälligkeiten

Neben den 6 Probanden mit Mikrolithiasis fielen zudem noch 3 weitere Probanden mit sonomorphologischen Auffälligkeiten auf

Proband 2009156 wies eine Hydrocele testis rechtsseitig, eine Nebenhodenzyste mit einem Durchmesser von 3 mm rechtsseitig **(Abbildung 14)** sowie eine Varicocele testis auf der linken Seite auf. Proband 2009174 zeigte eine Varikozele auf der linken Seite, Proband 2009124 vermutlich eine Spermatozele mit einem Durchmesser von 16,9 mm am rechten oberen Hodenpol **(Abbildung 15)**.

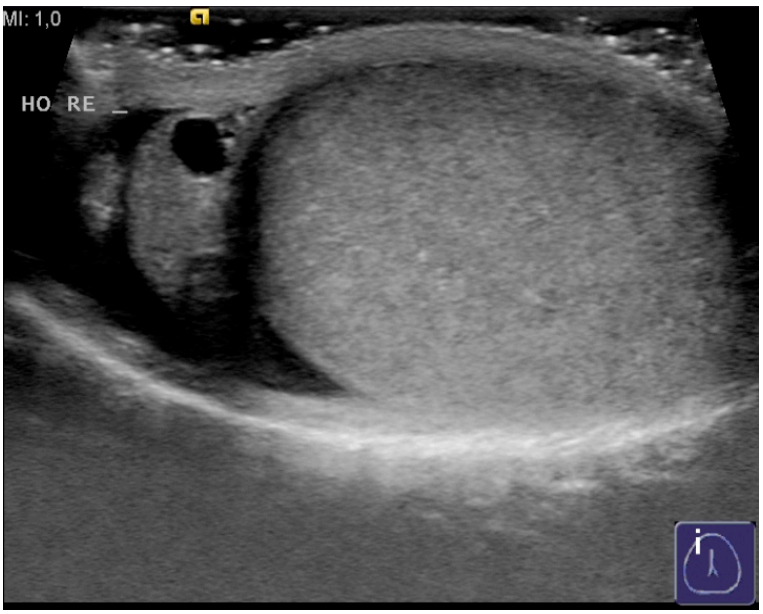

Abbildung 14 Befund der Nebenhodenzyste im sonographischen Längsschnitt des Hodens

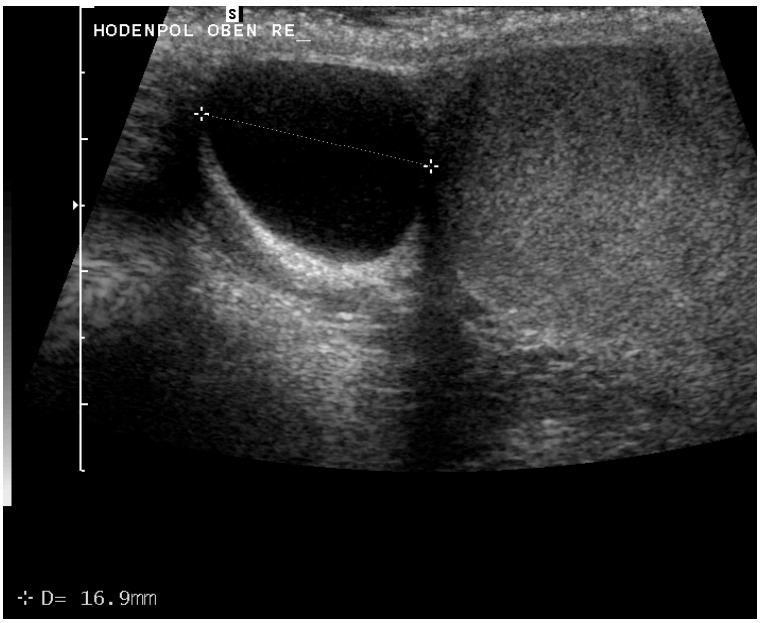

Abbildung 15 Befund der vermuteten Spermatozele sonographischen Längsschnitt

Proband 2009156 befand sich im Alter von 13,53 Jahren. Die Größe war mit 178 cm sowie das Gewicht mit 75 kg zwischen der 90. und 97. Perzentile. Die Einteilung in die Reifestadien nach Tanner ergab ein P4 zwischen MW und -1SD sowie ein G5 zwischen -1SD und -2SD. Er fiel mit einem Hodenvolumen von 9,5 und 9,7 ml und

damit jeweils über der 90. Perzentile seiner Altersgruppe auf. Proband 2009174 befand sich im Alter von 16,04 Jahren mit einer Größe von 180 cm zwischen der 50. und 75. Perzentile und einem Gewicht von 58,5 kg zwischen der 10. und 25. Perzentile. Die Einteilung in Pubertätsstadien ergab ein P4 sowie G4 oberhalb +2SD. Er erreichte in seiner Altersgruppe ein Volumen des rechten Hodens von 15,1 ml und lag damit über der 75. Perzentile, das Volumen des linken Hodens mit 10 ml lag zwischen der 50. und 75. Perzentile. Proband 2009124 war zum Untersuchungszeitpunkt 16,4 Jahre alt. Die Größe befand sich mit 176 cm zwischen der 25. und 50. Perzentile und das Gewicht mit 58,5 kg zwischen der 10. und 25. Perzentile. Die Einteilung in Pubertätsstadien ergab P5 sowie G5, welche sich jeweils zwischen +1SD und +2SD befinden. Die Hodenvolumina von 11,3 und 12,8 ml befanden sich jeweils zwischen der 50. und 75. Perzentile seiner Altersgruppe.
2 Probanden unseres Kollektivs wiesen eine Varikozele auf **(Abbildung 16)**.

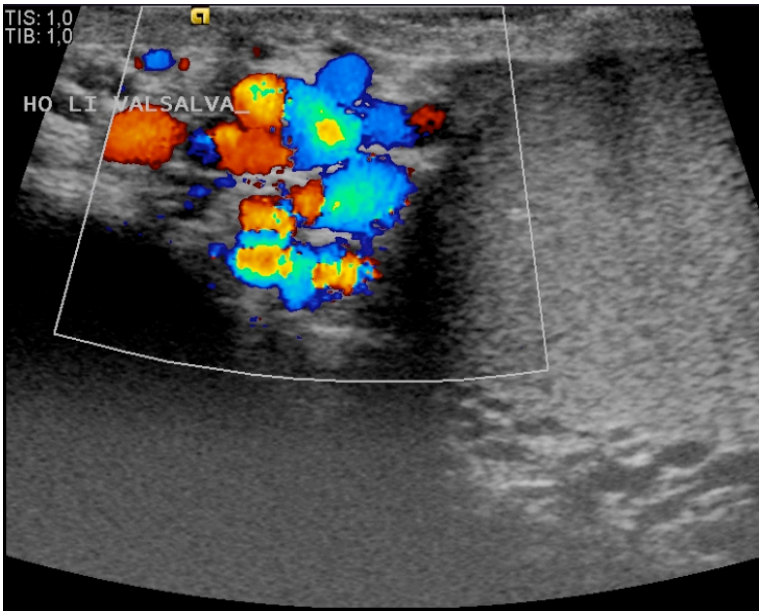

Abbildung 16 Perfusion der dilatierten Venen einer Varikozele unter Valsalva-Manöver

Die Prävalenz in unserer Studienpopulation lag damit bei 1,1%. Die beiden Jungen hatten ein Alter von 13,53 und 16,04 Jahren mit einem MW von 14,79 Jahren. Aufgeteilt in Altersgruppen traten damit im Alter von 0 bis 10 Jahren keine Varikozelen auf sowie im Alter von 11 bis 18 Jahre bei 2 von 51 Probanden und somit in 3,9% der Fälle. Dementsprechend bestand eine höhere Prävalenz im zweiten Lebensjahrzehnt. Bei beiden Probanden ist die Varikozele klinisch nicht beschrieben worden und

entsprach somit am ehesten dem subklinischen Grad 0. Proband 2009174 fiel mit einer Hodenvolumendifferenz von über 2ml auf und erfüllte damit ein Kriterium der Hodenatrophie, wohingegen Proband 2009156 keine Kriterien einer Hodenatrophie aufwies. Die Prävalenz der Nebenhodenzyste und die der vermuteten Spermatozele lag bei 0,55%.

Die detailierte Beschreibung der Probanden mit sonomorphologischen Auffälligkeiten bezüglich Alter, Größe, Gewicht Pubertätsstadien sowie Hodenvolumina wurden tabellarisch zusammengefasst **(Tabelle 5)**.

Tabelle 5 Alter, Größe, Gewicht, Reifestadien sowie Hodenvolumina der Probanden mit sonomorphologischen Auffälligkeiten

Proband	Alter in Jahren	Größe in cm (Perzentile)	Gewicht in kg (Perzentile)	Tanner-Stadium PH (SD) G (SD)	Linkes Hodenvolumen in ml (Perzentile)	Rechtes Hodenvolumen in ml (Perzentile)
2009156	13,53	178 (90.-97.)	75 (90.-97.)	4 (MW bis -1SD) 5 (-1SD bis -2SD)	9,5 (>90.)	9,7 (>90.)
2009174	16,04	180 (50.-75.)	61 (25.-50.)	4 (>+2SD) 4 (>+2SD)	10 (50.-75.)	15,1 (>75)
2009124	16,4	176 (25.-50.)	58,5 (10.-25.)	5 (+1SD bis +2SD) 5 (+1SD bis +2SD)	11,3 (50.-75.)	12,8 (50.-75.)

5. Diskussion

Die Probanden unserer Stichprobe umfassten Patienten der Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, der Klinik für Kinderkardiologie sowie der Klinik für Kinderchirurgie. Somit bestand eine Vorselektion der Probanden, wodurch Abweichungen des Referenzkollektivs zur Normalbevölkerung möglich sind. Repräsentativer ist eine direkte Stichprobe aus der Normalbevölkerung. Am nähesten kamen diesem Ideal Goede et al., welche sich mit der sonographischen Erstellung von Normwerten einer niederländischen Stichprobe beschäftigten (Goede et al., 2011). Die Probanden, deren Anschriften einem Register entnommen wurden, erhielten nach einer zufälligen Auswahl eine Einladung. Zudem wurden Briefe direkt an alle Schüler einer Sekundarschule geschickt. Da von 2500 eingeladenen Jungen 936 teilnahmen, besteht auch in dieser Studie ein möglicher Selektionsbias. Fraglich ist diesbezüglich auch, inwieweit persönliche Belange der Probanden wie der Datenschutz gewährleistet wurden. Kuijper et al. untersuchten 344 Kinder im Alter von bis 6 Jahren. Sie baten in 3 „Welfare centers“ die Eltern während eines Routine-Besuchs um Erlaubnis, deren Kinder sonographisch untersuchen zu dürfen (Kuijper et al., 2008). Auch hier könnte eine statistische Verzerrung entstehen, da möglicherweise eine Stichprobe bestehend aus Kindern dieser Einrichtungen die Allgemeinbevölkerung ungenügend repräsentieren. Osemlak untersuchte 309 Jungen im Alter von 1 Tag bis 17 Jahre. Die Probanden waren zum Untersuchungszeitpunkt Patienten der Universitätsklinik für Kinderchirurgie und Traumatologie in Lublin (Osemlak, 2011). Ähnlich der vorliegenden Studie bestand hier eine Vorselektion der Probanden. Liess stellte im Gegensatz dazu kein Studiendesign bzw. Rekrutierungsverfahren vor (Liess, 1990).

Die Popularität der Studie von Goede et al. konnte durch eine Werbemaßnahme über Fernsehen, Radio sowie Zeitung gesteigert werden (Goede et al., 2011). Werbemaßnahmen wurden bzgl. unserer Studie nur bei ärztlichem und nichtärztlichem Personal durchgeführt. Zudem wurden Eltern unmittelbar vor Ort vom Studienpersonal sowie vom ärztlichen Personal kontaktiert. Zwar ist an diesem Punkt zu bemerken, dass in der vorliegenden Studie keine weiterführenden Werbemaßnahmen über diverse Medien erfolgten bzw. die Schulen und Kindereinrichtungen erfolgten. Zu bedenken ist aber auch, dass diesbezüglich in den unterschiedlichen Staaten jeweilige Rahmenbedingungen vorherrschen wie Gesetzgebungen und ethische Anforderungen. Folglich sollte in Deutschland unbedingt vorab geklärt werden, ob und wie eine Patientenrekrutierung in dieser Form unter Einhaltung aller Bestimmungen möglich ist. Positiv hervorzuheben ist eine vorhergehende Prüfung der Studienvorhaben durch Ethikkommissionen (Kuijper et al., 2008; Goede et al., 2011). Diese Prüfung setzt

Standards zum Schutz des Inviduums durch und sollte nach unserer Meinung weltweit Anwendung finden.

Soll das Ergebnis einer Studie ein Referenz- bzw. ein Normkollektiv sein, so sind hohe Anforderungen an die Ein- und Ausschlusskriterien zu setzen. Entscheidend sind sowohl die explizite Auswahl der Kriterien als auch die Anwendung dieser. Liess führte weder Ein- noch Ausschlusskriterien an (Liess, 1990). Kuijper et al. beschrieben in diesem Zusammenhang, dass nur gesunde Kinder untersucht wurden. Die Ausschlusskriterien umfassten Genital- und Hodenabnormalitäten, endokrine Störungen, Zwillinge sowie Frühgeborene (Kuijper et al., 2008). Nach unserer Auffassung sind diese Kriterien allgemein gefasst und könnten dadurch möglicherweise unvollständig sein. Ausführlicher führten Goede et al. Ein- und Ausschlusskriterien an (Goede et al., 2011). Im Vergleich dazu beinhaltet unsere Studie ebenfalls umfangreiche Auswahlkriterien. Es besteht dennoch die Möglichkeit der Unvollständigkeit. Beispielhaft sei hier der mögliche Einfluss der ethnischen Herkunft auf die Entwicklung des Hodens genannt, welcher bereits in verschiedenen Untersuchungen in Betracht gezogen wurde (Diamond, 1986; Matsuo et al., 2000; Kuijper et al., 2008). In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss der ethnischen Herkunft nicht untersucht. Um das Problem der Auswahlkriterien zu beschränken und eine Vergleichbarkeit der Studien zu ermöglichen, wäre die zukünftige Erstellung eines evidenzbasierten tabellarischen Verzeichnisses der Einflussfaktoren auf das Hodenvolumen hilfreich.

Die initiale Untersuchung der Probanden erfolgte durch das ärztliche Personal der jeweiligen Stationen. Bedingt durch unterschiedliche Erfahrung sowie weitere individuelle Einflussfaktoren wie der jeweilige Zeitaufwand besteht die Gefahr eines systematischen Erfassungsfehlers zwischen den Untersuchern, auch Interobserver-Bias genannt. Aber auch durch unterschiedliche Untersuchungsmethoden bzw. durch einen fehlenden Untersuchungsstandard ist eine Erfassung aller für die Studie relevanten Erkrankungen und Einflussfaktoren auf das Hodenvolumen nicht garantierbar. Um die daraus entstehende statistische Verzerrung in zukünftigen Studien zu vermeiden, ist ein Leitfaden zur umfassenden Anamnese sowie körperlichen Untersuchung mit dieser speziellen Fragestellung angemessen. Um der Problematik der zeitlichen Auslastung des Klinikpersonals gerecht zu werden, ist die Anstellung von geschultem Studienpersonal empfehlenswert. Eine Schulung von Personal sowie Einführung von Untersuchungsstandards könnte das Risiko einer Interobserver- sowie Intraobserver-Bias senken. Goede et al. führten die Anwendung eines Fragebogens an Eltern und Kindern an. Eine vollständige physische Untersuchung wurde nicht routinemäßig an den Probanden durchgeführt, jedoch die

Kontrolle von Gewicht, Größe und infolge die Lage des Hodens sowie das Vorhandensein von Varikozelen. Alle physischen Untersuchungen erfolgten durch den selben Untersucher (Goede et al., 2011).

Im Rahmen von Hodenvolumenbestimmungen mittels Orchidometer wurde bereits ein Vergleich von verschiedenen Untersuchern angestellt (Carlsen et al., 2000; Karaman et al., 2005; Tatsunami et al., 2006). Die Ergebnisse divergierten von einer guten Korrelation (Karaman et al., 2005) bis zu signifikanten Unterschieden in den Hodenvolumenmessungen (Tatsunami et al., 2006). Goede et al. führten alle sonographischen Untersuchungen mittels eines Untersucher durch. Die Validität der Messungen wurde durch einen Vergleich der sonographischen Messungen an einem Teil der Probanden mit 2 Untersuchern bestätigt (Goede et al., 2011). Die Variation der Messungen eines Untersuchers wurde nicht untersucht, womit eine mögliche Fehlerquelle als systemische Werteverzerrung innerhalb eines Untersuchers entstanden sein kann. Im Vergleich dazu erfolgten die sonographischen Untersuchungen bei Kuijper et al. durch 2 Untersucher. Im Vorab wurde die Interobserver-Bias an einem Kollektiv von 43 Probanden unterschiedlicher Altersgruppen mit 15% Abweichung sowie eine Intraobserver-Bias mit 9% ermittelt (Kuijper et al., 2008). Die sonographischen Untersuchungen in unserer Studie wurden durch einen Untersucher durchgeführt. Dementsprechend zu kritisieren ist, dass weder intrainviduelle Messabweichungen untersucht wurden noch ein Vergleich mit anderen Untersuchern stattfand. Es ist somit ratsam, zukünftige Untersuchungen durch mehrere Untersucher durchzuführen und die Messungen eines Untersuchers sowie die Untersucher miteinander zu vergleichen, um verlässliche und vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. Behre et al. stellten zudem fest, dass die Übereinstimmung der Messung mit dem realen Hodenvolumen, gemessen mittels Wasserverdrängung, von der Erfahrung des Untersuchers abhängt (Behre et al., 1989). Somit könnte ein Training einer standardisierten Untersuchungsmethode die Ergebnisqualität steigern und multizentrische Studien zur Hodenvolumenbestimmung möglich machen.

Bezüglich der sonographischen Untersuchung des Hodens bei Jungen bestehen unterschiedliche Empfehlungen und Erfahrungen. Weit verbreitet ist die Untersuchung in Rückenlage mit gespreizten Beinen sowie das Unterlegen einer Stoffrolle unter das Skrotum zur Lagestabilisierung (Kuijper et al., 2008; Hsieh et al., 2009). Möglich ist aber auch eine Untersuchung mit geschlossenen Beinen und das Legen einer Stoffrolle zwischen die Oberschenkel (Dogra et al., 2003). Die Probanden unserer Stichprobe wurden dementsprechend untersucht. Oyen et al. schlagen zudem vor, den Penis nach oben halten zu lassen (Oyen, 2002). Um einen Vergleich der Studien zu ermöglichen, sollten ähnliche oder gleiche Studienbedingungen vorherrschen.

Hochfrequente sowie hochauflösende Schallköpfe eignen sich am ehesten zur Untersuchung der Hoden, da die Eindringtiefe der Schallwellen umgekehrt zur Frequenz korreliert. Goede et al. verwendeten für alle Untersuchungen das selbe Gerät sowie einen 12-Mhz-Schallkopf (Goede et al., 2011). Kuijper hingegegen benutzten einen 7,5-Mhz-Schallkopf (Kuijper et al., 2008), während Liess einen 5 Mhz-Schallkopf verwendete (Liess, 1990). In unserer Studie wurden je nach Verfügbarkeit unterschiedliche Geräte sowie Schallköpfe von 5 bis 14 Mhz verwendet. Problematisch ist, dass durch Anwendung unterschiedlicher Geräte und Schallköpfe in den Studien oder innerhalb einer Studie zum einen Messabweichungen entstehen können, zum anderen wird eine Vergleichbarkeit der Studien erschwert. Behre et al. beschrieben in diesem Zusammenhang, dass die Verwendung unterschiedlicher Geräte die Resultate nicht signifikant beeinflusste (Behre et al., 1989).

Üblich verwendete Formeln für die Berechnung des Hodenvolumens stellen die Ellipsoidformel V=π/6 x Länge x Breite x Höhe, die Rotationsellisoidformel nach Hansen V=π/6 x Länge x Breite² sowie die empirische Formel nach Lambert V=Länge x Breite x Höhe x 0,71 dar (Paltiel et al., 2002; Sakamoto et al., 2007; Hsieh et al., 2009; Lin et al., 2009). Zwischen der Breite sowie Höhe des Hodens wurde in den verschiedenen Alterskategorien im Kindesalter ein signifikanter Unterschied festgestellt (Kuijper et al., 2008). Diese Erkenntnis zugrundelegend, eignen sich die Ellipsoidformel sowie die Formel nach Lambert am ehesten für die Hodenvolumenbestimmung. Dennoch stellen diese Formeln nur Näherungen an das reale Volumen dar, da der Hoden nicht exakt den zugrundeliegenden geometrischen Figuren entspricht. In einer tierexperimentellen Studie an 18 Hunden wurde das Hodenvolumen mittels Sonographie, Orchidometrie und Gewichtsmessung verglichen sowie die Ellipsoidformel, Hansen`s Rotationsellipsoidformel und die empirische Volumenformel nach Lambert. Als überlegen stellte sich die Volumenformel nach Lambert heraus, welche die geringste Abweichung der sonographischen Volumenmessung vom realen Volumen im Bereich von 2 bis 18 ml aufwies (Paltiel et al., 2002). Sie wurde als akkurat, prezise und als optimale Wahl für die Hodenvolumenbestimmung beschrieben (Hsieh et al., 2009). Dementsprechende Ergebnisse zeigte eine vergleichende Untersuchung von Orchidometrie und Sonographie an 20 Patienten mit Prostatakarzinom vor bilateraler Orchiektomie. Auch hier stellte sich die empirische Formel nach Lambert den anderen Volumenformeln überlegen dar, überschätzte jedoch das reale Hodenvolumen um 7,42% (Sakamoto et al., 2007). Demgegenüber steht die Aussage, dass die Volumenformel nach Lambert das Hodenvolumen um 6% unterschätzt (Hsieh et al., 2009). Zu bedenken ist jedoch, dass sich die genannten Kollektive nicht auf die Volumenmessung kleinerer Hoden bezogen. Beachtung bekam

dieser Gesichtspunkt durch eine Untersuchung an 15 Patienten mit fortgeschrittenem Prostatakarzinom. In der Volumenformel nach Hansen wurde anstatt der Variablen 0,52 der Wert 0,59 verwendet und als optimal in der Beschreibung des Volumens kleinerer Hoden von unter 18 ml beschrieben (Lin et al., 2009). An 99 freipräparierten Leichenhoden wurde das Hodenvolumen sonographisch mittels der Formel Länge x Breite x Höhe x 0,65 sowie im Wasserbad mittels Archimedes-Prinzip bestimmt. Bei der Anwendung des Archimedes-Prinzips trat ein mittlerer Fehler von 7% auf, während beim Ultraschall durchschnittlich ein Fehler von 15% auftrat. Die Messgenauigkeit wurde mit zunehmendem Volumen zwischen 4 und 30 ml hinreichend genau. Die Abweichung verringerte sich auf unter 8%, die Messgenauigkeit entsprach dem zufälligen technischen Fehler. Bei Volumina unter 4ml trat ein technischen Fehler von 18% auf mit einer Abweichung von bis zu 50% (Dörnberger et al., 1986). Insofern bleibt fragwürdig, welche Formel im Kindes- und Jugendalter in Abhängigkeit vom Hodenvolumen am ehesten angewendet werden kann. In Studien zur Referenzwerterstellung des Hodenvolumens im Kindes- und Jugendalter wurden die Ellipsoidformel V= (4π/3 + 0,96) x ½Länge x ½Höhe x ½Breite (Liess, 1990) sowie die Ellipsoidformel V=π/6 x Länge x Breite x Höhe (Kuijper et al., 2008; Goede et al., 2011) verwendet. Die von uns verwendete Formel war dementsprechend V=π/6 x Länge x Breite x Höhe. Um eine Vergleichbarkeit von Studien zu gewährleisten, sollte die optimale Volumenformel in Abhängigkeit vom Alter und vom Volumen ermittelt und einheitlich angewendet werden.

In der Literatur sind die verschiedenen Verfahren zur Hodenvolumenbestimmung bezüglich ihrer Vor- und Nachteile sowie Anwendungsgebiete vielfach diskutiert worden. Sonographie sowie Orchidometrie nach Prader stellen dabei in den Kliniken die gängigsten Verfahren zur Ermittlung des Hodenvolumens dar. Es zeigte sich eine strenge Korrelation zwischen der Hodenvolumenmessung durch das Orchidometer und durch den Ultraschall (Diamond et al., 2000; Schiff et al., 2004; Sakamoto et al., 2007a). Im Vergleich der beiden Verfahren Sonographie und Orchidometrie korrelierten diese stark linear zueinander (Diamond et al., 2000). Die Orchidometrie stellte ein valides Instrument zur Ermittlung des Hodenwachstums dar, in der Hand eines erfahrenen Untersuchers wurde die Orchidometermessung als günstig, schnell und akkurat beschrieben (Schiff et al., 2004). Nachteile der orchidometrischen Messungen stellten sich in Studien im Vergleich mit anderen Messmethoden heraus. Die mittlere Messabweichung vom tatsächlichen Volumen war im Vergleich zur sonographischen Messung größer (Sakamoto et al., 2007a). Zudem überschätzte das Prader-Orchidometer morphologisch und funktionell das Hodenvolumen im Vergleich zur Ultraschallmessung (Tatsunami et al., 2006; Sakamoto et al., 2007b), besonders das

kleiner Hoden bzw. Hoden Heranwachsender (Sakamoto et al., 2007a). Als ursächlich galt, dass in Orchidometermessungen die den Hoden umgebenden anatomischen Strukturen wie Hodenhüllen, Nebenhoden oder Bindegewebe mit erfasst werden könnten (Taskinen et al., 1996). Durch die Erfahrung des Untersuchers konnte die Messgenauigkeit gesteigert werden (Prader, 1966). Zudem wurden Unterschiede im Hodenvolumen nicht sensitiv genug erkannt (Diamond et al., 2000). Dies kann begründet werden durch die Festlegung auf bestimmte Volumengrößen des Orchidometers. Das kleinste Modell umfasst ein Volumen von 1 ml, wodurch Messungen geringerer Volumina nur eingeschränkt möglich sind. Problematisch ist, dass diese Volumina vor allem bei Neugeborenen bis zur Pubertät vorkommen. Um die Untersucherabhängigkeit der Hodenvolumenmessung mittels Orchidometer zu erfassen, maßen 10 Untersucher jeweils an 2 aufeinanderfolgenden Tagen das Hodenvolumen von 12 Probanden. Es resultierte ein signifikanter Unterschied mit $p<0,05$ zwischen den Messungen der verschiedenen Untersucher an beiden Hoden, wobei die Erfahrung des Untersuchers nicht signifikant mit der Genauigkeit der Messung korrelierte. Zwischen den Messungen eines Untersuchers an den beiden Tagen wurde kein signifikanter Unterschied festgestellt (Tatsunami et al., 2006). Zudem wurden 50 jungen Probanden mit einem Durchschnittsalter von 6,4 Jahren und einer Spannweite von 1 bis 15 Jahren durch drei verschiedene Untersucher mittels Orchidometrie untersucht. Zwischen den Volumenmessungen der verschiedenen Untersucher bei präpubertären Hoden wurde ein Korrelationskoeffizient nach Pearson von $r=0,954$ bis 0,979 mit $p<0,01$ gezeigt (Karaman et al., 2005). Um Größenunterschiede zu messen, welche mittels Ultraschall entdeckt wurden, zeigte die Orchidometermessung eine geringe Sensitivität, wobei die Spezifität besser war (Diamond et al., 2000).

Ähnlich dem Prader-Orchidometer überschätzte das Takihara-Orchidometer das tatsächliche Hodenvolumen, besonders das kleiner Hoden (al Salim et al., 1995; Shiraishi et al., 2005). Das mittels Takihara-Orchidometer gemessene Hodenvolumen korrelierte signifikant zur sonographischen Messung (Shiraishi et al., 2005).

Die Sonographie stellt eine nichtinvasive schmerzlose Untersuchung zur Verfügung, welche ohne vorherige Sedierung oder Narkose durchführbar und frei von Strahlenbelastung ist. Die Messergebnisse wurden als reproduzierbar und genau beschrieben (Behre et al., 1989; Lin et al., 2009). Die Variabilität der Messungen wurde als geringer im Vergleich zur orchidometrischen Messung angegeben (Paltiel et al., 2002). Zudem korrelierte das Hodenvolumen gemessen durch die Ultraschalluntersuchung am stärksten mit dem realen Volumen, die Messgenauigkeit der Ultraschalluntersuchung überragte die anderer Verfahren. Diese Erkenntnis wurde

an Patienten gewonnen, bei welchen vor einer beidseitigen Orchiektomie Ultraschall- sowie Orchidometermessungen vorgenommen und in Folge das Volumen des Hodens durch Wasserverdrängung festgestellt wurde (Sakamoto et al., 2007a). Der Korrelationskoeffizient der Ultraschallmessung zum realen Volumen gemessen durch Wasserverdrängung betrug r=0,992 (Behre et al., 1989). Desweiteren lies sich die Genauigkeit der Ultraschallmessung durch Schulung und Erfahrenheit des Untersuchers steigern (Behre et al., 1989). Zudem besteht die Möglichkeit, die Durchblutung des Hodens mittels Doppler-Sonographie zu ermitteln. Diese Untersuchung ermöglicht unter anderem auch eine erweiterte Einteilung der Varikozele (Pfeiffer et al., 2006). In der vorliegenden Studie wurde keine dopplersonographische Untersuchung durchgeführt. Als nachteilig gestalteten sich die hohen Anschaffungs- und Betriebskosten der Sonographiegeräte (Chipkevitch et al., 1996). Zusammenfassend finden sowohl Prader-Orchidometer als auch Sonographie ihre Einsatzbereiche im derzeitigen klinischen Alltag und sind eher ergänzend als konkurrierend einzuschätzen. Die Entwicklungsmöglichkeiten im Bereich der Sonographie sind vielversprechend, sodass diese möglicherweise zunehmend in den Einsatzbereich der Orchidometrie als schnell verfügbares Mittel zur Hodenvolumenbestimmung tritt. Um valide Aussagen bezüglich des Hodenvolumens mittels Sonographie treffen zu können, werden zukünftig Normwerte für das Hodenvolumen im Kindesalter gebraucht. Die Erstellung dieser Normwerte sollte daher im Zentrum der Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Sonographie stehen.

Durch eine Fallzahlkalkulation wurde für das Forschungsvorhaben eine nötige Fallzahl von 300 bis 500 Probanden angegeben. In der vorliegenden Arbeit konnten 183 Probanden rekrutiert werden, wovon nur 174 Probanden in die statistische Erstellung der Referenzwerttabelle einbezogen werden konnten. Vergleichbare Studien rekrutierten 344 Probanden im Alter von 0 bis 6 Jahren (Kuijper et al., 2008), 665 im Alter von 0 bis 15 Jahre (Liess, 1990) sowie 932 Probanden im Alter von 0,5 bis 19 Jahre (Goede et al., 2011). Mögliche Ursachen für die unterschiedlichen Fallzahlen könnten unterschiedliche Zeit-, Personal- und Materialaufwendungen gewesen sein. Durch die geringe Fallzahl sind sowohl die verwendeten statistischen Mittel als auch die Aussagekraft der vorliegenden Studie eingeschränkt. Infolgedessen konnten die Perzentilen der jeweiligen Bereiche nur unvollständig dargestellt werden. Über derartige Erfahrungen wurde auch in einer ähnlichen Arbeit berichtet (Goede et al., 2011).

Zudem waren die Probanden der vorliegenden Arbeit in den verschiedenen Altersgruppen ungleich verteilt. Die Ungleichverteilung könnte begründet sein durch eine unterschiedliche Bereitschaft zur Teilnahme in den verschiedenen Altersgruppen,

wobei diese von psychologischen Faktoren wie dem Schamgefühl des einzelnen Probanden oder der Eltern abhängen kann. Möglicherweise spielte auch die Belegung der einzelnen Stationen, d.h. die Zusammensetzung des Patientengutes oder die Verfügbarkeit der jeweiligen Probanden eine Rolle. Durch die vorliegende Ungleichverteilung konnten statistische Verfahren mit der Bedingung der annähernden Normalverteilung nicht eingesetzt werden. Dazu gehörte der Korrelationskoeffizient nach Pearson, welcher einen quantitativen linearen Zusammenhang zwischen unabhängigen Beobachtungspaaren unter der Bedingung der annähernden Normalverteilung beschreibt. Da die Bedingung der Normalverteilung nicht erfüllt werden konnte, wurde der weniger strenge Korrelationskoeffizient nach Spearman-Rho verwendet. Dieser beschreibt einen monotonen Zusammenhang, wenn erhebliche Zweifel an einer annähernden Normalverteilung oder Linearität bestehen und fand somit Verwendung bei der Beurteilung der Abhängigkeit von Alter, Größe und Gewicht zu den Hodenmaßen sowie bei der Korrelation der Hodenmaße zueinander. Die Regressionsanalyse dient der Feststellung von Beziehungen zwischen abhängigen und unabhängigen Variablen. Um bei Linearität in einem Bereich Tendenzen zu zeigen, könnte eine lineare Regressionsgerade hergeleitet werden. Da die Bedingung der Normalverteilung nicht vorlag, wurde auf die lineare Regressionsanalyse sowie auf das Berechnen der Regressionsgerade verzichtet. Die nichtlineare Regression im Bereich der pubertären Wachstumsphase wurde ebenso nicht durchgeführt, weil neben der Ungleichverteilung der Probanden eine geringe Fallzahl und eine große Streubreite in diesem Bereich vorlagen und zu einer Verzerrung der Kurve führen würde. Zum Vergleich beider Hodenvolumina sowie zum Vergleich der Breite und Höhe des jeweiligen Hodens wurde der gepaarte t-Test verwendet (Kuijper et al., 2008). Da der t-Test als parametrischer Lagetest eine normalverteilte Grundgesamtheit voraussetzt, wurde dieser in der vorliegenden Arbeit nicht eingesetzt. Die Ursachen der Ungleichverteilung und der geringen Fallzahl sind vermutlich vielfältiger Art und wurden im Rahmen der vorliegenden Studie nicht näher untersucht.

Während der MW wesentlich von Ausreißern bestimmt wird, ist der Median von diesen weitestgehend unbeeinflusst. In der vorliegenden Arbeit wurden beide Werte verwendet. Gerade im höheren Alters-, Größen- und Gewichtsbereich zeigte sich eine Abweichung von Median und Mittelwert des Hodenvolumens, was eine asymmetrische Verteilung der Ergebnisse anzeigte. Diese könnte zum einen durch einen großen Streubereich sowie durch Ausreißer im pubertären Wachstumsprozess begründet sein sowie verstärkt durch eine begrenzte Fallzahl im höheren Altersbereich. Auch Messfehler auf Seiten des Untersuchers sowie der verwendeten Technik kommen als Ursache in Betracht. Auffällig war, dass sich eine asymmetrische Verteilung beim

jeweiligen Hodenvolumen ab dem 9. Lebensjahr, bei dem Einzelwert Hodenlänge jedoch erst ab dem 13,5. Lebensjahr zeigte bzw. bei den Einzelwerten Hodenhöhe und -breite fast gar nicht vorlag. Diese Feststellung könnte zeigen, dass die Einzelwerte der Hodenvolumenmessung stabiler sind, während sich das Volumen als Produkt dieser Einzelwerte infolgedessen mit großem Streubereich präsentiert. Um den Streubereich genauer zu bestimmen und Einflussgrößen bei diesem biologischen Wachstumsprozessen gesondert untersuchen zu können, ist jedoch eine größere Fallzahl vonnöten.

Bisher existieren nur Querschnittsstudien zur Erstellung von Referenzwerten des Hodenvolumens in Abhängigkeit vom Alter. Bei biologischen Wachtumsprozessen könnte eine Längsschnittstudie im Vergleich zur Querschnittsstudie Informationen über den individuellen Wachstumsverlauf des Hodens geben, beispielsweise wie und in welcher Geschwindigkeit sich das Hodenvolumen während der Pubertät verändert, und bei ausreichender Fallzahl den nichtlinearen Bereich des Hodenwachstums während der Pubertät genauer definieren.

Als erstes Pubertätszeichen beim Jungen wird eine Zunahme des Hodenvolumens über 3 ml gewertet (Largo, 2007). Dieses wurde im Mittel mit 11,8 Jahren mit einer SD von 0,9 Jahren erreicht, beendet war das Hodenwachstum im Mittel mit 15,3 Jahren und einer SD von 1,2 Jahren (Largo and Prader, 1983). Der Streubereich des Hodenwachstumsbeginns lag bei 9,5 bis 15,5 Jahre, beendet war das Hodenwachstum im Streubereich von 12,5 bis 18,5 Jahre (Largo and Prader, 1983). Im Vergleich dazu wurde in der vorliegenden Arbeit ein Hodenvolumen von über 3 ml erstmals mit 10,39 Jahren erreicht. Mit 13 Jahren hatten alle Jungen ein Hodenvolumen über 3 ml.

In der Literatur sind sonographisch ermittelte Referenzwerte für das Hodenvolumen im Kindes- und Jugendalter selten. Diese unterschieden sich zum Teil maßgeblich bzgl. Methodik und Zielstellung, sodass ein Vergleich erschwert wurde. Im Gegensatz dazu existieren bereits zahlreiche mittels Orchidometer nach Prader erstellte Referenzwerte. In unserer Stichprobe wurden Alter, Größe sowie Gewicht zum Hodenvolumen korreliert und anschließend Referenzwertkurven sowie erstmals Referenztabellen der Korrelationen Größe und Gewicht zum Hodenvolumen erstellt. Bei 0- bis 6-jährigen Jungen wurde bereits die Abhängigkeit des Hodenvolumens vom Alter betrachtet (Kuijper et al., 2008). Nach Unterteilung der Probanden in Altersgruppen erfolgte die Ermittlung der mittleren Hodenvolumina der einzelnen Gruppen. Demnach stieg das mittlere Hodenvolumen in den ersten 5 Lebensmonaten von 0,27 ml auf 0,44 ml, und fiel dann auf 0,31 ml im 9. Monat. Infolgedessen blieb das mittlere Hodenvolumen konstant. Da in der vorliegenden Arbeit eine Einteilung in Gruppen mit einem jeweiligen Altersbereich von 1,5 Jahren erfolgte sowie in einer anderen Arbeit Gruppen mit einem

jeweiligen Altersbereich von 1 Jahr erstellt wurden (Goede et al., 2011), konnte der Verlauf des Hodenvolumens entsprechend Kuijper et al. im ersten Lebensjahr nicht nachvollzogen werden. In der vorliegenden Arbeit beobachteten wir eine geringfügige mittlere Volumenzunahme des Hodens bis zum 10. Lebensjahr, wohingegen infolge eine deutliche mittlere Volumenzunahme stattfand. Dieses Ergebnis stimmte überein mit dem anderer Kollektive (Chin et al., 1998; Tomova et al., 2010; Goede et al., 2011).
Die größte Spannweite des linken Hodenvolumens in Abhängigkeit vom Alter wurde in der Altersgruppe von 13,5 bis 15 Jahre erreicht sowie die geringste im Alter von 0 bis 3 sowie 6 bis 7,5 Jahre, die größte Spannweite des rechten Hodenvolumens in der Altersgruppe von 16,5 bis 18 Jahre sowie die geringste im Alter von 0 bis 1,5 Jahre. Goede et al. führten im Vergleich dazu in ihrer Stichprobe die größte Spannweite im Alter von 14 Jahren und die geringste im Alter von 2 Jahren an (Goede et al., 2011).
Liess korrelierte Alter, Körpergröße und Körpergewicht zum Hodenvolumen sowie zum Längsdurchmesser und erstellte mittels linearer Regression ein Normogramm des Hodenwachstums. Das Alter korrelierte mit einem durchschnittlichen Korrelationskoeffizienten von 0,97 im Gegensatz zur Körpergröße und zum Körpergewicht am ehesten mit dem Hodenvolumen (Liess, 1990). Als nachteilig zu bewerten ist, dass die Ergebnisse der anderen Korrelationen sowie Referenzwerttabellen nicht veröffentlicht wurden, sodass diesbezüglich kein Vergleich zur vorliegenden Arbeit angestellt werden kann. Zudem ist nicht erkennbar, welche Korrelationskoeffizienten verwendet wurden.
Ebenso erstmals in der Literatur wurden Referenztabellen der Korrelationen der drei Hodenmaße zum Alter und die Korrelationskoeffizienten der Hodenmaße zueinander erstellt. Zielstellung war, die Größen einzeln zu betrachten und als Bestandteile der Volumenformel zu verstehen.
In der Literatur sind sonographisch erstellte Vergleiche der beiden Hodenvolumina zueinander nur geringfügig vorhanden. In der vorliegenden Studie konnte ein positiv linearer Zusammenhang zwischen dem linken sowie rechten Hodenvolumen festgestellt werden. Der Korrelationskoeffizient nach Spearman-Rho betrug 0,969 und war auf dem Niveau 0,01 einseitig signifikant. Dementsprechend zeigten Kuijper et al. im Alter von 0 bis 6 Jahren keinen signifikanten Unterschied zwischen dem linken sowie rechten Hoden (Kuijper et al., 2008). Osemlak konnte im Alter von 1 Tag bis 17 Jahre keinen signifikanten Unterschied zwischen dem linken und rechten Hodenvolumen feststellen. Außer in der vorliegenden Arbeit wurden sonographisch keine Korrelationen zwischen den linken und rechten Hodenvolumina von Geburt an bis zum 18. Lebensjahr erstellt.
Im Vergleich der in der vorliegenden Studie erhobenen Daten mit den Literaturangaben

(Largo and Prader, 1983) wurde ein PH2 im Mittel mit 10,74 Jahren früher erreicht, jedoch mit einer größeren SD von 1,99 Jahren. Unter Ausschluss des Probanden 2008076 als Ausreißer kamen der MW von 11,35 Jahren sowie SD von 0,91 Jahren dem MW von 13,44 Jahren sowie der SD von 0,91 Jahren nahe, lagen aber dennoch darunter. Während die Literaturangaben bzgl. PH3 und PH4 den erhobenen Daten nahekamen, lag PH5 mit einem Mittelwert von 17,22 Jahren über der Literaturangabe von 15,18 Jahren sowie mit einer SD von 0,45 Jahren unter der angegebenen SD von 1,07 Jahren. G2 wurde vergleichend mit Literaturangaben (Largo and Prader, 1983) im vorliegenden Kollektiv im Mittel mit 10,08 Jahren früher erreicht, mit einer größeren SD von 3,02 Jahren. Nach Ausschluss der Ausreißer Proband 2008001 sowie Proband 2008076 näherten sich der MW von 10,89 Jahren und die SD von 1,49 Jahren den Literaturangaben mit einem MW von 11,64 Jahren und einer SD von 1,07 Jahren. Während MW sowie SD von G3 sowie 4 der vorliegenden Arbeit den Literaturangaben nahekamen, wich in der Gruppe G5 der MW von 16,59 Jahren im Vergleich zu den Literaturangaben nach oben ab.

Entsprechend den Literaturangaben (Largo and Prader, 1983) gab es im Alter von 13 bis 14 Jahre Jungen aller Entwicklungsstadien.

In der Literatur wurde die Abhängigkeit des Hodenvolumens vom Pubertätsstadium dargestellt. Die gezeigten Hodenvolumina lagen im Stadium 1 unter 4 ml, 2 zwischen 4 und 8 ml, 3 zwischen 8 und 10 ml, 4 zwischen 10 und 20 ml sowie Stadium 5 zwischen 20 und 25 ml (Hiort et al., 2003). Geht man davon aus, dass es sich bei den oben angegebenen Pubertätsstadien um die Genitalstadien nach Tanner handelt, so wiesen die in der vorliegenden Arbeit ermittelten Hodenvolumina in Abhängigkeit vom Pubertätsstadium Abweichungen von den zuvor dargestellten Werten auf. Die von uns ermittelten Werte lagen vorrangig unter denen nach Honour und Savage.

Die größten Spannweiten sowie SD lagen bei den Tanner-Stadien G4 und G5 sowie PH4 und PH5 vor. Dadurch entstand die Annahme, dass in der vorliegenden Arbeit in diesem Pubertätsbereich der größte Wachstumsschub stattfand. Ergebnisse anderer Studien (Marshall and Tanner, 1970) liegen demgegenüber durch näherungsweise gleiche SD in den unterschiedlichen Pubertätsstadien nahe, dass es sich um Messabweichungen handeln könnte. Dabei sind eine Vielzahl von Einflussfaktoren sind als Ursache für Messabweichungen der verglichenen Kollektive denkbar. Zu den Faktoren gehören Fehler während der Befunderhebung wie Mess- und Dokumentationsfehler wie Fehlbestimmungen des Pubertätsstadiums durch den Untersucher, eine Vorselektion während des Rekrutierungsverfahrens sowie der bereits erwähnte mögliche Einfluss der ethnischen und geographischen Herkunft. Zudem wurde in der Literatur bereits Kritik an der Uneindeutigkeit der Pubertätsstadien

geäußert (Mul et al., 2001), sodass eine mögliche Interpretationsbreite der Genitalstadien durch den Untersucher gegeben ist. Mul et al. empfahlen, die Zunahme des Hodenvolumens über 3 ml als einziges Kriterium für das Genitalstadium G2 zu wählen, um Verwirrungen zu vermeiden (Mul et al., 2001). Zudem können Ausreißer gerade bei einer geringen Fallzahl zur Werteverzerrung führen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es sich bei diesem Vergleich um Stichproben einer Grundgesamtheit handelt, sodass die Ergebnisse kritisch zu betrachten sind.

16 Probanden befanden sich unterhalb der 3. Perzentile bzw. oberhalb der 97. Perzentile der jeweiligen Gewichts- bzw. Größenperzentilenkurve. 4 Probanden wiesen eine Kombination aus Größe und Gewicht oberhalb der 97. Perzentile bzw. unterhalb der 3. Perzentile auf. Aus den ermittelten Daten entstand die Annahme, dass Probanden mit sehr kleiner Körpergröße oder -gewicht eher kleine Hoden haben, während Probanden mit großer Körpergröße oder -gewicht eher große Hoden aufweisen. In der Literatur wurde diesbezüglich auf eine Korrelation von Körpergewicht und -größe zum Hodenvolumen verwiesen (Liess, 1990). In diesem Zusammenhang wurde auch eine Abhängigkeit des Hodenvolumens vom Ernährungszustand und von chronisch terminalen Erkrankungen gezeigt (Handelsman et al, 1985). Das Hodengewicht nahm bei „zehrenden Krankheiten“ um 28-49% ab, untersucht an Autopsien von Erwachsenen (Roessle und Roulet, 1932). Probanden mit einer Körpergröße bzw. -gewicht oberhalb der 97. Perzentile bzw. unterhalb der 3. Perzentile wurden dennoch nicht vom Referenzkollektiv ausgeschlossen, da sie zwar bzgl. Gewicht und Größe klinisch abklärungsbedürftig sind, aber primär keine diagnostizierten Pathologien darstellten.

Aufgrund geringer Fallzahlen fehlte in den Altersgruppen 6 bis 7,5 Jahre sowie in den Gruppen von 13,5 bis 18 Jahre die 90. Perzentile des Hodenvolumens. Um die Perzentilen genauer und vollständig festlegen zu können, bedarf es einer größeren Fallzahl, v.a. in den höheren Altersgruppen.

Wie eingangs zusammenfassend dargestellt, wird die Mikrolithiasis in Folge zahlreicher Erkrankungen und in den meisten Fällen zufällig festgestellt. So wiesen 6 Probanden unseres Kollektivs eine Mikrolithiasis auf, welche zum Untersuchungszeitpunkt laut körperlicher Untersuchung und ausführlicher Anamnese keine der in der Literatur genannten Erkrankungen oder stattgehabten Therapien aufwiesen.

Bisher existieren in der Literatur nur wenige Daten bezüglich des Auftretens von Mikrolithiasis bei asymptomatischen Kindern und Jugendlichen. Im Kollektiv von 670 asymptomatischen Kindern und Jugendlichen zur Ermittlung der Prävalenz der Mikrolithiasis im Alter von 0 bis 19 Jahren wurde eine Prävalenz der Klassischen Mikrolithiasis von 2,4% und der Limitierten Mikrolithiasis von 1,8% festgestellt.

Zusammengefasst ergab dies eine Prävalenz von 4,2%. Der jüngste Proband mit klassischer Mikrolithiasis war 5 Jahre, mit Limitierter Mikrolithiasis 4 Jahre alt (Goede et al., 2009). Die von uns ermittelte Prävalenz der Klassischen Mikrolithiasis lag im Vergleich dazu bei der Klassischen Mikrolithiasis bei 2,2% sowie der Limitierten Mikrolithiasis bei 1,1% und insgesamt im asymptomatischen Kollektiv mit 3,3% und somit unter den Ergebnissen von Goede et al.. Der jüngste Proband mit Klassischer Mikrolithiasis war 8,52 Jahre sowie mit LTM 7,48 Jahre alt und somit beide im Vergleich älter. Möglicherweise hat die Ausprägung der Mikrolithiasis im Kindes- und Jugendalter einen Einfluss darauf, mit welcher Wahrscheinlichkeit gleichzeitig ein Hodentumor auftritt. Dementsprechend wiesen im Kollektiv von 1079 Patienten im Alter von 15 bis 92 Jahren 8 % der Personen mit Klassischer Mikrolithiasis im Vergleich zu 5,8% der Personen mit Limitierter Mikrolithiasis einen Tumor auf (Middleton et al., 2002). Es sollte jedoch an dieser Stelle bedacht werden, dass dieses Kollektiv zum einen symptomatische Patienten aufzeigte, sowie zum anderen die Altersspanne erst im Jugendalter einsetzte. In unserem Kollektiv wies kein Proband einen Hodentumor auf.

Goede et al. führten zur Untersuchung der Altersabhängigkeit von der Mikrolithiasis eine Einteilung in drei Altersgruppen im Abstand von 5 Jahren durch. In Gruppe 1 im Alter von 0 bis 5 Jahre befanden sich 214 Probanden, Gruppe 2 im Alter von 6 bis 11 Jahren umfasste 280 Probanden sowie Gruppe 3 im Alter von 12 Jahren bis 19 Jahren 176 Probanden. Das Durchschnittalter der Probanden mit Mikrolithiasis lag bei 10,6 Jahren mit einer Spannweite von 4,6 bis 17,6 Jahren. Es wurde ein signifikanter Unterschied der Gruppen bzgl. der Prävalenz der Mikrolithiasis mit $p=0,032$ festgestellt, welche mit zunehmendem Alter häufiger auftrat (Goede et al., 2009). Das Durchschnittsalter der Probanden mit Mikrolithiasis lag in unserem Kollektiv mit 11,72 Jahren darüber, aber entsprechend den Untersuchungen nach Goede et al. im höheren Altersbereich. Die ermittelte Spannweite erstreckte sich von 7,48 bis 15,95 Jahre und war somit kleiner. In unserem Kollektiv befanden sich im Alter von 0 bis 6 Jahren 84 Probanden, im Alter von 6 bis 12 Jahren 51 Probanden sowie im Alter von 12 Jahren und darüber 39 Probanden. Es sollte hier angemerkt werden, dass die Ergebnisse in ihrer Aussagekraft eingeschränkt sind. Somit könnte eine Abweichung der Ergebnisse der beiden Kollektive voneinander möglicherweise durch eine Ungleichverteilung der Probanden in den Altersgruppen verursacht worden sein. Zum anderen liegt den beiden vergleichbaren Studienpopulationen ein unterschiedliches Rekrutierungsverfahren zugrunde. Als Einschränkung unserer Stichprobe ist anzusehen, dass die Probanden aus einem Patientenkollektiv des Universitätsklinikum Halle an der Saale (Deutschland) rekrutiert wurden, wohingegen die Stichprobe nach

Goede et al. von der Allgemeinpopulation Alkmaar (Niederlande) herangezogen wurde. Die Rekrutierung der Probanden unterliegt daher einer möglichen Selektionsbias.

Bei allen Probanden unserer Stichprobe mit Mikrolithiasis waren beide Hoden betroffen. Dieses Ergebnis stimmt überein mit den Untersuchungen von Kocaoğ lu et al., welcher bei 9 Probanden mit Mikrolithiasis im Alter von 3 bis 16 Jahren nur beidseitige Befälle feststellte (Kocaoğlu et al., 2005). Es besteht jedoch auch die Möglichkeit eines einseitigen Befalles, wie weitere Studien beschrieben (Dell'Acqua et al., 1999; Drut and Drut, 2002; Leenen and Riebel, 2002).

Die ethnische Herkunft hat möglicherweise einen Einfluss auf die Prävalenz der Mikrollithiasis (Peterson et al., 2001). Goede et al. trafen eine Unterscheidung in die ethnische Herkunft, konnten aber keine signifikant unterschiedlichen Prävalenzen der Mikrolithiasis in Abhängigkeit von der ethnischen Herkunft feststellen (Goede et al., 2009). In der vorliegenden Studie wurde keine Unterscheidung der Probanden bzgl. ihrer ethnischen Herkunft getroffen.

Mikrolithiasis wurde als Ausdruck eines degenerativen Prozesses angenommen (Hammersen, 2006). Dementsprechend besteht die Möglichkeit, dass die Mikrolithiasis ein vermindertes Hodenvolumen bewirkt. Vier der Probanden mit Mikrolithiasis lagen mit ihrem Hodenvolumen im ermittelten Referenzbereich ihrer Altersgruppe, ein Proband darüber. Leider können Aussagen bezüglich des Einflusses von Mikrolithiasis auf das Hodenvolumen in einer Querschnittsstudie nur begrenzt getroffen werden. Am ehesten geeignet sind Längsschnittstudien mit Nachuntersuchungen, wodurch das Hodenvolumen auch im Verlauf dargestellt werden kann.

2 Probanden unseres Kollektivs im Alter von 13,53 und 16,04 Jahren wiesen eine Varikozele auf, somit lag die diesbezügliche Prävalenz unserer Studienpopulation bei 1,1%. Im Alter von 0 bis 10 Jahren traten keine Varikozelen auf, im zweiten Lebensjahrzehnt im Alter von 11 bis 18 Jahre bestand im Kollektiv von 50 Probanden eine Prävalenz von 4 %. Dieses Ergebnis entsprach somit der häufig vertretenen Meinung, dass die Prävalenz der Varikozele im zweiten Lebensjahrzehnt größer ist als davor und mit zunehmenden Lebensalter ansteigt, die Prävalenz im Alter von 11 bis 18 Jahre liegt jedoch unter den vergleichbaren Literaturangaben. Dementsprechend wurden im Kollektiv von 0- bis 6-jährigen Jungen keine Varikozelen festgestellt (Kuijper et al., 2008). Bei 4052 2- bis 19- jährigen Probanden zeigte sich eine Prävalenz von 7,2 %, welche im Alter von 2 bis 10 Jahren 0,92 % und im Alter von 11 bis 19 Jahren 11% betrug. Es wurde kein signifikanter Unterschied der Prävalenz in den Gruppen 2 bis 6 und 7 bis 10 Jahre festgestellt, dafür aber in den Gruppen 11 bis 14 und 15 bis 19 Jahre mit $p<0,001$. Im Alter von 13 Jahren gab es einen signifikanten Anstieg der Prävalenz mit $p<0,005$ (Akbay et al., 2000). Auch in einer Stichprobe von 2756 8- bis

11-jährigen Jungen kam die Varikozele mit einer Prävalenz von 18,2%, bei 2008 12- bis 16-Jährigen mit 42% vor (Pfeiffer et al., 2006). Im Kollektiv von 2470 10- bis 20-Jährigen wurde eine vergleichbar hohe Prävalenz von 35% gezeigt (Niedzielski et al., 1997). Bei 932 asymptomatischen männlichen Probanden im Alter von 0,6 bis 19 Jahre trat in 3% der Probanden eine Varikozele auf, das Alter dieser erstreckte sich von 11,1 bis 18,4 Jahren mit einem Mittelwert von 14,3 Jahren (Goede et al., 2011). Von 3047 Jungen im Alter von 9 bis 16 Jahre hatten 98 Probanden eine Varikozele und damit 4,1% der Probanden (Stavropoulos et al., 2002). Baek et al. zeigten bei 1938 Jungen im Alter von 13 bis 16 Jahren eine Prävalenz der linksseitigen Varikozele von 15,2%. Die Prävalenz stieg in diesem Altersbereich nicht an (Baek et al., 2011). Im Gegensatz dazu wurde im Kollektiv von 665 Probanden im Alter von 0 bis 15 Jahren kein Auftreten einer Varikozele beschrieben (Liess, 1990). Die Prävalenzangaben der Varikozele unterscheiden sich in den einzelnen Veröffentlichungen zum Teil maßgeblich. Ursächlich für die verschiedenen Prävalenzangaben könnte zum einen eine Selektionsbias sein. Die mit unserer Studie vergleichbare Veröffentlichung von Goede et al. beinhaltete Probanden der Allgemeinbevölkerung. Da nicht alle angeschriebenen Personen teilnahmen und nur Personen aus einer Region teilnahmen, wurde die Möglichkeit einer Vorselektion beschrieben. Unsere Studie weist auch diesen Kritikpunkt auf, da alle Probanden Patienten des Universitätsklinikums waren. Neben den Auswahlverfahren stellen die Auswahlkriterien der Probanden einen weiteren Kritikpunkt dar. Während Liess keine Ein- bzw. Ausschlusskriterien veröffentlichte (Liess, 1990), führen andere Studien diese Kriterien ganz unterschiedlich aus (Kuijper et al., 2008; Goede et al., 2011). Dazu zählt auch die Definition der auftretenden Pathologien. Ein möglicher Einflussfaktor ist die Definition der Varikozele und die eingesetzten diagnostischen Mittel. Auch der dopplersonographische Einsatz könnte für eine höhere Prävalenz verantwortlich sein. Zudem ist der Vergleich der Studienpopulationen erschwert durch die jeweils unterschiedlich gewählten Altersbereiche. Aber auch eine Ungleichverteilung der Probanden in den verschiedenen Altersgruppen spielt, wie bereits erwogen, eine mögliche Rolle. Liess verwies diesbezüglich im Gegensatz zu unserer Studienpopulation auf eine relativ homogene Gruppe (Liess et al., 1990).

Beide Probanden unseres Kollektivs mit einer Varikozele wiesen eine linksseitige Varikozele auf und entsprachen somit den Ergebnissen großer Studienpopulationen, in welchen die Varikozele in 85% bis 99% der Fälle mehrheitlich auf der linken Seite vorkam (Steeno, 1991; Akbay et al., 2000; Pfeiffer et al., 2006; Biyani et al., 2009).

Zudem ist bei beiden Probanden die Varikozele klinisch nicht festgestellt worden, weder sicht- noch tastbar und entsprach somit am ehesten Grad 0. Unser Ergebnis ist

vereinbar mit der Aussage, dass im Kindes- und Jugendalter am häufigsten die Varikozelengrade 0 und 1 auftreten (Pfeiffer et al., 2006). Als nachteilig zu bewerten ist, dass in unserer Studie keine dopplersonographische Untersuchung der Varikozele erfolgte und somit der Reflux nicht näher beschrieben werden konnte. Zum anderen bestand durch den fehlenden Untersuchungsstandard und die Anzahl der klinischen Untersucher mit unterschiedlichem Erfahrungsgrad die Möglichkeit, dass die beschriebenen Varikozelen übersehen oder unzureichend untersucht worden sind.

Der Einfluss der Varikozele auf das Hodengewebe und somit auf die Fertilität durch die folgende Temperaturerhöhung ist vieldiskutiert. Eine mögliche Hodenvolumenabnahme durch die Varikozele legt eine Abnahme der Fertilität nahe, da annähernd 98% des Hodenvolumens von Tubuli seminiferi sowie Germinalzellen gebildet werden (Kass et al., 2001). Wie bereits dargelegt, ist die Definition einer Hodenatrophie bzw. Hodenasymmetrie uneinheitlich, wodurch eine Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Veröffentlichungen erschwert wird. Proband 2009174 wies sowohl eine Volumendifferenz von 50% sowohl eine Seitendifferenz von mehr als 2ml sowie von über 15% und erfüllte somit die verschiedenen Literaturkriterien.

Bei 68 Probanden mit Varikozele im Alter von 8 bis 19 Jahren wurde eine Hodenhypotrophie in 2,2% der Fälle festgestellt, die Häufigkeit von Hodenatrophien stiegen mit zunehmendem Alter an (Cayan et al., 2002). Auch bei 11- bis 19-Jährigen trat eine Hodenatrophie der betroffenenen Hoden in 8,6% der Fälle auf. Bei 2- bis 10-Jährigen zeigten sich keine Atrophien der betroffenen Hoden (Akbay et al., 2000). Ein Einfluss der Varikozele auf den kontralateralen Hoden wurde im Erwachsenenalter beschrieben (Lipshultz and Corriere, 1977). Ähnliche Ergebnisse wurden auch im Jugendalter berichtet, welche jedoch nicht signifikant waren (Haans et al., 1991). Auch Kass et al. beschrieben das Risiko einer beidseitigen Hodenvolumenabnahme bei Grad 3-Varikozelen (Kass et al., 2001). Demgegenüber wurde auch eine Hypertrophie des kontralateralen Hodens bei jungen Männern mit höhergradigen Varikozelen beschrieben (Ku et al., 2002).

Es bestand somit unter der Annahme, dass eine linksseitige Varikozele auf beide Hodenvolumina Einfluss haben kann die Möglichkeit, dass Proband 2009154 eine beidseitige Hodenatrophie aufwies. Dagegen spricht, dass eine beidseitige Volumenbeinflussung nur bei höhergradigen Varikozelen beschrieben worden ist (Kass et al., 2001). Nach den Kriterien der Hodenvolumendifferenz von 2ml wies nur Proband 2009174 unserer Studienpopulation eine mögliche Hodenatrophie auf.

Unter der Annahme, dass die Volumendiffererenz bei Proband 2009174 durch die ipsilaterale Varikozele bewirkt wurde, wird die Aussage gestützt, dass Hodenatrophien auch bei geringradigen Varikozelen auftreten können. Ob und in welchem Ausmaß

geringgradige Varikozelen Hodenatrophien verursachen, ist in der Literatur umstritten. Bei 404 infertilen Männern waren die linken Hodenvolumina auch bei subklinischen linksseitigen Varikozelen signifikant verringert (Zini et al., 1997). Hingegen wurde bei 168 Probanden im Alter von 8 bis 21 Jahren keine Korrelation des Varikozelengrades zur Hodenvolumendifferenz festgestellt (Alukal et al., 2005). Auch im Kollektiv von 2470 Schuljungen im Alter von 10 bis 20 Jahren korrelierte der Grad der Varikozele mit der Hodenvolumenabnahme (Niedzielski et al., 1997). Pfeiffer et al. stellten bei 257 Jungen mit einseitiger Varikozele im Alter von 8 bis 11 Jahren keinen Zusammenhang zwischen dem Varikozelengrad und dem Hodenvolumen fest, während bei 287 Jugendlichen im Alter von 12 bis 16 Jahren mit zunehmendem Varikozelengrad signifikant häufiger kleinere ipsilaterale Hoden auftraten (Pfeiffer et al., 2008). Im Kollektiv von 117 Jungen im Alter von 7 bis 18 Jahren mit Varikozele zeigte sich ein signifikantes Risiko einer Hodenwachstumshemmung durch das Vorliegen einer Varikozele, das Risiko unter einer Grad 3- Varikozele war größer als mit einer Grad 2-Varikozele (Thomas and Elder, 2002).

Auch eine Abhängigkeit vom Tanner-Stadium wurde untersucht. Dementsprechend wiesen Träger einer Grad 2-Varikozele erst ab Tanner- Stadium 4 und 5 sowie Träger einer Grad 3-Varikozele in jedem Tanner- Stadium einen signifikant kleineren ipsilateralen Hoden im Vergleich zur Kontrollgruppe auf. Ab Tanner-Stadium 4 und 5 wurde auch ein Einfluss auf den kontralateralen Hoden festgestellt (Kass et al., 2001). Die Probanden unserer Stichprobe mit Varikozele wiesen die Pubertätsstadien P4 und G5 sowie P4 und G4 auf. Zusammenfassend ist nach den vorweg genannten Studien die Wahrscheinlichkeit der Hodenvolumenminderung bei unseren Probanden mit Varikozele durch das vorliegende Tanner- Stadium begünstigt und durch den Grad der Varikozele verringert, jedoch nicht ausgeschlossen. Das Ausmaß der Atrophie bei Proband 2009174 unterstützt die Vermutung, dass geringradige Varikozelen auch ausgeprägtere Atrophien auslösen können.

Nachbeobachtungen nach 5 Jahren zeigten bei 38% der von einer Grad 1 -Varikozele betroffenen Hoden einen Wachstumsrückstand (Shiraishi et al., 2009). Ein Aufholwachstum schien zum einen bei einer Volumendifferenz über 15% unwahrscheinlich (Gjertson et al., 2006), aber noch möglich (Kolon et al., 2008). Schlussfolgernd besteht daher dennoch die Empfehlung, auch bei den Probanden unserer Stichprobe mit geringgradigen Varikozelen frühzeitig Nachbeobachtungen durchzuführen, um eine eventuelle Progression sowie einen Einfluss auf die Fertilität feststellen und behandeln zu können. Frühzeitig deshalb, weil scheinbar die Störung der Fertilität von der Dauer der Anwesenheit einer Varikozele bestimmt wird (Belloli et al., 1995). Beim Auftreten einer Atrophie oder Beinflussung der Fertilität unter einer

Varikozele sollte somit eine operative Therapie erwogen werden (Kass et al., 2001). Proband 2009156 sowie 2009124 wiesen während der sonographischen Untersuchung zystische Strukturen, eine Nebenhodenzyste sowie eine vermutete Spermatozele auf. Das Alter von Proband 2009156 war zum Untersuchungszeitpunkt 13,53 Jahre sowie von Proband 2009124 16,4 Jahre. Somit befand sich Proband 2009156 im beschriebenen Streubereich nach Chillon et al. (Chillón Sempere et al., 2005) sowie Proband 2009124 darüber. Der Durchmesser der Spermatozele lag bei 16,9 mm. Da diesbezüglich keine Arbeiten vorliegen, ist ein Vergleich nicht möglich. Der Durchmesser der Nebenhodenzyste bei 3 mm. Dieses Messergebnis entsprach den Durchmesserangaben einer anderen Studienpopulation (Homayoon et al., 2004). Die Häufigkeit im Kindes- und Jugendalter insgesamt wurde mit 14,4% beschrieben. Unter 5 Jahren traten sie bei 3,3% der Patienten, im Alter von 5 bis 10 Jahre bei 4,2%, von 10 bis 15 Jahre bei 20,1% sowie über 15 Jahre bei 35,3% auf (Posey et al., 2010). Zu bedenken ist jedoch, dass die vorweg genannte Studie möglicherweise nicht der Normalbevölkerung entspricht, da die Probanden einem vorselektionierten Kollektiv entstammen. Die Häufigkeit der vermuteten Spermatozele bzw. der Nebenhodenzyste in unserer Studienpopulation lag im Vergleich dazu jeweils bei 0,5%. Möglicherweise ist diese Abweichung begründet in der Ungleichverteilung der Gruppen, da weniger ältere Probanden in die Studie eingeschlossen wurden, bei welchen die Häufigkeit höher ist als in jüngeren Altersgruppen. Es wurde der Einfluss der Nebenhodenzysten auf das Hodenvolumen beschrieben (Posey et al., 2010). Unser Proband mit Nebenhodenzyste befand sich mit beiden Hodenvolumina über der 90. Perzentile seiner Altersgruppe. Proband 2009124 mit der vermuteten Spermatozele befand sich mit beiden Hodenvolumina innerhalb der 50. bis 75. Perzentile. Ein Einfluss auf das Hodenvolumen kann auch hier nicht ausgeschlossen werden. Die meisten Nebenhodenzysten zeigten eine spontane Rückbildung (Homayoon et al., 2004), sodass die Empfehlung vorherrscht, die konservativen klinischen und sonographischen Nachkontrollen vorzuziehen und die chirurgischen Therapie bei Komplikationen einzusetzen (Chillón Sempere et al., 2005). Unsere Probanden mit Nebenhodenzyste wiesen keine Beschwerden auf. Daher ist dementsprechend eine Nachbeobachtung der Zysten empfehlenswert und der chirurgischen Therapie vorzuziehen.

6. Zusammenfassung

Der wissenschaftliche Stand in der sonographischen Ermittlung von Referenzwerten im Kindes- und Jugendalter liegt derzeit bei Arbeiten aus Deutschland (Liess, 1990), zweier Arbeitsgruppen aus den Niederlanden (Kuijper et al., 2008; Goede et al., 2011) sowie einer Arbeit aus Polen (Osemlak et al., 2011).

In Deutschland lagen keine aktuellen sonographisch erstellten Referenzwerte des Hodenvolumens im Kindes- und Jugendalter vor. Ziel dieser prospektiven Querschnittsstudie war daher die Erstellung von Referenzwerttabellen für das Hodenvolumen in Abhängigkeit von Alter, Größe und Gewicht im Alter von 0 bis 18 Jahren. Eine ausführliche Literaturrecherche sollte zudem aufzeigen, welche Faktoren Einfluss auf das Hodenvolumen haben können.

Dementsprechend wurden im Zeitraum 02/2008 bis 12/2009 183 Probanden aus dem Universitätsklinikum Halle-Wittenberg untersucht. Diese waren frei von Erkrankungen und Therapien, welche sich auf das Hodenvolumen auswirken können.

Es wurden Referenzwerttabellen für das Hodenvolumen in Abhängigkeit von Alter, Gewicht und Größe erstellt sowie der Korrelationen der Hodenmaße zum Alter. Die Maße beider Hoden korrelierten hoch signifikant zueinander. Von den 9 aufgrund sonomorphologischer Auffälligkeiten ausgeschlossenen Probanden wiesen 6 Probanden und damit 3,3% der Stichprobe eine Mikrolithiasis beider Hoden auf. Ein Proband fiel mit einer Nebenhodenzyste sowie einer Varikozele auf, ein weiterer Proband wies eine Varikozele auf sowie ein Proband mit einer vermuteten Spermatozele. Die Prävalenz der Varikozele in unserer Stichprobe betrug somit 1,1%, die Prävalenz der Nebenhodenzyste sowie der vermuteten Spermatozele 0,55%.

Als problematisch stellte sich die Rekrutierung einer ausreichenden Anzahl an Probanden dar. Die Anzahl der Probanden bestimmte maßgeblich die Aussagekraft der Studie. Zudem existieren uneinheitliche Studiendesigns, sodass ein Vergleich der verfügbaren Studien erschwert oder zum Teil unmöglich wurde. Unter Einführung von Untersuchungsstandards könnten innerhalb multizentrischer Studien ausreichende Probandenzahlen erreicht werden. Weiterführende Untersuchungen sind in diesem Bereich der Grundlagenforschung notwendig, um das Hodenvolumen von Kindern und Jugendlichen im klinischen Alltag richtig bewerten, frühzeitig Störungen der Hodenentwicklung ermitteln zu können. Die Sonographie stellt dabei eine schnell und breit verfügbare Methode zur Bestimmung des Hodenvolumens im Rahmen einer endokrinen Diagnostik dar und bietet darüber hinaus die Möglichkeit der gleichzeitigen Abklärung pathologischer Veränderungen.

7. Literaturverzeichnis

Aizenstein RI, DiDomenico D, Wilbur AC, O'Neil HK (1998) Testicular microlithiasis: association with male infertility. J Clin Ultrasound 26:195-198.

Aizenstein RI, Hibbeln JF, Sagireddy B, Wilbur AC, O'Neil HK (1997) Klinefelter's syndrome associated with testicular microlithiasis and mediastinal germ-cell neoplasm. J Clin Ultrasound 25:508-510.

Akbay E, Cayan S, Doruk E, Duce MN, Bozlu M (2000) The prevalence of varicocele and varicocele-related testicular atrophy in Turkish children and adolescents. BJU Int 86(4):490-493.

Akcar N, Turgut M, Adapinar B, Ozkan IR (2004) Intratesticular arterial resistance and testicular volume in infertile men with subclinical varicocele. J Clin Ultrasound 32(8):389-393.

Akin EA, Khati NJ, Hill MC (2004) Ultrasound of the scrotum. Ultrasound Q 20(4):181-200.

al Salim A, Murchison PJ, Rana A, Elton RA, Hargreave TB (1995) Evaluation of testicular volume by three orchidometers compared with ultrasonographic measurements. Br J Urol 76(5):632-635.

Alukal JP, Zurakowski D, Atala A, Bauer SB, Borer JG, Cilento BG Jr, Mandell J, Peters CA, Paltiel HJ, Retik AB, Diamond DA (2005) Testicular hypotrophy does not correlate with grade of adolescent varicocele. J Urol 174(6):2367-2370.

Alzen G, Staats G: Genitalorgane. In: Benz-Brohm G (Hrsg): Kinderradiologie. 2. Aufl. Georg Thieme, Stuttgart, 2005, S. 263-270.

Backus ML, Mack LA, Middleton WD, King BF, Winter TC 3rd, True LD(1994) Testicular microlithiasis: imaging appearance and pathologic correlation. Radiology 192:781-785.

Baek M, Park SW, Moon KH, Chang YS, Jeong HJ, Lee SW, Han SW, Kim YS, Korean Society of Pediatric Urology (2011) Nationwide survey to evaluate the prevalence of varicoceles in South Korean middle school boys: A population based study. Int J Urol 18(1):55-60.

Behre HM, Nashan D, Nieschlag E (1989) Objective measurement of testicular volume by ultrasonography: evaluation of the technique and comparison with orchidometer estimates. Int J Androl 12(6):395-403.

Belloli G, D'Agostino S, Zen F, Ioverno E (1995) Fertility rates after successful correction of varicocele in adolescence and adulthood. Eur J Pediatr Surg 5:216-218.

Ben-Sira L, Laor T (2000) Severe scrotal pain in boys with Henoch-Schonlein purpura: incidence and sonography. Pediatr Radiol 30:125-128.

Biyani CS, Cartledge J, Janetschek G (2009) Varicocele. Clin Evid (Online). pii: 1806.

Brämswig J, Dübbers A (2009) Störungen der Pubertätsentwicklung. Dtsch Arztebl 106(17):295-305.

Brinkworth MH, Handelsman DJ: Umwelt- und arbeitsplatzbedingte Einflüsse auf die männliche Infertilität. In: Nieschlag E, Behre HM, Nieschlag HS (Hrsg): Andrologie. Grundlagen und Klinik der reproduktiven Gesundheit des Mannes. 3. Aufl. Springer, Heidelberg, 2009, S. 366-389.

Buch JP, Cromie WJ (1985) Evaluation and treatment of the preadolescent varicocele. Urol Clin North Am 12:3-12.

Calaminus G, Schneider DT, Schmidt P, Wessalowski R: Keimzelltumoren. In: Gardner H, Gaedicke G, Niemeyer C, Ritter J: Pädiatrische Hämatologie und Onkologie. 1. Aufl. Springer, Heidelberg, 2006, S. 922-938.

Cass AS, Luxenberg M (1991) Testicular injuries. Urology 37:528-530.

Cayan S, Akbay E, Bozlu M, Doruk E, Yildiz A, Acar D, Kanik EA, Ulusoy E (2002) Diagnosis of pediatric varicoceles by physical examination and ultrasonography and measurement of the testicular volume: using the prader orchidometer versus ultrasonography. Urol Int 69(4):293-296.

Chillón Sempere FS, Domínguez Hinarejos C, Serrano Durbá A, Estornell Moragues F, Martínez-Verduch M, García Ibarra F (2005) Epididymal cysts in childhood. Arch Esp Urol 58(4):325-328.

Chin T, Liu C, Wei C (1998) Testicular volume in Taiwanese boys. Zhonghua Yi Xue Za Zhi 61(1):29-33.

Chipkevitch E, Nishimura RT, Tu DG, Galea-Rojas M (1996) Clinical measurement of testicular volume in adolescents: comparison of the reliability of 5 methods. J Urol 156(6):2050-2053.

Chung JJ, Kim MJ, Lee T, Yoo HS, Lee JT (1997) Sonographic findings in tuberculous epididymitis and epididymoorchitis. J Clin Ultrasound 25:390-394.

Chung SE, Frush DP, Fordham LA (1999) Sonographic appearances of extratesticular fluid and fluid-containing scrotal masses in infants and children: clues to diagnosis. AJR 173:741-745.

Ciftci AO, Bingöl-Koloğlu M, Senocak ME, Tanyel FC, Büyükpamukçu M, Büyükpamukçu N (2001) Testicular tumors in children. J Pediatr Surg 36(12):1796-1801.

Cook JL, Dewbury K (2000) The changes seen on high-resolution ultrasound in orchitis. Clin Radiol 55:13-18.

Cross JJ, Berman LH, Elliott PG, Irving S (1999) Scrotal Trauma: A cause of testicular atrophy. Clin Radiol 54(5):317-320.

Dagash H, MacKinnon (2007) Testicular microlithiasis: What does it mean clinically? BJU Int 99(1):157-160. Epub 2006 Oct 9.

Dayanir YO, Akdilli A, Karaman CZ, Sönmez F, Karaman G (2001) Epididymoorchitis mimicking testicular torsion in Henoch-Schönlein purpura. Eur Radiol 11(11):2267-2269.

de Gouveia Brazao CA, Pierik FH, Oosterhuis JW, Dohle GR, Looijenga LH, Weber RF (2004) Bilateral testicular microlithiasis predicts the presence of the precursor of testicular germ cell tumors in subfertile men. J Urol 171(1):158-160.

Dell'Acqua A, Tomà P, Oddone M, Ciccone MA, Marsili E, Derchi LE (1999) Testicular microlithiasis: US findings in six pediatric cases and literature review. Eur Radiol 9(5):940-944.

Derogee M, Bevers RF, Prins HJ, Jonges TG, Elbers FH, Boon TA (2001) Testicular microlithiasis, a premalignant condition: prevalence, histopathologic findings, and relation to testicular tumor. Urology 57:1133-1137.

Diamond DA, Paltiel HJ, DiCanzio J, Zurakowski D, Bauer SB, Atala A, Ephraim PL, Grant R, Retik AB (2000) Comparative assessment of pediatric testicular volume: orchidometer versus ultrasound. J Urol 164:1111-1114.

Diamond JM (1986) Ethnic differences. Variation in human testis size. Nature 320:488-489.

Dogra VS, Gottlieb RH, Oka M, Rubens DJ (2003) Sonography of the scrotum. Radiology 227(1):18-36.

Dörnberger V, Dörnberger G, Eggstein M (1986) Volumetrie des Hodens mittels Real-time-Sonographie. Ultraschall Med 7:300-303.

Dörr HG: Pubertät. In: Speer CP, Gahr M (Hrsg): Pädiatrie. 3. Aufl. Springer, Heidelberg, 2009, S. 739-746.

Drut R, Drut RM (2002) Testicular microlithiasis: histologic and immunohistochemical findings in 11 pediatric cases. Pediatr Dev Pathol 5(6):544-550.

Engelmann UH: Skrotale Schwellungen. In: Michalk D, Schönau E (Hrsg): Differentialdiagnose Pädiatrie. 2. Aufl. Urban & Fischer, München, 2005, S. 433-437.

Ganem JP, Workman KR, Shaban SF (1999) Testicular microlithiasis is associated with testicular pathology. Urology 53(1):209-213.

Gjertson CK, Poon SA, Srivastava S, Shabsigh A, Glassberg KI (2006) Adolescent varicocele: What is the natural history of testicular symmetry and asymmetry? J Urol 175(4)(Suppl):163.

Goede J, Hack WW, van der Voort-Doedens LM, Sijstermans K, Pierik FH (2009) Prevalence of testicular microlithiasis in asymptomatic males 0 to 19 years old. J Urol 182(4):1516-1520.

Goede J, Hack WW, van der Voort-Doedens LM, Pierik FH, Looijenga LH, Sijstermans K (2010) Testicular microlithiasis in boys and young men with congenital or acquired undescended (ascending) testis. J Urol 183(4):1539-1543.

Goede J, Hack WW, Sijstermans K, van der Voort-Doedens LM, Van der Ploeg T, Meij-de Vries A, Delemarre-van de Waal HA (2011) Normative values for testicular volume measured by ultrasonography in a normal population from infancy to adolescence. Horm Res Paediatr 76(1):56-64.

Green DM (1986) Testicular tumors in infants and children. Semin Surg Oncol 2:156-162.

Haans LCF, Laven JSE, Mail WPTM, te Velde ER, Wensing CJG (1991) Testis volumes, semen quality, and hormonal patterns in adolescents with and without a varicocele. Fertil Steril 56:731-736.

Hack WW, Sijstermans K, van Dijk J, van der Voort-Doedens LM, de Kok ME, Hobbelt-Stoker MJ (2007) Prevalence of acquired undescended testis in 6-year, 9-year and 13-year- old Dutch schoolboys. Arch Dis Child 92(1):17-20.

Hadziselimovic F (2008) Hormontherapie bei Kryptorchismus. TMJ 5:31-34.
http://www.rosenfluh.ch/images/stories/publikationen/tmj/2008-05/13_Kryptorchismus_5.08.pdf
Zugriffsdatum: 20.08.2011

Hadziselimovic F, Herzog B: Hodenerkrankungen im Kindesalter. Hippokrates, Stuttgart, 1990.

Hadziselimovic F, Herzog B, Liebundgut B, Jenny P, Buser M (1989) Testicular and vascular changes in children and adults with varicocele. J Urol 142:583-585.

Hammersen G: 10. Männliches Genitale. In: Feldkamp A, Rech A (Hrsg): Pädiatrische Ultraschalldiagnostik und Praxis. Ecomed, Landsberg, 2006, S. 1- 42.

Hammersen G, Voss E, Tietze HU (2002) Ektopes Nebennierengewebe im Hoden bei adrenogenitalem Syndrom. Ultraschall Med 23:557.

Handelsman DJ, Staraj S (1985) Testicular size: the effect of aging, malnutrition, and illness. J Androl 6(3): 144-151.

Hauffa BP: Pubertas tarda. In: Michalk D, Schönau E (Hrsg): Differentialdiagnose Pädiatrie. 2. Aufl. Urban & Fischer, München, 2005, S. 514-521.

Herold G: Innere Medizin 2012. Dr. med. Gerd Herold, Köln, 2012, S. 538 und S. 734.

Heynemann H: Männliche Geschlechtsorgane. In: M Gross (Hrsg): Sonographie: Schritt für Schritt zur Diagnose. 1. Aufl. Urban & Fischer, München, 2007, S. 363-374.

Hiort O, Nietsche E, Kruse K: Krankheiten der Keimdrüsen. Störungen der Pubertät. In: Lentze MJ, Schaub J, Schulte FJ, Spranger J (Hrsg): Pädiatrie: Grundlagen und Praxis. 2. Aufl. Springer, Heidelberg, 2003, S. 549-568.

Hiort O, Wünsch L, Holterhus P-M (2005) Differenzialdiagnostische Überlegungen beim Hodenhochstand. Monatsschrift Kinderheilkd 153:430-435.

Hirsh AV, Cameron KM, Tyler JP, Simpson JM, Pryor JP (1980) The Doppler assessment of varicoceles and internal spermatic vein reflux in infertile men. Br J Urol 52:50-56.

Hofmann V: Hoden. In: Hofmann V, Deeg KH, Hoyer PF (Hrsg): Ultraschalldiagnostik in Pädiatrie und Kinderchirurgie. 3. Aufl. Georg Thieme, Stuttgart, 2005, S. 587-608.

Homayoon K, Suhre CD, Steinhardt GF (2004) Epididymal Cysts in Children: Natural History. J Urol 171(3):1274-1276.

Hsieh ML, Huang ST, Huang HC, Chen Y, Hsu YC (2009) The reliability of ultrasonographic measurements for testicular volume assessment: comparison of three common formulas with true testicular volume. Asian J Androl 11(2):261-265.

Hua-mei MA (2010) Testis volume, pubic hair development and spermarcheal age in urban Chinese boys. Zhonghua Er Ke Za Zhi 48(6):418-424.

Karaman MI, Kaya C, Caskurlu T, Guney S, Ergenekon E (2005) Measurement of pediatric testicular volume with Prader orchidometer: comparison of different hands. Pediatr Surg Int 21(7):517-520.

Kass EJ, Reitelman C. Adolescent varicocele (1995) Urol Clin North Am 22:151-159.

Kass EJ, Stork BR, Steinert BW (2001) Varicocele in adolescence induces left and right testicular volume loss. BJU Int 87(6):499-501.

Kim B: Scrotum. In: Kim SH (ed): Radiology Illustrated: Uroradiology. Saunders, 2003, pp. 625-628.

Kleinteich B (1989) Mumps and testicular development. Padiatr Grenzgeb 28:383-385.

Kocaoğlu M, Bozlar U, Bulakbaşi N, Sağlam M, Uçöz T, Somuncu I (2005) Testicular microlithiasis in pediatric age group: ultrasonography findings and literature review. Diagn Interv Radiol 11:60-65.

Kolon TF, Clement MR, Cartwright L, Bellah R, Carr MC, Canning DA, Snyder HM 3rd (2008) Transient asynchronous testicular growth in adolescent males with a varicocele. J Urol 180(3):1111-1114.

Kromeyer-Hauschild K, Wabitsch M, Kunze D, Geller F, Geiß HC, Hesse V, von Hippel A, Jaeger U, Johnson D, Korte W, Menner K, Müller G, Müller JM, Niemann-Pilatus A, Remer T, Schaefer F, Wittchen H-U, Zabransky S, Zellner K, Ziegler A, Hebebrand J (2001) Perzentile für den Body-mass-Index für das Kindes- und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben. Monatsschr Kinderheilkd 149:807-818.

Ku JH, Son H, Kwak C, Lee SE, Lee NK, Park YH (2002) Impact of varicocele on

testicular volume in young men: significance of compensatory hypertrophy of contralateral testis. J Urol 168(4 Pt 1):1541-1544.

Kühn R: Hodentorsion, Varikozele, Hydrocele testis, Orchitis, Epididymitis. In: Sigel A, Ringert R-H (Hrsg): Kinderurologie. 2. Aufl. Springer, Heidelberg-New York, 2001, 477-494.

Kuijper EA, van Kooten J, Verbeke JI, van Rooijen M, Lambalk CB (2008) Ultrasonographically measured testicular volumes in 0- to 6-year-old boys. Hum Reprod 23(4):792-796.

Lam DL, Gerscovich EO, Kuo MC, McGahan JP (2007) Testicular microlithiasis: our experience of 10 years. J Ultrasound Med 26(7):867-873.

Land C: Hodenhochstand. In: Michalk D, Schönau E (Hrsg): Differentialdiagnose Pädiatrie. 2. Aufl. Urban & Fischer, München, 2005, S. 455-460.

Langer JE (1993) Ultrasound of the scrotum. Semin Roentgenol 28:5-18.

Largo RH: Wachstum und Entwicklung. In: Lentze MJ, Schaub J, Schulte FJ, Spranger J (Hrsg): Pädiatrie: Grundlagen und Praxis. 3. Aufl. Springer, Heidelberg, 2007, S. 8-56.

Largo RH, Prader A (1983) Pubertal development in Swiss boys. Helv Paediatr Acta 38(3):211-228.

Leenen AS, Riebel TW (2002) Testicular microlithiasis in children: sonographic features and clinical implications. Pediatr Radiol 32(8):575-579.

Leung ML, Gooding GA, Williams RD (1984) High-resolution sonography of scrotal contents in asymptomatic subjects. Am J Roentgenol 143(1):161-164.

Liess S (1990) Ergebnisse der Hodensonographie bei Knaben: 1. Mitteilung: Sonographische Bestimmung von Hodengrößen und Beurteilung der Hodenbinnenstruktur bei Knaben. Radiol Diagn 31(5):537-541.

Lin CC, Huang WJ, Chen KK (2009) Measurement of Testicular Volume in Smaller Testes: How Accurate Is the Conventional Orchidometer? J Androl 30(6):685-689.

Lipshultz LI, Corriere JN Jr (1977) Progressive testicular atrophy in the varicocele patient. J Urol 117:175-176.

Marulaiah M, Gilhotra A, Moore L, Boucaut H, Goh DW (2010) Testicular and paratesticular pathology in children: a 12-year histopathological review. World J Surg 34(5):969-974.

Maeda Y, Komatsu K, Iwasa Y, Kanaya J, Koh E, Namiki M, Miwa S, Fuse H, Hirano S, Kondoh N, Koga M, Takeyama M, Matsumiya K (2000) Clinicopathological study of the testicular microlithiasis. Nippon Hinyokika Gakkai Zasshi 91(10-11):673-678.

Manns MP, Hadem J, Caselitz M: Leber und intrahepatische Gallenwege. In: Greten H (Hrsg): Innere Medizin. 12. Aufl. Georg Thieme, Stuttgart, 2005, S. 772.

Marshall WA, Tanner JM (1970) Variations in the patterns of pubertal changes in boys. Arch Dis Child 45:13-23.

Matsuo N, Anzo M, Sato S, Ogata T, Kamimaki T (2000) Testicular volume in Japanese boys up to the age of 15 years. Eur J Pediatr 159(11):843-845.

McAndrew HF, Pemberton R, Kikiros CS, Gollow I (2002) The incidence and investigation of acute scrotal problems in children. Pediatr Surg Int 18:435-437.

Middleton WD, Teefey SA, Santillan CS (2002) Testicular microlithiasis: prospective analysis of prevalence and associated tumor. Radiology 224:425-428.

Mul D, Fredriks AM, van Buuren S, Oostdijk W, Verloove-Vanhorick SP, Wit JM (2001) Pubertal development in The Netherlands 1965-1997. Pediatr Res 50:479-486.

Murphy FL, Law H, Mushtaq I, Sebire NJ (2007) Testicular and paratesticular pathology in infants and children: the histopathological experience of a tertiary paediatric unit over a 17 year period. Pediatr Surg Int 23(9):867-872.

Niedzielski J, Paduch D, Raczynski P (1997) Assessment of adolescent varicocele. Pediatr Surg Int 12(5-6):410-413.

Nielsen CT, Skakkebaek NE, Richardson DW, Darling JA, Hunter WM, Jørgensen M, Nielsen A, Ingerslev O, Keiding N, Müller J (1986) Onset of the release of spermatozoa (spermarche) in boys in relation to age, testicular growth, pubic hair, and height. J Clin Endocrinol Metab 62(3): 532-535.

Nieschlag E, Behre HM, Wieacker P, Meschede D, Kamischke A, Kliesch S: Störungen im Bereich der Testes. In: Nieschlag E, Behre HM, Nieschlag HS (Hrsg): Andrologie. Grundlagen und Klinik der reproduktiven Gesundheit des Mannes. 3. Aufl. Springer, Heidelberg, 2009, S. 202-244.

Osemlak P (2011) Size of testes and epididymes in boys up to 17 years of life assessed by ultrasound method and method of external linear measurements. Med Wieku Rozwoj 15(1):39-55.

Oyen RH (2002) Scrotal ultrasound. Eur Radiol 12:19-34.

Paltiel HJ, Diamond DA, Di Canzio J, Zurakowski D, Borer JG, Atala A (2002) Testicular volume: comparison of orchidometer and US measurements in dogs. Radiology 222(1):114-119.

Paschke R, Scherbaum WA: Schilddrüse. In: Greten H (Hrsg): Innere Medizin. 12. Aufl. Georg Thieme, Stuttgart, 2005, S. 502.

Patsch CJ: Pubertas praecox. In: Michalk D, Schönau E (Hrsg): Differentialdiagnose Pädiatrie. 2. Aufl. Urban & Fischer, München, 2005, S. 522-532.

Peterson AC, Bauman JM, Light DE, McMann LP, Costabile RA (2001) The prevalence of testicular microlithiasis in an asymptomatic population of men 18 to 35 years old. J Urol 166(6):2061-2064.

Pfeiffer D, Berger J, Schoop C, Tauber R (2006) A Doppler-based study on the prevalence of varicocele in German children and adolescents. Andrologia 38:13-19.

Pfeiffer D, Berger J, Schoop C, Tauber R (2008) Varikozele und pubertäres Hodenwachstum. Urologe 47:59-64.

Poon SA, Gjertson CK, Mercado MA, Raimondi PM, Kozakowski KA, Glassberg KI (2010) Testicular asymmetry and adolescent varicoceles managed expectantly. J Urol 183(2):731-734.

Posey ZQ, Ahn HJ, Junewick J, Chen JJ, Steinhardt GF (2010) Rate and associations of epididymal cysts on pediatric scrotal ultrasound. J Urol 184(4 Suppl):1739-1742.

Prader A (1966) Testicular size: assessment and clinical importance. Triangle 7:240-243.

Reinken L, van Ooost G (1992) Longitudinale Körperentwicklung gesunder Kinder von 0 bis 18 Jahren. Körperlänge/ -höhe, Körpergewicht und Wachstumsgeschwindigkeit. Klin Pädiatr 204:129-133.

Riebel T, Herrmann C, Wit J, Sellin S (2000) Ultrasonographic late results after surgically treated cryptorchidism. Pediatr Radiol 30:151-155.

Roessle R, Roulet F: Mass und Zahl in der Pathologie. 1. Aufl. Springer, Berlin-Wien, 1932, S. 84.

Rote Liste Service GmbH: Rote Liste 2011. Rote Liste Service GmbH, Frankfurt/Main, 2011, Signaturverzeichnis S.1875-2170.

Rübben H, Goepel M (1998) 8. Leitlinie zum Kryptorchismus. Urologe A 37:666-667.

Saez JM (1994) Leydig cells: endocrine, paracrine, and autocrine regulation. Endocr Rev 15:574-626.

Sakamoto H, Saito K, Oohta M, Inoue K, Ogawa Y, Yoshida H (2007) Testicular volume measurement: comparison of ultrasonography, orchidometry, and water displacement. Urology 69(1):152-157.

Sakamoto H, Saito K, Ogawa Y, Yoshida H (2007) Testicular Volume Measurements Using Prader Orchidometer Versus Ultrasonography in Patients with Infertility. Urology 69(1):158-162.

Sakamoto H, Ogawa Y, Yoshida H (2008) Relationship between testicular volume and testicular function: comparison of the Prader orchidometric and ultrasonographic measurements in patients with infertility. Asian J Androl 10:319-324.

Sartorius GA, Handelsman DJ: Hypogonadismus und Infertilität bei systemischen Erkrankungen. In: Nieschlag E, Behre HM, Nieschlag HS (Hrsg): Andrologie. Grundlagen und Klinik der reproduktiven Gesundheit des Mannes. 3. Aufl. Springer, Heidelberg, 2009, S. 340-364.

Schiff JD, Li PS, Goldstein M (2004) Correlation of ultrasonographic and orchidometer

measurements of testis volume in adults. BJU Int 93:1015-1017.

Schirren C (1972) Exakte Messung der Hodengröße. Andrologie 4(3):261-262.

Scholz M, Graf N, Steffens J, Schönhofen H, Jeannelle JP, Schofer O, Sitzmann FC (1996) Mumpsorchitis im Jugend- und Erwachsenenalter. Ein vergessenes Krankheitsbild. Dtsch Arztebl 33:2087-2090.

Schopohl J: Testis. In: Siegenthaler W, Blum HE (Hrsg): Klinische Pathophysiologie. 9. Aufl. Georg Thieme, Stuttgart, 2006, S. 352-367.

Schünke M, Schulte E, Schumacher U: Prometheus Lernatlas der Anatomie. Hals und Innere Organe. 1. Aufl. Georg Thieme, Stuttgart, 2005, S. 258-261.

Schuppe H-C, Pilatz A, Diemer T: Entzündungen. In: Krause W, Weidner W, Sperling H, Diemer T (Hrsg): Andrologie: Krankheiten der männlichen Geschlechtsorgane. 4. Auflage Thieme, Stuttgart, 2011, S. 266-272.

Schwarz HP: Endokrinologie- Erkrankungen des hormonproduzierenden Systems. In: Koletzko B (Hrsg): Kinder- und Jugendmedizin. 13. Aufl. Springer, Heidelberg, 2007, S.167-198.

Senanayake SN (2008) Mumps: a resurgent disease with protean manifestations. Med J Aust 189:456-459.

Shiraishi K, Takihara H, Kamiryo Y, Naito K (2005) Usefulness and limitation of punched-out orchidometer in testicular volume measurement. Asian J Androl 7(1):77-80.

Shiraishi K, Takihara H, Matsuyama H (2009) Effects of grade 1 varicocele detected in the pediatric age-group on testicular development. J Pediatr Surg 44(10):1995-1998.

Siegel MJ (1997) The acute scrotum. Radiol Clin North Am 35(4):959-976.

Sinnecker GHG: Hypoplastisches Genitale. In: Michalk D, Schönau E (Hrsg): Differentialdiagnose Pädiatrie. 2. Aufl. Urban & Fischer, München, 2005, S. 453-455.

Spinelli C, Di Giacomo M, Lo Piccolo R, Martin A, Messineo A (2010) The role of testicular volume in adolescents with varicocele: the better way and time of surgical treatment. J Urol 184(4 Suppl):1722-1726.

Skyrme RJ, Fenn NJ, Jones AR, Bowsher WG (2000) Testicular microlithiasis in a UK population: its incidence, associations and follow-up. Br J Urol Int 86:482-485.

Stavropoulos NE, Mihailidis I, Hastazeris K, Moisidou R, Louka G, Filiadis I, Zouma E, Danella M, Kalomiris P (2002) Varicocele in schoolboys. Arch Androl 48(3):187-192.

Steeno OP (1991) Varicocele in the adolescent. Adv Exp Med Biol 286:295-321.

Takihara H, Sakatoku J, Fujii M, Nasu T, Cosentino MJ, Cockett AT (1983) Significance of testicular size measurement in andrology. I. A new orchidometer and its clinical application. Fertil Steril 39:836-840.

Tanner JM: Wachstum und Reifung des Menschen. 1. Aufl. Georg Thieme, Stuttgart,

1962, S. 31-51.

Tatsunami S, Matsumiya K, Tsujimura A, Itoh N, Sasao T, Koh E, Maeda Y, Eguchi J, Takehara K, Nishida T, Miyano S, Tabata C, Iwamoto T (2006) Inter/intra investigator variation in orchidometric measurements of testicular volume by ten investigators from five institutions. Asian J Androl 8(3):373-378.

Ternavasio-de la Vega HG, Boronat M, Ojeda A et al. Mumps orchitis in the post-vaccine era (1967-2009): a single-center series of 67 patients and review of clinical outcome and trends. Medicine (Baltimore) 2010; 89(2): 96-116.

Thomas JC, Elder JS (2002) Testicular growth arrest and adolescent varicocele: Does varicocele size make a difference? J Urol 168:1689-1691.

Tomova A, Deepinder F, Robeva R, Lalabonova H, Kumanov P, Agarwal A (2010) Growth and development of male external genitalia: a cross-sectional study of 6200 males aged 0 to 19 years. Arch Pediatr Adolesc Med 164(12):1152-1157.

Tröbs RB, Krauss M, Geyer C, Tannapfel A, Körholz D, Hirsch W (2007) Surgery in infants and children with testicular and paratesticular tumours: a single centre experience over a 25-year-period. Klin Padiatr 219(3):146-151.

Vachon L, Fareau GE, Wilson MG, Chan LS (2006) Testicular microlithiasis in patients with Down syndrome. J Pediatr 149(2):233-236.

Van der Sluijs JW, den Hollander JC, Lequin MH, Nijman RM, Robben SG (2004) Prenatal testicular torsion: diagnosis and natural course. An ultrasonographic study. Eur Radiol 14(2):250-255.

Weinbauer GF, Luetjens CM, Simoni M, Nieschlag E: Physiologie der Hodenfunktion. In: Nieschlag E, Behre HM, Nieschlag HS (Hrsg): Andrologie. Grundlagen und Klinik der reproduktiven Gesundheit des Mannes. 3. Aufl. Springer, Heidelberg, 2009, S. 16-61.

Wollin M, Marshall FF, Fink MP, Malhotra R, Diamond DA (1987) Abberant epididymal tissue: a significant clinical entity. J Urol 138(5):1247-1250.

World Health Organization (1993) WHO manual for the standardized investigation and diagnosis of the infertile couple, 1st ed. Cambridge University Press, Cambridge, p 20.

Zampieri N, Zuin V, Corroppolo M, Ottolenghi A, Camoglio FS (2008) Relationship between varicocele grade, vein reflux and testicular growth arrest. Pediatr Surg Int 24(6):727-730.

Zini A, Buckspan M, Berardinucci D, Jarvi K (1997) The influence of clinical and subclinical varicocele on testicular volume. Fertil Steril 68(4):671-674.

Zöller G, Ringert RH (2005) Hodenhochstand im Kindesalter - oft zu spät behandelt. Dtsch Arztebl 102(24):A1750-1752.

8. Anhang

Anhang 1 Tabelle: Volumen des linken Hodens in Altersabhängigkeit

Allgemeine Gruppendaten			Hodenvolumenmaße des linken Hodens in ml				
Altersbereiche in Jahren	Anzahl	Körpergröße in cm	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
0—1,5	35	48—86	0,48	0,5	0,16	0,2	0,8
1,5—3	19	80—95	0,55	0,6	0,17	0,3	0,9
3—4,5	20	98—117	0,64	0,6	0,23	0,4	1,2
4,5—6	11	103—123	0,77	0,8	0,24	0,4	1,1
6—7,5	9	113—133	0,69	0,7	0,17	0,3	0,9
7,5—9	14	126—152	0,85	0,8	0,4	0,5	2,1
9—10,5	14	124—161	1,02	0,9	0,96	0,4	4,3
10,5—12	13	137—163	1,91	1,4	1,42	0,7	5,3
12—13,5	15	143—180	4,05	3,7	2,33	1,1	8,8
13,5—15	8	156—175	12,16	8,4	6,91	6,4	23,8
15—16,5	7	158—190	10,11	8,4	4,01	7,1	18
16,5—18	9	170—193	15,31	17,4	5,86	7	22,9

Anhang 2 Tabelle: Perzentile des linken Hodenvolumens in Alterabhängigkeit

Altersbereiche in Jahren	Hodenvolumenmaße des linken Hodens in ml				
	10. Perzentile	25. Perzentile	50. Perzentile	75. Perzentile	90. Perzentile
0—1,5	0,26	0,4	0,5	0,6	0,7
1,5—3	0,3	0,5	0,6	0,6	0,8
3—4,5	0,4	0,5	0,6	0,7	1,09
4,5—6	0,42	0,5	0,8	1	1,1
6—7,5	0,3	0,65	0,7	0,8	
7,5—9	0,5	0,6	0,8	0,93	1,55
9—10,5	0,45	0,6	0,9	0,93	2,65
10,5—12	0,74	0,85	1,4	2,35	4,9
12—13,5	1,28	2,1	3,7	6,3	7,72
13,5—15	6,4	6,78	8,4	19,15	
15—16,5	7,1	7,2	8,4	12,5	
16,5—18	7	9,35	17,4	20,3	

Anhang 3 Tabelle: Volumen des rechten Hodens in Altersabhängigkeit

Allgemeine Gruppendaten			Hodenvolumenmaße des rechten Hodens in ml				
Altersbereiche in Jahren	Anzahl	Körpergröße in cm	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
0—1,5	35	48—86	0,45	0,4	0,16	0,2	0,7
1,5—3	19	80—95	0,52	0,6	0,19	0,3	1
3—4,5	20	98—117	0,64	0,6	0,26	0,2	1,3
4,5—6	11	103—123	0,75	0,7	0,23	0,4	1,1
6—7,5	9	113—133	0,69	0,7	0,2	0,4	1,1
7,5—9	14	126—152	0,9	0,8	0,49	0,5	2,5
9—10,5	14	124—161	1,05	0,85	1,01	0,5	4,5
10,5—12	13	137—163	1,94	1,5	1,36	0,8	4,8
12—13,5	15	143—180	4,08	3,4	2,34	1,1	8,2
13,5—15	8	156—175	11,28	8,7	5,24	6,2	19
15—16,5	7	158—190	10,76	8,8	4,11	7,4	17,8
16,5—18	9	170—193	14,61	15,3	5,32	6,3	22,2

Anhang 4 Tabelle: Perzentile des rechten Hodenvolumens in Alterabhängigkeit

Altersbereiche in Jahren	Hodenvolumenmaße des rechten Hodens in ml				
	10. Perzentile	25. Perzentile	50. Perzentile	75. Perzentile	90. Perzentile
0—1,5	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7
1,5—3	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8
3—4,5	0,4	0,5	0,6	0,7	1,09
4,5—6	0,4	0,6	0,7	0,9	1,08
6—7,5	0,4	0,5	0,7	0,8	
7,5—9	0,55	0,6	0,8	0,93	1,8
9—10,5	0,5	0,58	0,85	1	2,8
10,5—12	0,8	0,95	1,5	2,5	4,72
12—13,5	1,22	2	3,4	6,4	8,08
13,5—15	6,2	7,05	8,7	17,35	
15—16,5	7,4	7,5	8,8	15	
16,5—18	6,3	9,6	15,3	19,05	

Anhang 5 Tabelle: Volumen des linken Hodens in Größenabhängigkeit

Allgemeine Gruppendaten			Hodenvolumenmaße des linken Hodens in ml				
Größenbereiche in cm	Anzahl	Alter in Jahren	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
40—60	14	0—0,4	0,37	0,35	0,14	0,2	0,6
61—80	19	0,2—1,6	0,54	0,5	0,15	0,3	0,8
81—100	28	1,15—4,42	0,58	0,6	0,17	0,3	1
101—110	15	3,45—5,47	0,6	0,6	0,21	0,4	1,2
111—120	10	3,91—6,98	0,81	0,8	0,22	0,5	1,1
121—130	11	6,49—9,58	0,8	0,8	0,18	0,5	1,1
131—140	18	6,79—11,58	0,81	0,8	0,38	0,3	2,1
141—150	13	9,29—12,42	1,12	1	0,49	0,5	2,3
151—160	15	8,06—15,31	3,17	2,6	2,11	0,6	7,2
161—170	12	10,39—17,52	8,11	6,55	5,23	3,3	20
171—180	10	12,82—17,08	12,44	11,4	5,61	7	23,8
181—200	7	15,36—18	15,27	17,9	6,69	7	22,9

Anhang 6 Tabelle: Perzentile des linken Hodenvolumens in Größenabhängigkeit

Größenbereiche in cm	Hodenvolumenmaße des linken Hodens in ml				
	10. Perzentile	25. Perzentile	50. Perzentile	75. Perzentile	90. Perzentile
40—60	0,2	0,28	0,35	0,5	0,6
61—80	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
81—100	0,3	0,5	0,6	0,68	0,81
101—110	0,4	0,4	0,6	0,7	0,9
111—120	0,5	0,65	0,8	1,03	1,1
121—130	0,52	0,7	0,8	0,9	1,08
131—140	0,39	0,6	0,8	0,9	1,11
141—150	0,58	0,75	1	1,4	2,06
151—160	0,72	1,6	2,6	4,3	6,72
161—170	3,54	4,55	6,55	8,5	19,22
171—180	7	7,23	11,4	16,95	23,22
181—200	7	8,4	17,9	22,6	

Anhang 7 Tabelle: Volumen des rechten Hodens in Größenabhängigkeit

Allgemeine Gruppendaten			Hodenvolumenmaße des rechten Hodens in ml				
Größenbereiche in cm	Anzahl	Alter in Jahren	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
40—60	14	0—0,4	0,33	0,3	0,13	0,2	0,6
61—80	19	0,2—1,6	0,52	0,5	0,14	0,3	0,7
81—100	28	1,15—4,42	0,6	0,6	0,2	0,3	1,1
101—110	15	3,45—5,47	0,59	0,6	0,24	0,2	1,3
111—120	10	3,91—6,98	0,78	0,8	0,21	0,4	1,1
121—130	11	6,49—9,58	0,8	0,8	0,17	0,6	1,1
131—140	18	6,79—11,58	0,84	0,7	0,47	0,4	2,5
141—150	13	9,29—12,42	1,17	1	0,5	0,5	2,3
151—160	15	8,06—15,31	3,35	2,8	2,38	0,5	8,1
161—170	12	10,39—17,52	7,88	6,6	4,73	3,1	19
171—180	10	12,82—17,08	12,25	12,4	4,3	6,2	18,2
181—200	7	15,36—18	14,41	16,5	6,32	6,3	22,2

Anhang 8 Tabelle: Perzentile des rechten Hodenvolumens in Größenabhängigkeit

Größenbereiche in cm	Hodenvolumenmaße des rechten Hodens in ml				
	10. Perzentile	25. Perzentile	50. Perzentile	75. Perzentile	90. Perzentile
40—60	0,2	0,2	0,3	0,43	0,55
61—80	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
81—100	0,3	0,5	0,6	0,7	0,82
101—110	0,32	0,5	0,6	0,7	0,94
111—120	0,41	0,65	0,8	0,93	1,09
121—130	0,6	0,6	0,8	0,9	1,08
131—140	0,49	0,58	0,7	1	1,24
141—150	0,62	0,8	1	1,4	2,14
151—160	0,74	1,6	2,8	4,6	7,68
161—170	3,49	4,58	6,6	8,95	17,89
171—180	6,33	7,88	12,4	15,7	18,16
181—200	6,3	8,8	16,5	20,6	

Anhang 9 Tabelle: Volumen des linken Hodens in Gewichtsabhängigkeit

Allgemeine Gruppendaten			Hodenvolumenmaße des linken Hodens in ml				
Gewichtbereiche in kg	Anzahl	Alter in Jahren	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
0—5,9	14	0,01—0,36	0,39	0,35	0,16	0,2	0,7
6—10,9	18	0,2—1,69	0,53	0,5	0,14	0,3	0,8
11—15,9	31	0,72—5,47	0,56	0,6	0,16	0,3	0,9
16—20,9	18	2,33—7,34	0,7	0,7	0,22	0,4	1,2
21—25,9	14	4,79—9,96	0,63	0,65	0,19	0,3	1
26—30,9	10	5,43—10,21	0,79	0,8	0,19	0,5	1,1
31—35,9	14	4,48—11,68	0,97	0,9	0,38	0,6	2,1
36—40,9	9	7,94—13,09	1,99	2,1	1,08	0,8	4,1
41—45,9	7	7,71—15,31	3,23	1,6	2,72	0,8	7,2
46—50,9	9	9,29—15,16	4,09	3,7	2,86	0,9	8,2
51—55,9	5	10,04—13,5	4,72	5,9	2,52	1	7,1
56—60,9	6	11,68—17,08	11,1	10,15	7,1	2	20
61—70,9	8	10,39—17,52	11,86	9,35	7,1	4,1	23,8
71—80,9	5	13,85—18	10,96	10,3	3,77	7	16,6

Anhang 10 Tabelle: Perzentile des linken Hodenvolumens in Gewichtsabhängigkeit

Gewichtsbereiche in kg	Hodenvolumenmaße des linken Hodens in ml				
	10. Perzentile	25. Perzentile	50. Perzentile	75. Perzentile	90. Perzentile
0—5,9	0,2	0,28	0,35	0,53	0,65
6—10,9	0,3	0,48	0,5	0,6	0,8
11—15,9	0,32	0,4	0,6	0,7	0,8
16—20,9	0,49	0,5	0,7	0,8	1,11
21—25,9	0,35	0,5	0,65	0,73	0,95
26—30,9	0,51	0,6	0,8	0,93	1,09
31—35,9	0,65	0,7	0,9	1,1	1,7
36—40,9	0,8	0,95	2,1	2,65	
41—45,9	0,8	0,9	1,6	6,4	
46—50,9	0,9	1,35	3,7	7	
51—55,9	1	2,15	5,9	6,7	
56—60,9	2	5,3	10,15	18,43	
61—70,9	4,1	5,38	9,35	17,85	
71—80,9	7	7,7	10,3	14,55	

Anhang 11 Tabelle: Volumen des rechten Hodens in Gewichtsabhängigkeit

Allgemeine Gruppendaten			Hodenvolumenmaße des rechten Hodens in ml				
Gewichtbereiche in kg	Anzahl	Alter in Jahren	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
0—5,9	14	0,01—0,36	0,34	0,3	0,15	0,2	0,6
6—10,9	18	0,2—1,69	0,51	0,5	0,13	0,3	0,7
11—15,9	31	0,72—5,47	0,56	0,6	0,16	0,3	1
16—20,9	18	2,33—7,34	0,68	0,7	0,27	0,2	1,3
21—25,9	14	4,79—9,96	0,65	0,6	0,16	0,4	0,9
26—30,9	10	5,43—10,21	0,75	0,8	0,21	0,5	1
31—35,9	14	4,48—11,68	1,03	0,95	0,47	0,5	2,5
36—40,9	9	7,94—13,09	2,07	2	1,1	0,9	4
41—45,9	7	7,71—15,31	3,54	1,6	3,16	0,7	8,1
46—50,9	9	9,29—15,16	4,02	3,4	2,78	1	7,8
51—55,9	5	10,04—13,5	4,76	5,3	2,79	0,9	7,9
56—60,9	6	11,68—17,08	10,7	10,15	6,69	2,2	19
61—70,9	8	10,39—17,52	11,09	9,75	5,48	4,4	18,2
71—80,9	5	13,85—18	11,16	10,9	3,78	6,3	15

Anhang 12 Tabelle: Perzentile des rechten Hodenvolumens in Gewichtsabhängigkeit

Gewichtsbereiche in kg	Hodenvolumenmaße des rechten Hodens in ml				
	10. Perzentile	25. Perzentile	50. Perzentile	75. Perzentile	90. Perzentile
0—5,9	0,2	0,2	0,3	0,5	0,6
6—10,9	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
11—15,9	0,3	0,5	0,6	0,7	0,7
16—20,9	0,38	0,5	0,7	0,8	1,12
21—25,9	0,4	0,58	0,6	0,8	0,9
26—30,9	0,5	0,5	0,8	0,93	1
31—35,9	0,6	0,8	0,95	1,1	1,9
36—40,9	0,9	1,05	2	3	
41—45,9	0,7	0,9	1,6	7,4	
46—50,9	1	1,5	3,4	7,15	
51—55,9	0,9	2	5,3	7,25	
56—60,9	2,2	5,2	10,15	17,13	
61—70,9	4,4	5,63	9,75	17,18	
71—80,9	6,3	7,55	10,9	14,9	

Anhang 13 Tabelle: Länge des linken Hodens in Alterabhängigkeit

Allgemeine Gruppendaten			Hodenlängenmaße des linken Hodens in mm				
Altersbereiche in Jahren	Anzahl	Körpergröße in cm	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
0—1,5	35	48—86	13,04	13,2	1,68	9,3	17,2
1,5—3	19	80—95	14,78	14,8	1,87	11,2	18
3—4,5	20	98—117	15,48	15,1	1,92	12,4	21,6
4,5—6	11	103—123	16,4	16,8	2,31	12,5	19,3
6—7,5	9	113—133	15,81	15,4	1,72	12,8	18,1
7,5—9	14	126—152	17,04	16,85	3,24	12,4	24,7
9—10,5	14	124—161	17,46	17	4,45	12,3	30,6
10,5—12	13	137—163	21,96	21,2	4,75	16,5	31,3
12—13,5	15	143—180	28,34	28,9	4,98	18,5	36,8
13,5—15	8	156—175	40,34	36,45	7,61	32,5	50,4
15—16,5	7	158—190	40,14	38,3	4,56	36	49,5
16,5—18	9	170—193	43,87	41,8	6,38	35,1	52,1

Anhang 14 Tabelle: Länge des rechten Hodens in Altersabhängigkeit

Allgemeine Gruppendaten			Hodenlängenmaße des rechten Hodens in mm				
Altersbereiche in Jahren	Anzahl	Körpergröße in cm	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
0—1,5	35	48—86	13,22	13,3	1,87	8,8	16,7
1,5—3	19	80—95	14,87	15,2	1,93	10,4	17,6
3—4,5	20	98—117	15,29	14,8	2,55	9,3	21,4
4,5—6	11	103—123	16,3	16	2,16	13,3	19,3
6—7,5	9	113—133	16,46	17	1,42	14	18,1
7,5—9	14	126—152	16,58	16,15	2,99	13,3	24,7
9—10,5	14	124—161	17,58	16,85	4,8	13,1	32,9
10,5—12	13	137—163	22,19	21,5	4,99	16,2	33
12—13,5	15	143—180	28,71	29,6	5,39	18,5	37,7
13,5—15	8	156—175	39,98	36,15	7,04	34	50,7
15—16,5	7	158—190	39,2	37,9	4,78	34,2	48,2
16,5—18	9	170—193	43,77	42,5	7,16	34,9	54,5

Anhang 15 Tabelle: Breite des linken Hodens in Altersabhängigkeit

Allgemeine Gruppendaten			Hodenbreitenmaße des linken Hodens in mm				
Altersbereiche in Jahren	Anzahl	Körpergröße in cm	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
0—1,5	35	48—86	8,44	8,4	1,3	6,4	12,3
1,5—3	19	80—95	8,47	8,5	1,01	6,8	10,2
3—4,5	20	98—117	9,23	9,2	1,43	6,9	11,7
4,5—6	11	103—123	10,46	10,3	1,07	9,3	12,7
6—7,5	9	113—133	9,68	10	1,08	7,8	11,1
7,5—9	14	126—152	10,5	10,65	1,34	8,2	13,4
9—10,5	14	124—161	10,91	10,55	1,95	8,7	16,4
10,5—12	13	137—163	13,85	13,2	3,71	9,9	22,2
12—13,5	15	143—180	17,7	18,4	3,51	12	24,2
13,5—15	8	156—175	25,15	23,1	4,27	20,9	31,2
15—16,5	7	158—190	22,49	22,4	4,34	16,1	28,9
16,5—18	9	170—193	26,71	28,5	3,49	20,7	30,7

Anhang 16 Tabelle: Breite des rechten Hodens in Altersabhängigkeit

Allgemeine Gruppendaten			Hodenbreitenmaße des rechten Hodens in mm				
Altersbereiche in Jahren	Anzahl	Körpergröße in cm	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
0—1,5	35	48—86	8,43	8,3	1,21	6	11,3
1,5—3	19	80—95	8,68	8,4	0,95	7,5	10,6
3—4,5	20	98—117	9,3	9,35	1,26	6,6	12,1
4,5—6	11	103—123	10,26	10,1	1,31	8,2	13,3
6—7,5	9	113—133	9,3	9,2	0,88	8,1	10,8
7,5—9	14	126—152	10,88	10,9	1,68	8,6	15,6
9—10,5	14	124—161	10,81	10,4	1,96	8,6	16,1
10,5—12	13	137—163	14,29	13,9	4,15	10,3	22,4
12—13,5	15	143—180	17,49	17,3	3,25	11,3	21,7
13,5—15	8	156—175	24,28	23,7	3,03	20,6	29,9
15—16,5	7	158—190	23,16	21,6	4,45	17,4	29,8
16,5—18	9	170—193	26,59	26,1	3,14	22,1	31,2

Anhang 17 Tabelle: Höhe des linken Hodens in Altersabhängigkeit

Allgemeine Gruppendaten			Hodenhöhenmaße des linken Hodens in mm				
Altersbereiche in Jahren	Anzahl	Körpergröße in cm	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
0—1,5	35	48—86	7,79	7,8	1,24	5,3	10,1
1,5—3	19	80—95	8,09	8,1	1,14	5,9	9,6
3—4,5	20	98—117	8,23	8,05	1,33	5,6	11,8
4,5—6	11	103—123	8,2	8,5	1,57	5,8	10,4
6—7,5	9	113—133	8,43	8,7	1,29	6,1	10,4
7,5—9	14	126—152	8,69	8,5	1,8	6,5	12,3
9—10,5	14	124—161	9,01	8,9	2,38	5,9	16,3
10,5—12	13	137—163	10,55	10,4	2,62	7,4	15,7
12—13,5	15	143—180	13,89	14	3,58	8,9	19,3
13,5—15	8	156—175	21,03	19,85	4,37	16,6	28,9
15—16,5	7	158—190	20,89	20,5	3,35	16,2	26,1
16,5—18	9	170—193	23,89	24,6	4	15,3	28,7

Anhang 18 Tabelle: Höhe des rechten Hodens in Altersabhängigkeit

Allgemeine Gruppendaten			Hodenhöhenmaßemaße des rechten Hodens in mm				
Altersbereiche in Jahren	Anzahl	Körpergröße in cm	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum
0—1,5	35	48—86	7,49	7,8	1,2	4,6	9,5
1,5—3	19	80—95	8,33	8,3	1,22	6,1	10,5
3—4,5	20	98—117	8,32	7,95	1,42	5,9	11,5
4,5—6	11	103—123	8,26	8,7	1,8	5,2	10,5
6—7,5	9	113—133	8,42	8,5	1,21	6,5	10,4
7,5—9	14	126—152	8,89	8,35	1,86	7,1	13,2
9—10,5	14	124—161	9,31	8,95	2,27	7,2	16,4
10,5—12	13	137—163	10,35	10,3	2,07	7,3	14
12—13,5	15	143—180	13,97	13,6	3,88	9,3	21,3
13,5—15	8	156—175	21,04	20,95	4,13	16,2	27,8
15—16,5	7	158—190	22,07	21,4	3,08	18,5	27
16,5—18	9	170—193	23,08	24,4	3,89	15,3	27,1

Anhang 19 Tabelle: Probanden mit Größe oder Gewicht unterhalb der 3. Perzentile bzw. oberhalb der 97. Perzentile

Proband	Alter in Jahren	Größe in cm (Perzentile)	Gewicht in kg (Perzentile)	Tanner-Stadium PH (SD) G (SD)	Linkes Hodenvolumen in ml (Perzentile)	Rechtes Hodenvolumen in ml (Perzentile)
2008019	0,04	42 (<3.)	2 (<3.)	1 (-) 1 (-)	0,2 (<10.)	0,2 (10.)
2008028	0,43	60 (<3.)	5 (3.)	1 (-) 1 (-)	0,6 (75.)	0,5 (50.-75.)
2008018	0,72	70 (<3.)	11 (50.-97.)	1 (-) 1 (-)	0,7 (90.)	0,7 (90.)
2009187	1,78	90 (75.-90.)	14 (>97.)	1 (-) 1 (-)	1 (>90.)	0,9 (>90.)
2008027	2,33	92 (50.)	16,8 (>97.)	1 (-) 1 (-)	0,6 (50.-75.)	0,7 (75.)
2009119	4,39	98 (<3.)	15 (25.)	1 (-) 1 (-)	0,5 (25.)	0,5 (25.)
2008074	4,48	111 (50.)	32,5 (>97)	1 (-) 1 (-)	1,1 (>90)	1 (75.-90.)
2008071	5,21	103 (<3.)	15 (3.-10.)	1 (-) 1 (-)	0,4 (<10.)	0,4 (10.)
2008037	7,71	137 (90.-97.)	41 (>97.)	1 (-) 1 (-)	0,9 (50.-75.)	0,9 (50.-75.)
2008033	8,06	152 (>97.)	33,4 (75.-90.)	1 (-) 1 (-)	0,6 (25.)	0,5 (<10)
2008083	9,58	124 (<3.)	24 (3.)	1 (-) 1 (-)	0,9 (50.)	0,8 (25.-50.)
2008087	10,04	149 (75.-90.)	55 (>97.)	2 (< -2SD) 2 (-1SD bis -2SD)	1 (75.-90.)	0,9 (50.-75.)
2009189	10,39	161 (>97.)	61 (>97.)	1 (-) 2 (-1SD bis -2SD)	4,3 (>90.)	4,5 (>90.)
2009104	12,82	180 (>97.)	83 (>97.)	4 (-1SD bis -2SD) 4 (MW bis -1SD)	7 (75.-90.)	8 (75.-90.)
2008096	16,42	193 (>97.)	110 (>97.)	4 (+1SD bis +2SD) 4 (> +2SD)	22,9 (>75.)	20,6 (>75.)
2009146	17,19	192 (97.)	116 (>97.)	5 (+1SD bis +2SD) 5 (> +2SD)	22,6 (>75.)	22,2 (>75.)

9. Thesen

1. Die Hoden des Menschen sind von Geburt an Einflüssen ausgesetzt, welche sich auf das Volumen auswirken können.

2. Es ist eine genaue und standardisierte Bestimmung des Hodenvolumens im klinischen Alltag notwendig, um Einflüsse frühzeitig erkennen zu können.

3. Die Bestimmung des Hodenvolumens mittels Orchidometer ist ein im klinischen Alltag weit verbreitetes Verfahren. Es besteht jedoch das Problem der Überschätzung des Hodenvolumens, weil durch Palpation Hodenhüllen, Bindegewebe oder auch Raumforderungen nicht sicher abgegrenzt werden können. Die Messsicherheit ist abhängig von der Erfahrung des Untersuchers.

4. Die Sonographie stellt eine ergänzende Methode zur Bestimmung des Hodenvolumens dar. Vorteile gegenüber der Orchidometrie bestehen in der gleichzeitigen Beurteilung der Hodenbinnenstruktur sowie der umgegebenden Strukturen. Zudem werden bei einer Hodenvolumenmessung die umgegebenen Strukturen nicht miterfasst, sodass genauere Messergebnisse entstehen.

5. Alters-, Größen- sowie Gewichtsabhängige Referenzwerttabellen ermöglichen den Vergleich und Bewertung der gemessenen Hodenvolumina mit einer Referenzgruppe.

6. Ziel der vorliegenden Querschnittsstudie war die Erstellung von Referenzwerttabellen des Hodenvolumens im Alter von 0 bis 18 Jahre im Raum Halle (Saale). Die Probanden der Stichprobe waren frei von Erkrankungen oder Therapien, welche sich auf das Hodenvolumen auswirken können.

7. Es wurden erstmalig Referenzwerttabellen der Korrelationen des Hodenvolumens zu Alter, Körpergröße und -gewicht sowie der Korrelationen der einzelnen Hodenmaße zum Alter und zueinander erstellt.

8. Das Hodenvolumen korreliert bis zum pubertärem Wachstumsschub signifikant auf dem Niveau $p<0,01$ zu Alter, Größe und Gewicht. Die einzelnen Hodenmaße korrelierten signifikant mit $p<0,01$ zum Alter. Die Hodenmaße Länge, Breite und Höhe sowie die Hodenvolumina der beiden Hoden korrelieren mit $p=0,01$ zueinander.

9. Die Hodenvolumina wurden in Abhängigkeit vom Tanner-Stadium dargestellt. Die Mittelwerte der Hodenvolumina stiegen mit zunehmendem Pubertätsstadium an. Die Spannweiten sowie Standardabweichungen nahmen bis zum Tanner-Stadium G4 und G5 sowie PH4 und PH5 zu. Das Hodenvolumen korreliert auf dem Niveau 0,01 signifikant zum Tanner-Stadium.

10. Die Probanden der Stichprobe wurden in gängige Größen- und Gewichtsperzentilen eingeteilt. Probanden unterhalb der 3. sowie oberhalb der 97. Perzentile wurden bzgl. der Hodenvolumina untersucht, um einen möglichen Einfluss dieser Größen auf das Hodenvolumen zu erfassen. Es besteht die Annahme, dass Hochwuchs und Übergewicht eher zu sehr großen Hoden führen, während Kleinwuchs und Untergewicht eher zu sehr kleinen Hoden führen.

11. 4,92% Probanden der Stichprobe wiesen sonomorphologische Auffälligkeiten auf. Sie wurden vom Referenzkollektiv ausgeschlossen. 6 Probanden hatten eine Mikrolithiasis der Hoden, 1 Proband eine Hydrocele testis, Varikozele sowie eine Nebenhodenzyste, 1 Proband wies eine Varikozele auf sowie 1 Proband eine vermutete Spermatozele. 1 Proband mit Varikozele wies eine Differenz der Hodenvolumina über 2 ml auf und damit ein Kriterium der Hodenatrophie. Die restlichen Probanden wiesen kein Kriterium der Hodenatrophie auf.

12. Zukünftig sollte das Ziel sein, unter standardisierten Bedingungen mittels ausreichend großer Referenzkollektive Referenzwerttabellen sowie Perzentilenkurven zu erstellen. Wünschenswert ist die weiterführende Untersuchung der ethnischen Abhängigkeit des Hodenvolumens und die Berücksichtigung dieser innerhalb der Referenzwerttabellen sowie die evidenzbasierte Darstellung von Einflussfaktoren des Hodenvolumens.

13. Dabei ermöglichen Längsschnittstudien im Gegensatz zu Querschnittsstudien eine optimale Darstellung des dynamischen Wachstumsprozesses der Hoden unter Verwendung einer geringeren Probandenanzahl.

Tabellarischer Lebenslauf

bis 2003	Ehrenberg-Gymnasium Delitzsch (Abiturnote 1,6)
9/2003 bis 6/2004	Zivildienst an der Fröbelschule Delitzsch (Ganztagesbetreuung geistig behinderter Kinder und Jugendlicher)
seit 10/2004	Studium der Humanmedizin an der Martin-Luther-Universität Halle- Wittenberg
3/2007	Physikum
8/2007- 9/2007	Praxis-Famulatur Chirurgie in Delitzsch (Sachsen)
3/2008- 4/2008	Klinik-Famulatur Radiologie, spez. Ultraschall im Universitätsklinikum Halle (Saale)
8/2008- 9/2008	Klinik-Famulatur Pneumologie im Universitätsklinikum Halle (Saale)
8/2009- 8/2009	Klinik-Famulatur Kinderheilkunde im Universitätsklinikum Halle (Saale)
2/2010- 6/2010	Praktisches Jahr 1. Tertial Innere Medizin in der Gastroenterologischen Abteilung des Elisabeth-KH Halle (Saale)
6/2010- 10/2010	Praktisches Jahr 2. Tertial Wahlfach Kinderheilkunde im Universitätsklinikum Halle (Saale)
10/2010- 1/2011	Praktisches Jahr 3. Tertial Chirurgie in der Herz-Thorax-Chirurgie im Universitätsklinikum Halle (Saale)
5/2011	Abschluss des Medizinstudiums an der Martin-Luther-Universität Halle- Wittenberg
5/2011- 9/2011	arbeitssuchend
ab 09/2011	Assistenzarzt in der Klinik und Poliklinik für Diagnostische Radiologie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Selbstständigkeitserklärung- Frühere Promotionsversuche

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quellen gekennzeichnet. Ich versichere, dass ich für die inhaltliche Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht die entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- und Beratungsdiensten (Promotionsberater oder anderer Personen) in Anspruch genommen habe. Niemand hat von mir unmittelbar oder mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Arbeit erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen.
Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Sonographische Bestimmung der Hodenvolumina im Alter von 0 bis 18 Jahren im Raum Halle (Saale)*“* stellt meinen ersten Promotionsversuch dar.

Datum Unterschrift

Danksagung

Ich möchte Herrn Prof. Dr. med. Rolf Peter Spielmann für die Überlassung des Themas sowie die freundliche und konstruktive Betreuung meinen Dank aussprechen.

Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. med. Kathrin Ruschke für die jederzeit inspirierende und motivierende Zusammenarbeit, ohne welche die Studie in dieser Form nicht möglich gewesen wäre.

Herrn Dr. med. Christian Kunze danke ich für die geduldige Einarbeitung in die Sonographie.

Ich danke Herrn Prof. Dr. rer. nat. habil. Wienke aus dem Institut für Medizinische Epidemiologie, Biometrie und Informatik für die freundliche Beratung in statistischen Fragestellungen.

Mein besonderer Dank gilt allen Probanden und deren Eltern, die an dieser Studie teilgenommen haben.

Den ärztlichen Kollegen auf den Stationen für Kinderkardiologie, Kinderchirurgie sowie Kinderheilkunde danke ich für ihre tatkräftige Mitarbeit bei der Patientenrekrutierung.

Ebenso von Bedeutung war die Unterstützung der medizinisch-technischen Röntgenassistentinnen/ -en, welche mich in allen organisatorischen Dingen unterstützten.

Nicht zuletzt danke ich meiner Familie und meinen Freunden für ihre Kraft und unterstützenden Worte während der Durchführung und Fertigstellung dieser Arbeit. Ein großer Dank gilt meinem Bruder Christian, welcher keine Mühen scheute und mir jederzeit in jeglichen Belangen zur Seite stand.