

Zur Standardisierung der Perinealsonographie:
Evaluation etablierter und neuer Referenzsysteme

Von der Medizinischen Fakultät
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
zur Erlangung des akademischen Grades
einer Doktorin der Medizin
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Julia Hennemann

aus

Mainz am Rhein

Berichter: Herr Universitätsprofessor
Dr. med. Nicolai Maass

Herr Universitätsprofessor
Dr. med. Peter Markus Walter

Tag der mündlichen Prüfung: 26. August 2013

Diese Dissertation ist auf den Internetseiten der Hochschulbibliothek online
verfügbar.

gewidmet meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Allgemeines zum Perinealultraschall.....	1
1.1.1	Rolle in der urogynäkologischen Diagnostik	1
1.1.2	Geschichte.....	2
1.1.3	Alternativen.....	3
1.1.4	Anwendungsgebiete	3
1.2	Messprinzipien	4
1.2.1	Lagerung und Vorbereitung	4
1.2.2	Schallkopf und Bildorientierung.....	5
1.2.3	Ablauf der Untersuchung	6
1.3	Beurteilbare Strukturen	7
1.4	Etablierte Messparameter	9
1.4.1	Messparameter in der Inkontinenzdiagnostik.....	11
1.4.2	Messparameter in der Deszensusdiagnostik	12
1.5	Referenzlinien	13
1.5.1	Die Symphyse als Referenzstruktur.....	13
1.5.2	Bekannte Referenzlinien.....	15
1.5.3	Anforderungen an eine neue Referenzlinie.....	21
2	Zielsetzung der Arbeit.....	24
3	Material und Methoden	25
3.1	Stichprobe	25
3.2	Durchführung der Ultraschalluntersuchung	25
3.2.1	Untersucher	25
3.2.2	Vorbereitung	25
3.2.3	Gerät und Schallkopf	26
3.2.4	Ablauf der Untersuchung	26
3.3	Auswertung der Bilddaten	28
3.3.1	Verwendete Referenzlinien.....	29
3.3.2	Erhobene Parameter.....	30
3.3.3	Manöver.....	31
3.3.4	Qualitative Analyse	32
3.3.5	Quantitative Analyse	32
3.4	Statistische Auswertung der Ergebnisse.....	32
3.4.1	Deskriptive Auswertungen	32

3.4.2	Weitere statistische Berechnungen.....	33
4	Ergebnisse.....	34
4.1	Patientinnenkollektiv.....	34
4.2	Darstellbarkeit der Referenzlinien	35
4.3	Deskriptive Statistik.....	36
4.3.1	Erhobene Werte.....	36
4.3.2	Unterschiede zwischen Linie 1 und Linie 3	43
4.4	Reliabilitätsuntersuchungen	45
4.4.1	intraclass correlation coefficients (ICC's).....	45
4.4.2	Bland-Altman-Graphiken.....	46
4.5	Weitere Fragestellungen	54
4.5.1	Unterschiede in den erhobenen Werten zwischen den verschiedenen Ruhemanövern	54
4.5.2	Unterschiede in den erhobenen Werten zwischen Husten- und Valsalva-Manöver	59
5	Diskussion	62
5.1	Allgemeines.....	62
5.2	Unterschiede in der Darstellbarkeit der Referenzlinien	62
5.3	Auffälligkeiten in den deskriptiven Werten und diesbezügliche Unterschiede zwischen den Referenzlinien 1 und 3.....	65
5.4	Erfahrungen aus anderen Studien bezüglich der Korrelation zu Anatomie und Funktion	67
5.4.1	Anatomischer Zusammenhang	67
5.4.2	Funktioneller Zusammenhang.....	68
5.5	Reliabilitätsprüfung.....	70
5.5.1	Diskussion der Ergebnisse	70
5.5.2	Vergleich zu Ergebnissen anderer Studien.....	72
5.6	Vergleich der Ruhe-Manöver	73
5.7	Vergleich von Ruhe- und Hustenmanöver.....	74
5.8	Diskussion der Methodik	74
6	Zusammenfassung	76
7	Literatur.....	78

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
BG	Blasengrund
cm	Zentimeter
mm	Millimeter
COR	coefficient of repeatability
DEGUM	Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin
DGGG	Deutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe
DI	Discus interpubicus
H	Husten
ICC	intraclass correlation coefficient
ICS	International Continence Society
K	Kontraktion
MHz	Megahertz
MUI	Meatus urethrae internus
POP-Q	Pelvic Organ Prolaps Quantification
R	Ruhe zu Beginn
R _K	Ruhe nach Kontraktion
R _V	Ruhe nach Valsalva
R _H	Ruhe nach Husten
Tab.	Tabelle
TVT	tension-free vaginal tape
V	Valsalva
vs.	versus

1 Einleitung

1.1 Allgemeines zum Perinealultraschall

1.1.1 Rolle in der urogynäkologischen Diagnostik

Im Rahmen der pränatalen und gynäkologischen Diagnostik ist die Sonographie seit ihrer Entstehung ein beliebtes bildgebendes Verfahren: Das simple, nicht-invasive Messprinzip bietet bei guter Verfügbarkeit und schneller Lernkurve des Anwenders gleichzeitig einen hohen Informationsgewinn. Mit der Weiterentwicklung der sonographischen Technik durch Anwendung verschiedenster Messsonden und hoher Bildauflösung hat sich das Verfahren auch in der urologischen und urogynäkologischen Diagnostik etabliert.

Besondere Anwendung findet die Sonographie mit perinealer Sondenposition, von wo aus der gesamte untere Harntrakt mit Blase und Urethra sowie Teile der Vagina und die muskulären Beckenbodenstrukturen beurteilt werden können. Im Gegensatz zur vaginalen Sondenplatzierung wird hierbei die Mobilität des Blasenhalbes nicht eingeschränkt (Wise et al. 1992). Die weniger invasive Art der Untersuchung ist zudem für die Patientin angenehmer. Vom Perinealultraschall, bei dem ein Abdominalschallkopf zum Einsatz kommt, wird der Introitusultraschall unterschieden, der mithilfe eines Vaginalschallkopfes durchgeführt wird. Beiden gemein ist jedoch die perineale Sondenposition (Peschers et al. 2004).

Der Perinealultraschall spielt eine zunehmende Rolle in der Differentialdiagnostik der Harninkontinenz, des Descensus genitalis sowie von paraurethralen Pathologien. Eine neue Anwendung ergibt sich derzeit aus dem Biofeedback-Prinzip zur Therapie der Beckenbodenschwäche. Auch in der Diagnostik der männlichen Harninkontinenz, etwa nach radikaler Prostatektomie, werden erste Studien zum Nutzen der Perinealsonographie durchgeführt. Postoperative Kontrollen nach Einlage von suburethralen Schlingen (TVT, tension-free vaginal tape) und anderen alloplastischen Materialien erwiesen sich ebenfalls nützlich (Dietz 2010).

Synonyme für eine perineale Sondenposition sind introital, transperineal, labial oder translabial (Abrams 2009).

1.1.2 Geschichte

Erstmals beschrieben wurde die Methode der Perinealsonographie von Lewin im Jahr 1976 zur Untersuchung der Zervix im Rahmen der geburtshilflichen Diagnostik (Lewin 1976). Jeanty et al. beschäftigten sich ab 1984 ebenfalls mit der vorgeburtlichen Zervix, erwähnten jedoch ebenfalls erstmals die Möglichkeit der Darstellung des posterioren urethralen Winkels (Jeanty 1986). Dynamische Vorgänge am Beckenboden beurteilten erstmals Debus-Thiede im Jahr 1985 (Debus-Thiede 1985).

Im deutschsprachigen Raum begann die Arbeitsgruppe um Bernaschek bereits 1981 mit der Darstellung des Urethra-Blasen-Winkels bei inkontinenten Patientinnen (Bernaschek et al. 1981). Zeitgleich beschrieben Kohorn und Grischke im Jahre 1986 die erstmalige Nutzung eines Curved-Array-Schallkopfes, und etablierten hiermit die Methodik des Perinealultraschalls, wie wir ihn heute kennen (Grischke et al. 1986; Kohorn et al. 1986). Kölbl ergänzte das Verfahren 1990 durch die Möglichkeit der Introitussonographie mithilfe eines Vaginalschallkopfes, der perineal aufgesetzt und nicht vaginal eingeführt wird (Koelbl et al. 1990). Hiermit lässt sich die gewünschte Darstellung von Urethra und Blase im Sagittalschnitt im Rahmen einer gynäkologischen Untersuchung erreichen, ohne dass der Schallkopf gewechselt werden muss.

Der dreidimensionale Ultraschall vor allem der Urethra und des Beckenbodens wurde 1999 erstmals beschrieben (Athanasίου et al. 1999). Hierzu werden zweidimensionale Bilder in koronarer, axialer und sagittaler Achse erstellt, aus denen ein dreidimensionales Bild errechnet wird. Der vierdimensionale Ultraschall ermöglicht darüber hinaus eine dreidimensionale Darstellung über die Zeit, sodass dynamische Vorgänge wie die Beckenbodenkontraktion genauestens im Ablauf nachverfolgt werden können (Abrams 2009).

1.1.3 Alternativen

Der bis vor einigen Jahren gültige Goldstandard in der Diagnostik von urogenitalen Pathologien, das laterale Zystourethrogramm, wurde im Laufe der letzten Jahre zunehmend verlassen und durch die Perinealsonographie ersetzt. Gründe hierfür sind – von Seiten der Patientinnen – die Strahlenbelastung durch das Röntgen sowie die Invasivität des Verfahrens durch die retrograd mit Kontrastmittel gefüllte Harnblase. Von Seiten des Anwenders ergibt sich durch die Sonographie der Vorteil, das Verfahren in den eigenen Räumlichkeiten ausführen zu können, sowie eine erhöhte Genauigkeit (Mouritsen et al. 1994), insbesondere bei adipösen Patientinnen (Shah et al. 2007). Vergleiche der beiden Verfahren ergaben, insbesondere für die Blasenhalposition in Ruhe und beim Pressen, in zahlreichen Studien gute Korrelationswerte (Bernaschek et al. 1980; Kohorn et al. 1986; Mouritsen et al. 1994; Schaer et al. 1995; Troeger et al. 2003; Shah et al. 2007).

Zunehmenden Anklang findet die Magnetresonanztomographie (MRT), vor allem in der Diagnostik von Senkungsbeschwerden. Die deutliche geringere Verfügbarkeit sowie die Kosten des Verfahrens schränken die Verbreitung des Verfahrens zumindest in der klinischen Routine und außerhalb der Forschungstätigkeit jedoch deutlich ein.

1.1.4 Anwendungsgebiete

Die Anwendungen der Perinealsonographie sind äußerst vielseitig und werden mittlerweile multidisziplinär genutzt. Von Seiten der Geburtshilfe, wo die Technik ihren Ursprung nahm, sind die Beurteilung der Zervix uteri möglich (Grischke et al. 1986). Peripartale Levatortraumata können mithilfe der Sonographie nachvollzogen werden. Auch die Sonographie des Feten ist bereits mit der Perinealsonographie gelungen (Merz 2010). Die Urogynäkologie nutzt das Prinzip einerseits zur präoperativen Diagnostik und Verlaufskontrolle der Belastungsinkontinenz, andererseits zur Quantifizierung und genaueren Bestimmung von urogenitalen Senkungsbeschwerden (Dietz 2010). Besonders nach Einlage von suburethralen Schlingen ist eine perinealsonographische

Verlaufs- und Lagekontrolle von Bedeutung (Dietz 2010). In der Urologie können paraurethrale Pathologien wie Abszesse und Divertikel differenziert werden und mittlerweile auch Männer nach radikaler Prostatektomie von dem Verfahren profitieren (Najjari et al. 2011; Najjari et al. 2012). Die aufstrebende Disziplin der Beckenbodenmedizin bedient sich der Methode, um die funktionelle Anatomie und Pathophysiologie dieses Bereiches weiter zu erforschen (Costantini et al. 2006).

1.2 Messprinzipien

1.2.1 Lagerung und Vorbereitung

Die Lagerung der Patientin erfolgt in der Regel im Liegen (auf der Untersuchungs-liege) oder Halbliegen (auf dem gynäkologischen Stuhl) mit aufgestellten, gespreizten Beinen, also in Steinschnittlage. Eine Messung ist auch an der stehenden Patientin möglich. Es sollte dabei beachtet werden, dass sich in liegender Position ein geringerer Descensus des Blasenhalses ergibt und die Detektionsrate an Trichterbildungen geringer ist (Mouritsen et al. 1994; Schaer et al. 1996; Dietz et al. 2001). Da nur wenige Studien in stehender Position durchgeführt wurden, empfiehlt sich die – für die Patientin darüber hinaus bequemere – Position im Liegen. Vorteilhaft ist, dass eine relaxierte Beckenbodenhaltung im Liegen leichter fällt.

Die DGGG (Deutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe) empfiehlt eine Blasenfüllung von ungefähr 300 ml zur optimalen Visualisierung der Beckenverhältnisse (Tunn et al. 2010). Laut Schaer 1996 und Mouritsen 1994 hat die Blasenfüllung zwar keinen Einfluss auf das Untersuchungsergebnis, doch bei Dietz 1999 ergab sich eine größere Blasenhalmsmobilität bei leerer Blase (Mouritsen et al. 1994; Schaer et al. 1996; Dietz et al. 1999). Bei stärker gefüllten Blasen können die geforderten Manöver aufgrund des Harndrangs womöglich nicht ausreichend durchgeführt werden, weil die Patientinnen einen unbeabsichtigten Harnabgang befürchten. Die leere Blase mit aufeinanderliegenden Blasenwänden ist zumindest für ungeübte Untersucher schwerer zu erkennen als die echoleere, gefüllte Harnblase.

1.2.2 Schallkopf und Bildorientierung

Bei der Introitussonographie kommt ein Vaginalschallkopf, also ein Sektorschallkopf mit 5-7,5 MHz, zur Anwendung, der am Meatus urethrae externus aufgesetzt wird. Blasen Hals und Urethra lassen sich hiermit gut darstellen, während die Symphyse – als für die metrischen Messungen wichtiger Bezugspunkt – nicht immer gut zur Darstellung kommt (Peschers et al. 2004).

Bei der Perinealsonographie werden deswegen Abdominalschallköpfe, also Curved-linear-Array-Sonden mit 3,5 oder 5 MHz verwendet, die auf das Perineum gesetzt werden. Hiermit lässt sich, bei korrekter Platzierung und Winkeleinstellung, die Symphyse zusammen mit dem unteren Harntrakt darstellen (Peschers et al. 2004). Auch das Rektum und die Vagina können so dargestellt werden.

Bezüglich der Orientierung des Bildes auf dem Bildschirm divergieren die internationalen Interessen. Während im amerikanisch-australischen Bereich die Abbildung von kranialen Strukturen am unteren Bildrand und umgekehrt vorsieht (siehe Abb. 1a), empfiehlt die DGGG die „physiologische“ Darstellung nach Merz und Bernaschek: Der Schallkopf erscheint am unteren Bildrand, kraniale Strukturen erscheinen oben (siehe Abb. 1b) (Bernaschek 1989; Merz et al. 2007).

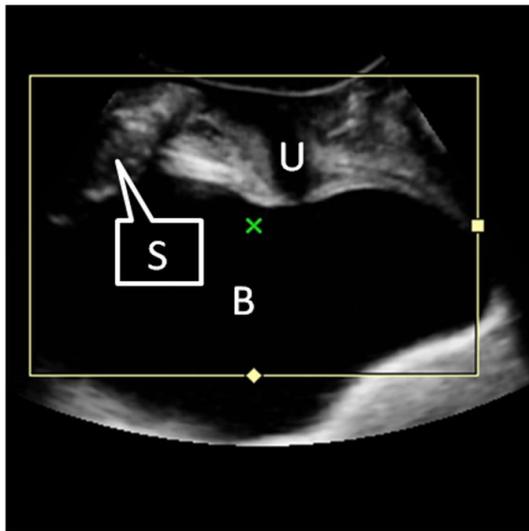


Abb. 1a: perinealsonographische Darstellung von Blase (B), Urethra (U) und Symphyse (S) nach amerikanisch-australischem Vorbild.

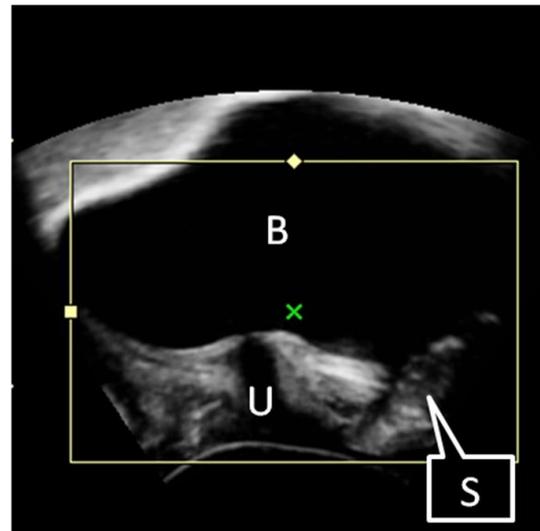


Abb. 1b: Darstellung derselben Strukturen nach Merz und Bernaschek.

1.2.3 Ablauf der Untersuchung

Nachdem die Patientin bequem und entspannt auf der Untersuchungs- liege oder dem Untersuchungsstuhl Platz genommen hat, wird der Schallkopf aufgesetzt. Dazu werden die Labien gespreizt und der Schallkopf mit dem Oberrand am Perineum platziert. Hierdurch erhält er eine gewisse Führung, und es ist sichergestellt, dass die Symphyse als Orientierungsstruktur im Bild ist.

Während der Untersuchung ist generell auf einen möglichst geringen Anpressdruck der Sonde zu achten, da erhöhte Drücke zu einer artifiziiellen Lageveränderung von Urethra und Blasen- hals führen und darüber hinaus der Patientin Unbehagen bereiten können (Schaer et al. 1996).

Zunächst wird für gewöhnlich eine Aufnahme in absoluter Beckenboden- Ruhe erstellt. Die Patientin sollte hierbei ruhig atmen, nicht sprechen oder husten. Um den maximalen Descensus des Blasen- halses sowie ein eventuelles Absinken der Blase zu produzieren, wird die Patientin dann aufgefordert möglichst fest zu pressen (Valsalva- Manöver). Die Reproduzierbarkeit dieses Manövers stellt ein allgemeines Problem dar, da die Patientin je nach Tagesverfassung oder

Schmerzen möglicherweise unterschiedlich starke Pressmanöver produziert. Braekken et al standardisierten die Stärke des Valsalva-Manövers mithilfe eines peak-flow-Meters (Braekken et al. 2008), was bislang jedoch keine Verbreitung findet. Als eine für den Alltag typische Situation mit unwillkürlichem Urinabgang wird das Husten verwendet. Aufgrund der schnellen Bewegungen während des Hustens ist eine sichere Beurteilung jedoch nur mithilfe der Videoaufnahmefunktion möglich, bei der nach der Untersuchung das Bildmaterial in verlangsamt oder angehaltenen Bildern detailliert untersucht werden kann. Schließlich wird die Patientin noch gebeten, den Beckenboden anzuziehen. Dieses Manöver dient der Beurteilung von Koordinationsfähigkeit und Kräftigungszustand der Beckenmuskulatur, kann jedoch auch genutzt werden, um die Patientin im Rahmen von Biofeedback die Kontraktion ihres Beckenbodens erlernen zu lassen (Dietz et al. 2001; Whittaker et al. 2007).

1.3 Beurteilbare Strukturen

Bereits die zweidimensionale Ultraschalluntersuchung lässt Rückschlüsse auf eine Reihe von Strukturen innerhalb des Beckens zu:

- Die Harnblase fällt im gefüllten Zustand als echoleere, runde Struktur als erstes ins Auge. Harnblasensteine und möglicherweise auch Tumoren vor allem im kaudalen Abschnitt können erkannt werden (Tunn et al. 2003; Washington et al. 2008). Eine Zystozele kann entweder bereits in Ruhe, oder erst beim Pressen oder Husten auffallen (Tunn et al. 2003).
- Die Urethra kann an ihrem Ursprung in der Harnblase, dem Meatus urethrae internus (MUI), beurteilt werden, der auch Blasen Hals genannt wird. Der Blasen Hals lässt gelegentlich eine Trichterbildung erkennen. Seine Mobilität (das Bewegungsausmaß zwischen Ruhe- und Valsalva-Position) kann im Rahmen von Belastungsinkontinenz und Descensus urogenitalis vergrößert sein (Tunn et al. 2003; Dietz 2004). Die Urethra zeigt sich im Gegensatz zur echoleeren, gefüllten Harnblase eher echoarm. Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass eine echoarme Struktur im Bereich der Urethra nicht zwangsläufig der Urethra

entsprechen muss: Im Verlauf des Organs lassen sich paraurethrale Pathologien wie Abszesse und Divertikel erkennen (Najjari et al. 2011), die ebenfalls echoarm erscheinen können. Nach Implantation von suburethralen Schlingen kommt es gelegentlich zum Harnverhalt durch zu straffe Lage des Bandes (Cho et al. 2011). Ein nicht abzugrenzendes Lumen in der Perinealsonographie kann hier als Hinweis auf eine solche Ursache für den Harnverhalt gewertet werden. Ebenso wurde schon mehrfach die Migration eines solchen Bandes in die Urethra selbst geschildert (Madjar et al. 2002; Lieb et al. 2003; Tunn et al. 2004).

- Vagina und Rektum lassen sich aufgrund ihrer Struktur und der dorsalen Lage nur eingeschränkt beurteilen. So zeigen Untersuchungen zum Descensus genitalis im mittleren und posterioren Kompartiment eine deutlich geringere Reproduzierbarkeit als im anterioren Kompartiment (Dietz et al. 2001). Das Befüllen der Vagina mit Ultraschallgel kann hier eine verbesserte Darstellbarkeit bewirken (Najjari et al. 2012).
- Die Symphyse wird meist lediglich als Bezugspunkt für eine entweder zentrale oder tangential Achse als Grundlage für ein Koordinatensystem visualisiert (siehe unten), mithilfe derer die weiteren Strukturen des Beckens vermessen werden können. Eigenständige Pathologien der Symphyse sind die Symphysenruptur und die Osteitis pubis, die jedoch nicht mithilfe der Perinealsonographie diagnostiziert werden (Weber et al. 1997).
- Nach der Einlage von suburethralen Bändern und anderen alloplastischen Materialien zur Therapie der Belastungsinkontinenz ist der Perinealultraschall zur postoperativen Beurteilung geeignet (Dietz 2004). Spannungszustand, Lokalisation sowie Morphologie sind von Interesse bei Komplikationen und Rezidiven.

Eine Erweiterungsmöglichkeit bietet die Kontrastumkehr, die zur genaueren Darstellung von Fistelgängen herangezogen werden kann (Najjari et al. 2011).

1.4 Etablierte Messparameter

In der klinischen Routinediagnostik ist der Perinealultraschall für eine Vielfalt an Fragestellungen nützlich. Neben dem Ausschluss paraurethraler Pathologien bei Perinealschmerz oder Miktionsauffälligkeiten gehören insbesondere die Inkontinenzdiagnostik und die Quantifizierung des Descensus genitalis in dieses Spektrum.

Voraussetzung zur sinnvollen Messung von unten genannten Parametern ist die gleichzeitige Darstellung von Symphyse (als fixen Orientierungspunkt), Harnblase, Urethra (möglichst in ihrem breitesten Durchmesser) und Meatus urethrae internus. Nur, wenn diese vier Punkte zeitgleich abgebildet sind, können aussagekräftige Messungen getätigt werden.

Insbesondere für Messparameter in der Inkontinenzdiagnostik wird im europäischen Raum häufig ein Koordinatensystem verwendet (Tunn et al. 2010). Dessen X-Achse stellt die zentrale Symphysenlinie nach Schaer (s.u.) dar. Als Y-Achse kommt eine Gerade senkrecht zur X-Achse zum Einsatz, die an den Hinterrand der Symphyse angelegt wird (siehe Abb. 2a). Ausgehend von diesem System können verschiedene Parameter standardisiert und reproduzierbar bestimmt werden.

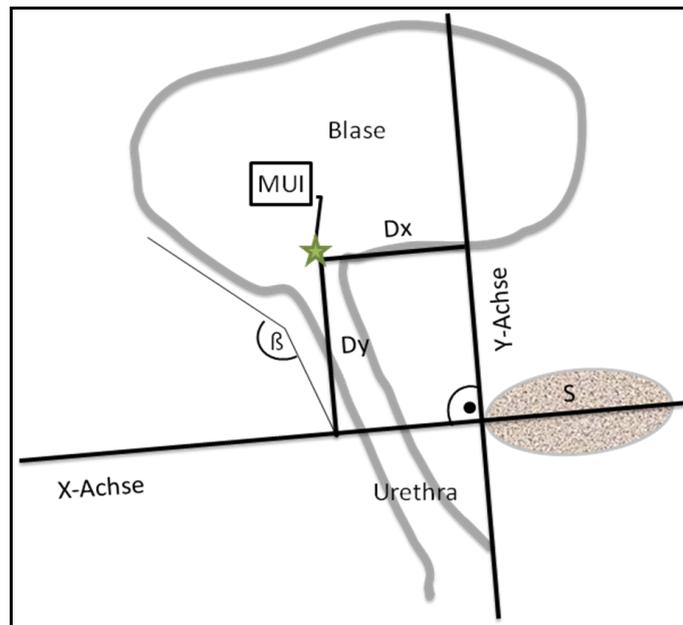


Abb. 2a: Einsatz eines Koordinatensystems zur Vermessung von Strukturen beim Perinealultraschall. Zu sehen sind die Blase, Symphyse (S) mit zentraler Symphysenlinie, die der X-Achse entspricht, einer dazu senkrechten Y-Achse, der Meatus urethrae internus (MUI, Stern) mit den Distanzen D_y und D_x , die der Koordinatenbestimmung dienen, sowie die Urethra und der posteriore urethrovesikale Winkel β nach Green.

Manche Parameter werden auch mithilfe einer Distanz und eines Winkels berechnet, siehe Abb. 2b.

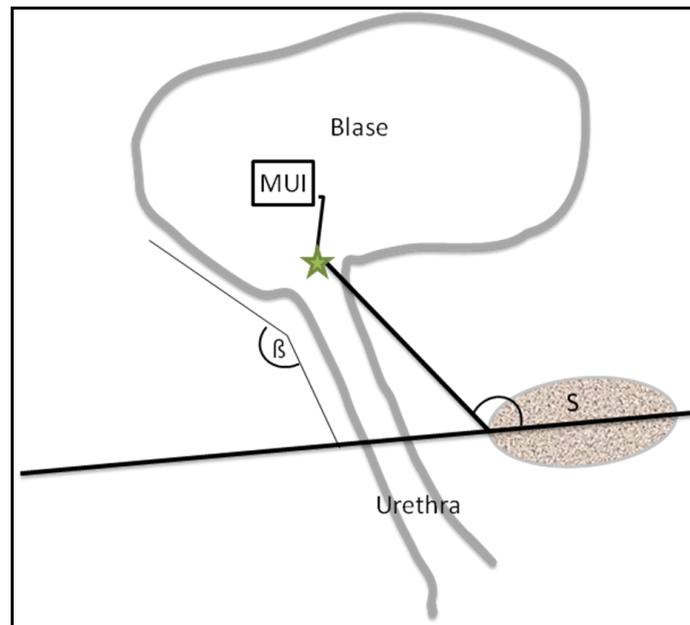


Abb. 2b: Vermessung der Position des Meatus urethrae internus (MUI) mithilfe der zentralen Symphysenlinie und eines Winkels γ zwischen den Symphysenlängsachse und einer Linie zwischen inferiorer Symphysenkante und MUI.

1.4.1 Messparameter in der Inkontinenzdiagnostik

Ein wesentlicher Parameter ist hier die Lagebestimmung des Meatus urethrae internus in Ruhe und beim Pressen, da sein Descensus während des Valsalva-Manövers eine hohe Korrelation zum Vorliegen einer urodynamisch bestätigten Harninkontinenz aufweist (Dietz et al. 2002; Bader et al. 2004).

Die Bestimmung dieses Punktes erfolgt entweder durch ein Koordinatensystem (siehe Abb. 2a) (Fink et al. 1995; Schaer et al. 1995) oder durch Angabe der Distanz und des Rotationswinkels zur kaudalen Symphysenkante (siehe Abb. 2b), wobei ersteres zum aktuellen Zeitpunkt verbreiteter ist (Creighton et al. 1992). Im Rahmen der klinischen Routine, wo zwei verschiedene Werte (zwei Koordinaten oder eine Koordinate und ein Winkel) die spontane Vorstellungskraft zur Beurteilung der Blasenhalmsmobilität übersteigen können, wird häufig analog zur Deszensusdiagnostik (s.u.) lediglich die Koordinate der Y-Achse notiert (Virtanen et al. 2002; Viereck et al. 2003; Dietz 2004; Dietz

2010). Entsprechend wird es auch in den Guidelines der International Continence Society (ICS) empfohlen (Tubaro et al. 2009).

Weitere Anhaltspunkte, die häufig bestimmt werden, für die jedoch kein klarer Zusammenhang mit der Harninkontinenz beschrieben wurde, sind der posteriore urethrovesikale Winkel β nach Green (siehe Abb. 2) und der Inklinationwinkel α , der zwischen der proximalen Urethra einer beliebigen fixieren Achse (etwa der vertikalen Ebene) gemessen wird (Schaer et al. 1996; Tunn et al. 2003).

1.4.2 Messparameter in der Deszensusdiagnostik

Zur Quantifizierung von Senkungszuständen des Urogenitaltraktes beschränkt man sich in der Regel darauf, die Entfernung des tiefsten Punktes des Prolapses zu einer definierten Referenzlinie zu messen. Dietz verwendet hier die horizontale Symphysenlinie (siehe Abb. 3) (Dietz et al. 2001).

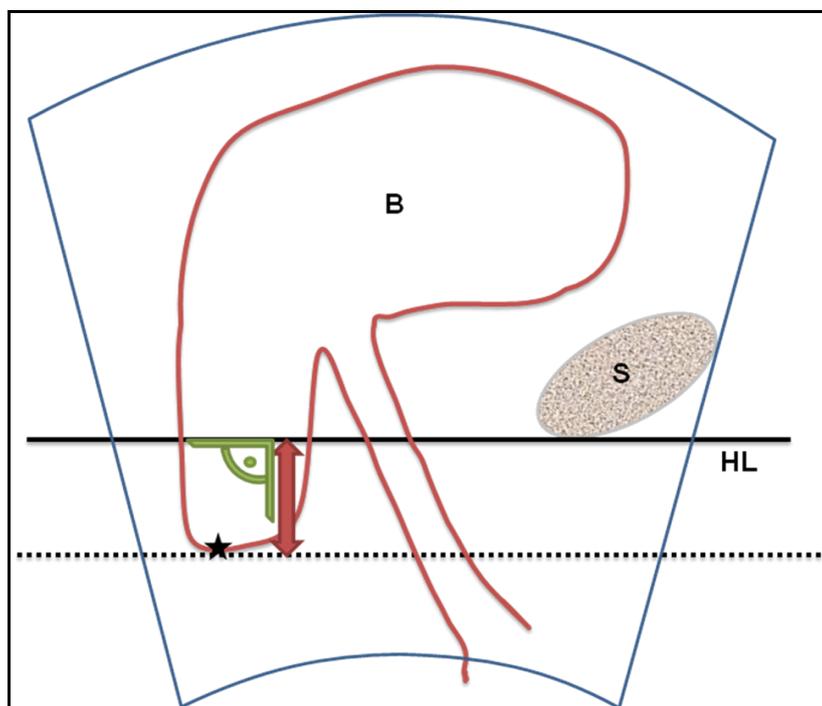


Abb. 3: Vermessen eines Descensus genitalis der Harnblase mithilfe der horizontalen Symphysenlinie nach Dietz, Bildorientierung hier nach europäischem Standard. Zu sehen sind Blase (B), Symphyse (S), horizontale Symphysenlinie (HL), tiefster Punkt des Blasengrundes (schwarzer Stern).

Für das vordere und mittlere Kompartiment, also für Zystozelen und Uterozelen, konnte eine gute Korrelation zur klinischen Einschätzung gezeigt werden. Für das hintere Kompartiment, die Rektozele, ist die Korrelation geringer (Dietz et al. 2001). Im Ausgleich kann hier besser zwischen der „wahren“ Rektozele mit Fasziendefekt und der „falschen“ Rektozele mit reiner perinealer Hypermobilität ohne Defekt unterschieden werden (Dietz 2004).

1.5 Referenzlinien

1.5.1 Die Symphyse als Referenzstruktur

Die Vermessung des Urogenitaltraktes zur Diagnostik von Kontinenz- und Senkungsbeschwerden erfordert in der Regel die Bestimmung von dynamischen Parametern, wie dem Absinken der Harnblase während des Valsalva-Manövers im Rahmen einer Zystozele. Hierzu wird eine nicht-dynamische Referenzstruktur benötigt, die bei den entsprechenden Manövern stabil bleibt. Die Symphyse stellt zu diesem Zweck einen idealen Referenzpunkt dar: Sie liegt im gewünschten Schallfenster und ihr sonographischer Nachweis gelingt fast immer.

Die Arbeit von Beco (1996) beschäftigt sich als eine von wenigen mit der genauen technischen Umsetzung der Sonographie des unteren Harntraktes. Auch wenn sich seine Ausführungen auf die transvaginale und introitiale Sonographie beziehen, sollen seine detaillierten Angaben über die Darstellung der Symphyse hier genutzt werden.

Er beschreibt die Sichtbarkeit von zwei bogenförmigen Linien, von denen die obere besser und die untere schlechter gegen ihre Umgebung abgrenzbar ist. Die obere Linie stellt die untere Kante der Symphyse dar – im exakt mediosagittalen Schnitt als knorpeligen Discus interpubicus, im beginnend parasagittalen Schnitt als Os pubis. Die untere Linie beschreibt das Ligamentum arcuatum, das dorsal von einer kleinen Vene begrenzt wird. Im exakt mediosagittalen Schnitt ist das Ligament an seiner kräftigsten Stelle geschnitten. Je weiter nach parasagittal die Schnittebene rückt, desto schmaler

wird das Ligament und damit der Abstand zwischen den beiden Linien. Abb. 4 verdeutlicht die anatomischen Umstände.

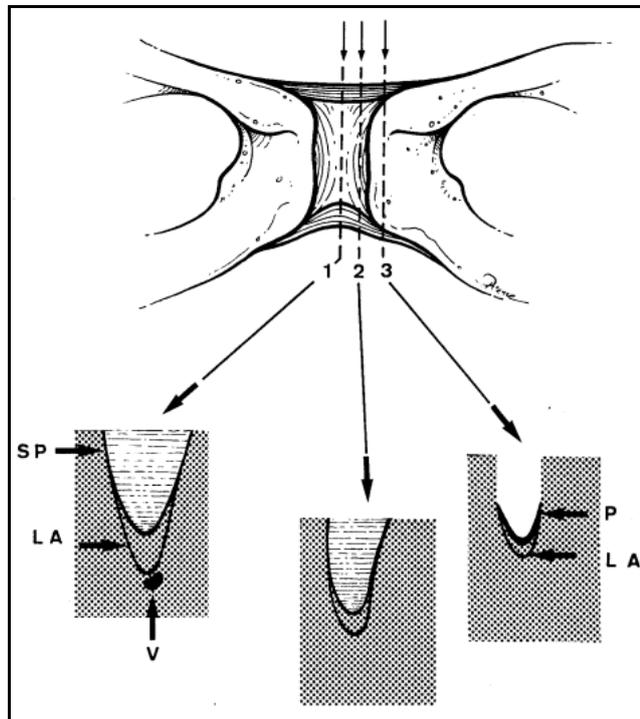


Abb. 4: Der obere Bildabschnitt zeigt die Symphyse mit dem Discus interpubicus und dem Ligamentum arcuatum sowie drei Schnittlinien: Linie 1 liegt genau mediosagittal, Linie 2 und 3 parasagittal. Die jeweils zugehörigen Ultraschallschnitte zeigen wiederum die Symphyse (SP), das Ligamentum arcuatum (LA) und eine kleine Vene, die sich kaudal davon befindet (V). Der parasagittale Schnitt (3) zeigt besonders echogene Begrenzungslinien. Quelle: Beco J.: Reducing uncertainty for versico-urethral sonography in women. *Acta Urologica Belgica* (1995) 63 (2): 13-29.

Für einen perfekten mediosagittalen Schnitt empfiehlt Beco die Darstellung dieses Ligaments an seiner kräftigsten Stelle, akzeptabel ist für ihn jeder Schnitt im „Symphysalen Fenster“. Dies entspricht demjenigen Bereich, in dem das Ligamentum arcuatum ohne knöcherne Anteile des Os pubis dargestellt werden kann, und ist laut Beco fünf bis sechs Millimeter breit. Gerät der Schallkopf außerhalb dieses Fensters, gewinnt der Referenzpunkt an Echogenität, was den Übergang zum knöchernen Os pubis darstellt. Ein zu klarer Referenzpunkt ist demnach ein Zeichen für einen parasagittalen Schnitt. Wie schwerwiegend

die Auswirkungen eines Parasagittalschnittes sind, kann Beco jedoch nicht anhand von Studien belegen.

In Anbetracht des schmalen Rahmens von wenigen Millimetern ist es fraglich, inwiefern die alltägliche Praxis sich an diesem symphysalen Fenster orientiert. Die gängigen Studien der Perinealsonographie nennen als Referenzpunkt meist lediglich den dorsokaudalen Symphysenrand, ohne weiter darauf einzugehen, ob das Ligamentum arcuatum oder bereits der Übergang zum knöchernen Os pubis dargestellt wird. Hinzu kommt, dass besonders bei älteren Frauen aufgrund zunehmender Sklerosierung des Discus interpubicus eine Abgrenzung zum knöchernen Os pubis nicht mehr einwandfrei gelingt (Bader 1997).

Die Literatur bietet derzeit zwei verschiedene virtuelle Linien, die zur Vermessung des unteren Genitaltraktes in der Sonographie herangezogen werden können und sich an der Symphyse als Leitstruktur orientieren. Einerseits existiert eine horizontal gezogene Linie, die tangential der unteren dorsalen Symphysenkante angelegt wird und von Dietz 1996 erstmalig beschrieben und von einer großen Anzahl von Autoren genutzt wurde (Schwenke et al. 1994; Bader et al. 1995; Dietz et al. 1996; Bader 1997; Viereck et al. 2003; Viereck et al. 2004). Sie findet vor allem im amerikanisch-australischen Raum Verbreitung. Andererseits ist – vor allem in der europäischen Literatur – die von Schaer 1995 beschriebene zentrale Symphysenlinie von Bedeutung, die durch die Längsachse der Symphyse im Sagittalschnitt zieht (Schaer et al. 1995; Bader 1997; Peschers et al. 2001; Pregazzi et al. 2002).

1.5.2 Bekannte Referenzlinien

Um die horizontale Referenzlinie nach Dietz anzulegen, benötigt es lediglich den kaudalen Symphysenrand, durch den die Linie gezogen wird. Ihre sonstige Orientierung erhält sie durch einen zum Bildrand horizontalen Verlauf. Dies erzeugt einen großen Nachteil dieser Achse: Durch ihre Ein-Punkt-Fixierung ist sie gegenüber dem Kippen der Sonde empfindlich.

Die zentrale Symphysenlinie nach Schaer (1995) wird in zwei Punkten verankert: Einerseits dem dorsokaudalen (wie bereits oben erwähnt) und andererseits dem ventrokranialen Symphysenrand. Es wird also eine Längsachse durch den Querschnitt der Symphyse gezogen. Dies führt dazu, dass bei Bewegungen der Ultraschallsonde die Achse stabil bleibt.

Stabilität der Bezugspunkte bei Bewegungen der Ultraschallsonde

Es gibt verschiedene Ursachen für eine Bewegung der Ultraschallsonde während der Messung. Nicht nur durch Unachtsamkeit des Untersuchers oder durch zu heftige Bewegungen der Patientin kann eine Sondenbewegung hervorgerufen werden, sondern auch, um einen deszendierenden Blasenhalss oder einen starken Descensus genitalis bis zu seinem Endpunkt zu verfolgen. Da für etwaige Messungen stets die gesamte Symphyse im Bild bleiben muss, kann der gewünschte Messpunkt oftmals nicht bis zur stärksten Ausprägung des Manövers verfolgt werden.

Bezüglich dieses Problems der Achsenstabilität untersuchten Reddy et al. (2001) den Einfluss der Bewegung von Ultraschallsonden auf das Ergebnis der Blasenhalssbewegung (Reddy et al. 2001). Sie nutzten das im Gebrauch übliche Koordinatensystem (siehe oben), um am Ultraschallbild der ruhenden Patientin den Meatus urethrae internus und den dorsokaudalen Symphysenrand zu markieren. Während des Pressmanövers blieben die Markierungen bestehen, sodass die Bewegung der beiden Punkte in Form von Vektoren gemessen wurde und somit ein unkorrigierter Wert entstand. Zur Berechnung eines um die Sondenbewegung korrigierten Wertes wurde die Bewegung des Blasenhalsses um die des dorsokaudalen Symphysenrandes berichtigt. Es ergab sich ein relativer Fehler zwischen 28 und 37% je nach durchgeführtem Manöver für die Strecke in mm, sowie zwischen 18 und 87% für die Richtungsabweichung der Bewegung in Grad (Reddy et al. 2001).

Das heutzutage übliche Verfahren, das für jedes durchgeführte Manöver ein neues Anlegen des Koordinatensystems vorsieht, kommt auf einem etwas

anderen Wege zum gleichen Ergebnis: Bewegungsdistanz und –richtung werden um die Bewegung der Sonde korrigiert. Dies gilt zumindest für die zweipunktfixierte zentrale Symphysenlinie, die auch Reddy untersuchte. Bei der horizontalen Linie nach Dietz ergibt sich jedoch – aufgrund der Ein-Punkt-Fixierung – durch eine mögliche Rotationsbewegung des Schallkopfes das Problem der Richtungsänderung.

Vor- und Nachteile der Referenzlinien

Weitere Vorteile in der Verwendung der horizontalen Linie nach Dietz liegen laut Bader, der verschiedene Referenzlinien im transvaginalen Ultraschall untersuchte, im geringen Zeitaufwand ihrer Darstellung (10,9 bis 13,7s) und in der Tatsache, dass der untere Symphysenrand auch bei zunehmender Ossifikation im Alter stets darstellbar ist (Bader 1997). Ein weiterer Nutzen besteht darin, dass nicht die gesamte Symphyse dargestellt werden muss, was die gleichzeitige Darstellung des Bezugspunktes und des posterioren Schallfensters ermöglicht. Dies ist etwa zur Darstellung einer Rektozele oder zur Verfolgung eines ausgeprägten Blasenhalshalsdeszensus erforderlich. Von Nachteil hingegen kann es sein, dass die horizontale Linie entgegen der zentralen Symphysenlinie (wie unten geschildert) nicht einer sinnvollen anatomischen Struktur entspricht. Weiterhin ist zu erwähnen, dass die horizontale Symphysenlinie stets im Kontext ihrer ursprünglichen Darstellung zu sehen ist: Dietz nutzt stets – analog zum amerikanisch-australischen Standard und zur ursprünglichen Beschreibung des Perinealultraschalls nach Grischke und Kohorn – eine Bildorientierung, die das Perineum am oberen und die Symphyse am linken Bildrand vorsieht (Grischke et al. 1986; Kohorn et al. 1986). Diese Darstellung ist in Europa eher unüblich und dem Betrachter bei der Deutung der Strukturen und Prozesse zunächst hinderlich. Die horizontale Symphysenlinie kann deswegen vom Großteil der Anwender in Europa besser mithilfe der hier üblichen Bildorientierung (Perineum unten, Symphyse rechts) kombiniert werden. Womöglich steht diese mangelnde Kompatibilität mit dem europäischen System ihrer Verwendung im Wege, denn eine Drehung um 180° genügt möglicherweise nicht um identische optische Verhältnisse zu schaffen.

Ein möglicher Vorteil der zentralen Symphysenlinie besteht darin, dass sie, wie eine MRT-Studie von Singh und Kollegen ergab, anatomisch ungefähr auf Höhe des Hymenalsaums endet (Singh et al. 2001). Dies ist besonders für die Quantifizierung des urogenitalen Prolapses von Bedeutung, da das Hymen eine natürliche Begrenzung der Vagina nach außen darstellt. Außerdem ist diese Linie im Rahmen der in Europa üblichen Standards erstellt worden und somit mit den hiesigen Verhältnissen ohne Einschränkungen kompatibel.

Ein Nachteil dieser Referenzlinie ist, dass in manchen Fällen der Discus interpubicus nicht in seiner Gänze dargestellt werden und zur Umgebung abgegrenzt werden kann (Bader 1997): Er sklerosiert mit zunehmendem Alter sowie bei Chondrokalzinose und Osteitis pubis (bei Sportlern und geburtstraumatisch) und ist deswegen schlechter darstellbar (Bader 1997; Wirth 2002). Für den Introitusultraschall mit Vaginalschallkopf gelang Bader bei lediglich 61% der Patientinnen eine suffiziente Darstellung des Discus interpubicus, während in den verbleibenden Fällen die Reichweite des Schallkopfes und seine Positionierung am Ostium urethrae externum keine Beurteilung des gesamten Bereichs erlaubten. Für den Perinealschall, so Bader, stellt dies jedoch in der Regel kein Problem dar, weil die Curved-Array-Sonde zumindest teilweise bereits auf dem Discus interpubicus zu liegen kommt und einen größeren Bildausschnitt produziert als der Vaginalschallkopf (Bader 1997). Bei der Betrachtung von Ultraschallstudien (siehe Abb. 5) fällt weiterhin auf, dass der ventrokraniale Pol des Discus interpubicus oft nicht abgrenzbar ist: dies kann einerseits an der Verschattung durch das darunter liegende, angeschnittene Os pubis liegen, andererseits an der größeren Entfernung zur Ultraschallsonde.

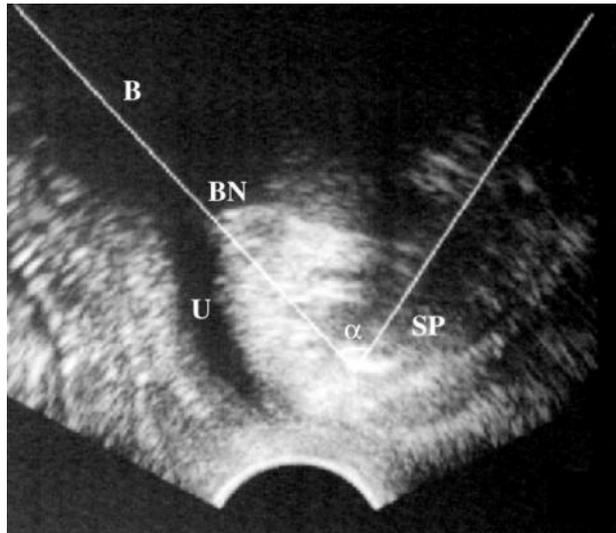


Abb. 5a: Beispiel für verschwommene Abgrenzung der oberen Symphysenkante im Ultraschall. Zu sehen: Blase (B), Blasenhals (BN), Winkel α , Symphyse (SP), Urethra (U). Entnommen aus: Pregazzi R. et al: Perineal ultrasound evaluation of urethral angle and bladder neck mobility in women with stress urinary incontinence. *British Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 2002: 109: 821-827.

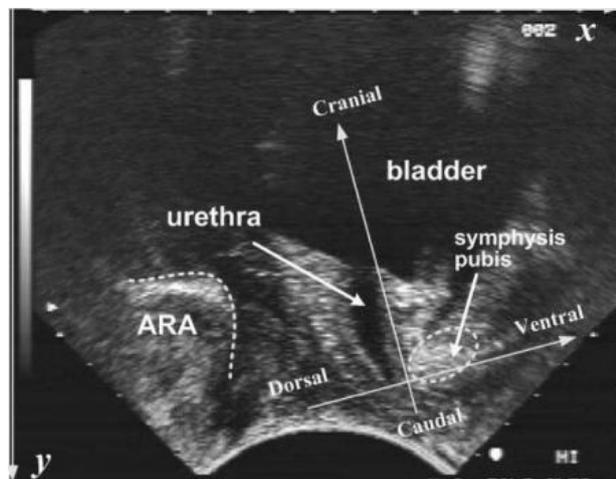


Abb. 5b: Beispiel für schlechte Abgrenzbarkeit des Discus interpubicus. Entnommen aus: Peng, L., Jones, Q., Shishido, K., Constantinou, C.E.: Ultrasound evaluation of dynamic responses of female pelvic floor muscles. *Ultrasound Med Biol.* (2007) 33 (3): 342-52.

Schließlich muss zur Darstellung dieser Linie die Symphyse komplett im Bild sein, was die Verfolgung von posterioren Prozessen im Bild erschwert.

Zusammenfassend ergeben sich für beide derzeit verwendete Referenzlinien – zumindest in der Theorie – einige Vor- und Nachteile:

Die horizontale Linie ist nur tangential an der Symphysenunterkante fixiert und deswegen nicht winkelstabil. Die Unterkante ist jedoch im Ultraschall stets auffindbar und auch dann darstellbar, wenn der ventrale Rest der Symphyse zugunsten der Darstellung von posterioren Prozessen im Bild weichen muss. Ihre Bildorientierung nach in Europa unüblichen Standards erschwert die Anwendung.

Die zentrale Symphysenlinie sollte aufgrund ihrer Zwei-Punkt-Fixierung winkelstabil sein. Weiterhin entspricht ihre Verlaufslinie einer anatomischen Struktur, nämlich der zentralen Symphysenachse. Ihre Orientierung am Discus interpubicus weist jedoch einige Nachteile auf:

- Er sklerosiert mit zunehmendem Alter sowie bei Chondrokalzinose und Osteitis pubis (bei Sportlern und geburtstraumatisch) und ist deswegen schlechter darstellbar (Bader 1997; Wirth 2002).
- Die ventrokraniale Symphysenkante ist häufig verwaschen dargestellt (Pregazzi et al. 2002; Peng et al. 2007; Lovegrove Jones et al. 2010). Dies ist auf den Dorsalschatten der davor liegenden Symphyseanteile zurückzuführen.
- Die Symphyse muss stets komplett im Bild sein, um die Referenzlinie einlegen zu können, weswegen posteriore Prozesse häufig nicht komplett dargestellt werden können.

1.5.3 Anforderungen an eine neue Referenzlinie

Die Perinealsonographie zur Diagnostik von Inkontinenz- und Senkungsbeschwerden hat sich insbesondere an Instituten, die keine ausdrücklichen Beckenbodenzentren darstellen, noch nicht durchgesetzt. Um auch in diesem Bereich die Perinealsonographie zu einem praktikablen Verfahren zu etablieren, muss sich die Standardisierung der Methode an den Bedürfnissen des im Perinealschall eher ungeübten Urologen und Gynäkologen orientieren. Weiterhin ist selbstverständlich eine hohe Reproduzierbarkeit des Verfahrens erforderlich, um auch bei Weiterbehandlung der Patientin andernorts ein verwertbares Messergebnis zu erhalten.

Vor diesem Hintergrund ergeben sich nun einige Kriterien für eine optimale Referenzlinie zur Messung von urogynäkologischen Parametern:

- Darstellbarkeit in möglichst 100% der Fälle,
- Fixierung an der Symphyse als einzig stabilen Bezugspunkt im Ultraschallfenster des kleinen Beckens,
- Fixierung an zwei Punkten zu Gewährleistung der Winkelstabilität,
- Lokalisation beider Fixierungspunkte möglichst weit dorsal, um eine zeitgleiche Darstellung posteriorer Strukturen zu garantieren.

Der Voraussetzung des exakten Sagittalschnitts, wie von Beco gefordert, stehen folgende Argumente entgegen: Ein perfekt mediosagittaler Anschnitt des Discus interpubicus ist laut Beco nur dann gegeben, wenn die Referenzpunkte nicht allzu deutlich zu sehen sind. Ein zu klar sichtbarer Punkt – markiert am Os pubis, das ein stark echogenes Signal provoziert – spräche für einen parasagittalen Schnitt, der laut Beco nicht akzeptabel sei (Beco 1995). Aus der Notwendigkeit, die Referenzlinie durch unklar auszumachende Punkte zu legen, ergibt sich jedoch der Nachteil, dass die Wahrscheinlichkeit, den richtigen Punkt zu treffen, geringer ist, als bei klar sichtbaren Verhältnissen. Dies dürfte besonders für ungeübte Untersucher ein Problem darstellen. Hinzu kommt die Tatsache, dass insbesondere bei post-operativen, asymmetrischen

anatomischen Verhältnissen auch im parasagittalen Schnitt die Urethra in ihrem breitesten Durchmesser gleichzeitig mit Blasenhalshals und Symphyse dargestellt werden kann, womit Kriterien für eine sinnvolle Vermessung des unteren Harntraktes erfüllt sind. Dem entspricht die Tatsache, dass bei einer Vielzahl von anerkannten Studien, die perinealsonographische Bilder zeigen, die stark echoreiche Linie zu sehen ist, die laut Beco dem Os pubis im Parasagittalschnitt entspricht. Hierbei fällt auf, dass sowohl hochauflösende (Abb. 3 in (Dietz 2010), Abb. 5 in (Virtanen et al. 2002), Abb. 1 in (Piloni 2007), Abb. 4a in (Peng et al. 2007), Abb. 1 in (Lovegrove Jones et al. 2010)) als auch niedriger auflösende Ultraschallbilder (Abb. 1 in (Fink et al. 1995), Abb. 2 in (Pregazzi et al. 2002)) diese Strukturen zeigen können. Die Forderung nach einem exakten Mediosagittalschnitt, sollte also zugunsten der Praktikabilität und Machbarkeit zurücktreten.

Die jeweiligen Vorteile der horizontalen und zentralen Symphysenlinie können nun genutzt werden, um eine neue, verbesserte Referenzlinie abzuleiten:

Auch eine neue Linie sollte sich an der **Symphyse als einzig fixe Struktur** im Schallfenster orientieren.

Die Darstellbarkeit der Linie in möglichst 100% der Fälle kann dadurch gegeben werden, dass eben nicht der knorpelige Discus interpubicus als Referenzstruktur ausgewählt wird, sondern eher ein knöcherner Anteil. So ist die orientierende Struktur auch bei älteren Frauen und für den ungeübten Untersucher zu sehen. In Betracht kommen die bereits von Beco erwähnten beiden echoreichen Linien, die das Ligamentum arcuatum und das beginnende Os pubis darstellen. Sie sind unabhängig von der Aufnahmequalität zu erkennen.

Eine **winkelstabile Lage der Referenzachse** kann nur dadurch garantiert werden, dass die Gerade durch zwei Punkte verläuft. Um eine möglichst enge Orientierung an dem natürlichen Verlauf der Symphyse zur gewährleisten, bieten sich folgende Bezugspunkte an: das dorsokaudale Ende der unteren

echoreichen Linie, die das Ligamentum arcuatum darstellt, sowie das ventrokraniale Ende der oberen echoreichen Linie, die den Übergang ins Os pubis darstellt (siehe Abb. 6).

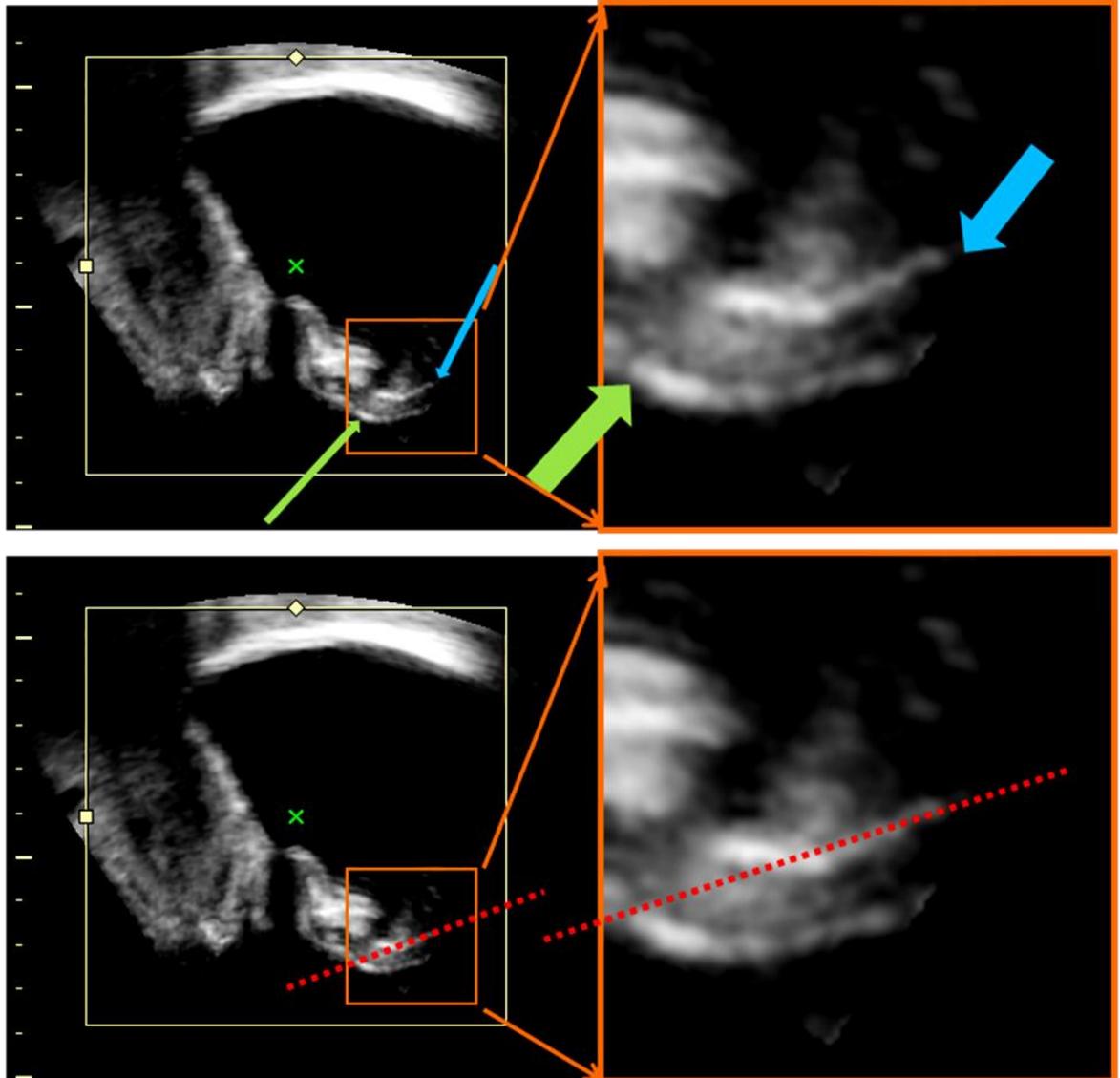


Abb. 6: oben links: Darstellung der Symphyse mit Discus interpubicus sowie zweier echoreicher Linien innerhalb des Rahmens. Der blaue Pfeil deutet auf den Übergang zum Os pubis, der grüne Pfeil auf das Ligamentum arcuatum. Oben rechts: Vergrößerung des Bildabschnitts im Rahmen. Unten links: Darstellung der Referenzlinie (rot gepunktet) durch die per blauem und grünen Pfeil markierten Punkte. Unten rechts: Vergrößerung des Bildabschnitts im Rahmen. Quelle: eigene Aufnahmen.

Diese beiden Punkte bieten darüber hinaus den Vorteil, dass sie **weiter dorsal** liegen als der Discus interpubicus und somit eine gleichzeitige Darstellung mit

weit posterioren Prozessen ermöglichen. Auch dieses letzte Kriterium wäre somit erfüllt.

2 Zielsetzung der Arbeit

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll überprüft werden, inwiefern sich die drei oben genannten Linien (Ein-Punkt-fixierte horizontale Symphysenlinie nach Dietz; Zwei-Punkt-fixierte zentrale Symphysenlinie nach Schaer; neu abgeleitete Linie zwischen Os pubis und Ligamentum arcuatum) in Hinblick auf folgende Parameter unterscheiden:

- **Häufigkeit der Darstellbarkeit**, im Sinne der klinischen Routine auch für den ungeübten Untersucher, unabhängig vom Alter der Patientin
- **Reproduzierbarkeit der Darstellbarkeit**

In Abhängigkeit von den Ergebnissen dieser Analysen soll eine Empfehlung ausgesprochen werden, welche der Linien sich am besten zur Messung von urogynäkologischen Parametern eignet. Die Resultate sollen einen Beitrag zur Standardisierung der Perinealsonographie und ihrer Auswertung leisten und vor allem dem Interesse des Kliniklers gerecht werden. Auch zur vergleichenden Betrachtung von internationalen Studien mit Nutzung verschiedener Referenzsysteme sollen die Ergebnisse beitragen.

Im Zuge dessen soll der Einfluss von zwei weiteren Faktoren der Untersuchung auf das Ergebnis analysiert werden, nämlich ob signifikante Unterschiede in Bezug auf die resultierenden Werte

- zwischen Press- und Hustenmanövern sowie
- zwischen wiederholten Ruhepositionen nach verschiedenen Manövern

bestehen.

3 Material und Methoden

3.1 Stichprobe

Die untersuchte Stichprobe setzt sich aus 94 Patientinnen zusammen, die zwischen dem Januar 2010 und August 2011 im Kontinenzzentrum des Uniklinikums Aachen einen Perinealultraschall erhalten hatten. Ihre Aufnahme erfolgte durch Auswahl ihrer Ultraschalldaten, die auf dem Ultraschallgerät des Kontinenzzentrums gesichert waren. Von der jüngsten Aufnahme an wurden die letzten 100 Patientinnen ausgesucht, von denen ein Perinealschall gespeichert worden war. Da bei sechs Patientinnen der Datensatz defekt oder nicht eindeutig zuzuordnen war, verblieben schließlich 94 Patientinnen.

3.2 Durchführung der Ultraschalluntersuchung

3.2.1 Untersucher

Sämtliche Ultraschalluntersuchungen wurden von einer Oberärztin und Fachärztin für Gynäkologie und Geburtshilfe mit Tätigkeitsschwerpunkt Urogynäkologie, im Rahmen ihrer Kontinenzsprechstunde durchgeführt. Sie verfügt über den Stufe-II-Fähigkeitsnachweis der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM).

3.2.2 Vorbereitung

Um die angestrebte, nach Leitlinienempfehlungen für die Bild- und Untersuchungsqualität optimale Blasenfüllung von ca. 300 ml zu erhalten, wurden die Patientinnen aufgefordert, eine halbe Stunde vor der Untersuchung und nach Entleerung der Blase zwei Gläser Wasser zu trinken (Tunn et al. 2010).

Aufgrund der für die Patientin angenehmeren Position und der vermutlich leichteren Durchführbarkeit in der klinischen Routine wurde die Steinschnittlage gewählt: Hierzu sollte die Patientin die Beine bequem zu beiden Seiten anwinkeln und aufstellen. Der Schallkopf wurde mit Ultraschallgel benetzt, aus

hygienischen Gründen mit einem Kondom überzogen, und wiederum mit reichlich Ultraschallgel bestrichen.

Während der Untersuchung wurde stets auf einen möglichst minimalen Sondenanspressdruck geachtet, um keine Artefakte durch Kompression der Urethra oder der Patientin Schmerzen zu verursachen (Schaer et al. 1996; Tunn et al. 2004).

3.2.3 Gerät und Schallkopf

Zur Durchführung der Untersuchung wurde das Ultraschallgerät „Vulson 730 Expert“ der Marke GE-Healthcare mit Perinealsonde (Frequenz 3,5-5 MHz) verwendet, die das Arbeiten mit einem Akquisitionswinkel von bis zu 70° ermöglicht. Es kam darüber hinaus eine 3D/4D-Multischichtdarstellung in Echtzeit zur Anwendung, die eine Beurteilung der Lage und Mobilität der Strukturen erlaubt.

3.2.4 Ablauf der Untersuchung

Sämtliche Untersuchungen erfolgten als Routineuntersuchungen zur Verlaufskontrolle im Rahmen der allwöchentlichen Kontinenzsprechstunde und wurden nicht mit der Absicht eines Forschungsvorhabens erstellt. Somit konnten einerseits reale Bedingungen einer Kliniksprechstunde mit eingeschränktem Zeitrahmen untersucht werden, andererseits war nicht zwangsläufig bei allen Patienten das komplette Untersuchungsprotokoll mit allen Manövern nachzuvollziehen.

Zunächst wurde die Patientin gebeten, ruhig atmend und ohne zu sprechen oder zu husten, liegen zu bleiben. Währenddessen suchte die Untersucherin das optimale Schallfenster zur Vermessung der Parameter auf. Hierzu mussten folgende Strukturen erkennbar sein: Symphyse mit Ligamentum arcuatum und Os pubis/Discus interpubicus, Urethra in ihrem größten Durchmesser, Blasenhalshals und Blasenboden.

Nach Auffinden des optimalen Ausschnitts wurden im Rahmen eines Probedurchganges sämtliche Manöver einmal mit der Patientin geübt: Beckenbodenkontraktion, Pressen und Husten. Nachdem die Untersucherin sichergestellt hatte, dass die Patientin die Anweisung richtig verstanden und korrekt ausgeführt hatte, wurde mithilfe der 4D-Funktion ein Ultraschallfilm erstellt.

Die Reihenfolge der oben genannten Manöver wurde meist wie folgt abgehalten: Ruhe, Kontraktion, Pressen und Husten. Dass die Kontraktion vor den Press-Manövern erfolgt, hat den Grund, dass die Zeit bis zur Reposition der eventuell entstehenden Descensus-Anteile nach einem Press-Manöver sehr lang sein kann. Im Rahmen der klinischen Routine wird also Zeit gespart, indem das Kontraktionsmanöver direkt an den Anfang gesetzt wird. Weiterhin hat diese Reihenfolge den Vorteil, dass Patientinnen, die beim Pressen oder Husten unwillkürlich Urin verloren haben und sich danach gehemmt fühlen, die nachfolgenden Manöver dadurch nicht negativ beeinflussen können.

Um den maximalen Descensus des Blasenhalbes sowie ein eventuelles Absinken der Blase zu provozieren, wird die Patientin dann gebeten möglichst fest zu pressen (Valsalva-Manöver). Es wurden aus Gründen der Praktikabilität keine zusätzlichen Hilfsmittel wie rektale Sonden oder peak-flow-Meter zur Standardisierung des Valsalva-Manövers verwendet. Als eine für den Alltag typische Situation mit unwillkürlichem Urinabgang wurde stets auch das Husten untersucht. Schließlich wurde die Patientin noch gebeten, den Beckenboden anzuziehen, um den Funktions- und Koordinationszustand der Beckenbodenmuskulatur zu beurteilen.

Sämtliche Ultraschallfilme wurden im Format DICOM unter Angabe von Vor- und Nachnamen der Patientin sowie Untersuchungsdatum und -uhrzeit auf der Festplatte des Ultraschallgeräts gespeichert. Aus Gründen der Datensicherung wurde in regelmäßigen Abständen Sicherungskopien der Daten auf einen klinikinternen Server und eine zusätzliche mobile Festplatte angefertigt.

3.3 Auswertung der Bilddaten

Die Auswertung der Bildrohdaten geschah direkt auf dem Ultraschallgerät. Hierzu wurden nach Abschluss des täglichen Routineprogramms im Kontinenzzentrum die gespeicherten Daten wieder in den Arbeitsspeicher des Ultraschallgeräts geladen. Die Auswertung erfolgte zeitlich unabhängig von den Untersuchungsdaten der Patientinnen in mehreren Blöcken. Hierzu wurde die Doktorandin von der betreuenden Urogynäkologin in der Auswertungsmethodik anhand von ungefähr 20, nicht in der Studie eingeschlossenen, früher erhobenen Beispieldatensätzen angeleitet. Der Unterricht enthielt unter anderem die Optimierung der Bildeinstellung, das korrekte Erkennen der durchgeführten Manöver im Ultraschallfilm, die Auswahl der sagittalen Schnittebene innerhalb des vorgegebenen Volumens, die korrekte Platzierung der Referenzlinien und das korrekte Aufsuchen der Messpunkte. Nachdem weitere 20 Aufnahmen von der betreuenden Urogynäkologin und der Doktorandin unabhängig voneinander ausgewertet wurden und die Fähigkeit der Doktorandin bezüglich der Auswertung der Daten bestätigt werden konnte, führte die Doktorandin die Auswertung der Datensätze im Zeitraum von September 2011 bis Juli 2012 eigenständig durch. Um die angestrebte Intra-Rater-Reliabilität errechnen zu können, wurde der gleiche Datensatz zweimal analysiert. Zwischen den beiden Messrunden wurde ein Intervall von vier Monaten eingehalten.

Zur Auswertung der Bilddaten konnte der Ultraschallfilm in einem festgelegten Tempo abgespielt und an den gewünschten Stellen angehalten, oder aber von Hand angesehen werden (hierzu konnten die Pfeiltasten des Ultraschallgeräts oder der Trackball verwendet werden). Für die vorliegende Studie wurde letzteres Verfahren angewandt, da hierbei – besonders beim Husten – die einzelnen Manöver in besserer zeitlicher Auflösung dargestellt werden können.

3.3.1 Verwendete Referenzlinien

Bei jedem beobachteten Manöver wurde die Darstellbarkeit aller drei oben genannten Referenzlinien überprüft und mit ihrer Hilfe die Parameter bestimmt (siehe auch Abb. 7a-c).

Die Referenzlinien werden im Folgenden abgekürzt:

- Horizontale Linie nach Dietz: Linie 1
- Zentrale Linie nach Schaer: Linie 2
- Neue Linie: Linie 3

Sämtliche Parameter wurden durch Verschieben einer zur Referenzlinie parallelen Gerade gemessen, sodass stets ein rechter Winkel zur Referenzachse vorlag.

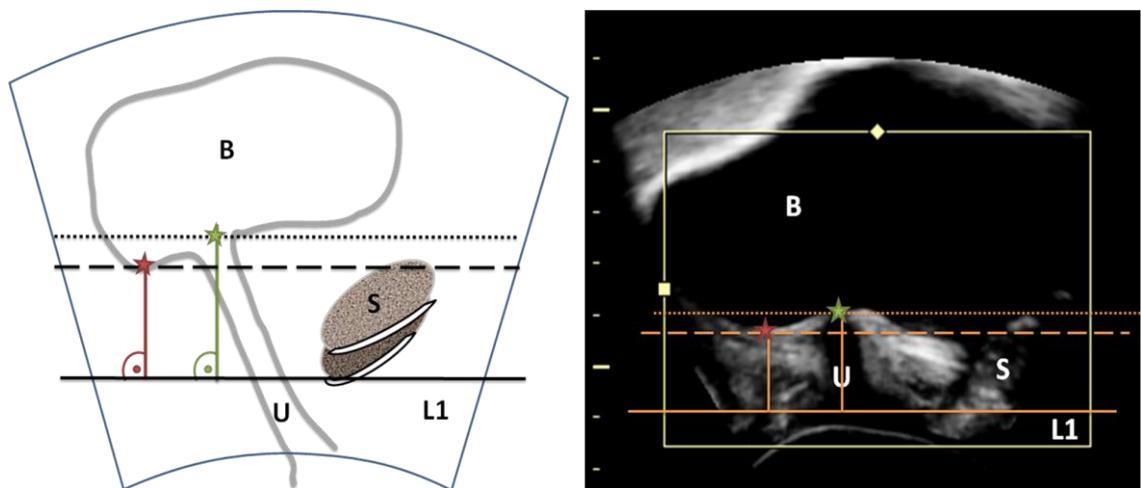


Abb. 7a: Platzierung der Linie 1 (L1) tangential am kaudalen Ende der Symphysen (S) parallel zur Bildunterkante. Messung des Abstands zum Meatus urethrae internus (grüner Stern) und zum tiefsten Punkt des Blasenbodens (roter Stern) im rechten Winkel durch Verschieben einer zur Referenzachse parallelen Linie (gepunktete und gestrichelte Linien). Außerdem abgebildet: Urethra (U) und Blase (B). Links: Schematische Zeichnung. Rechts: Eigene Ultraschallaufnahme.

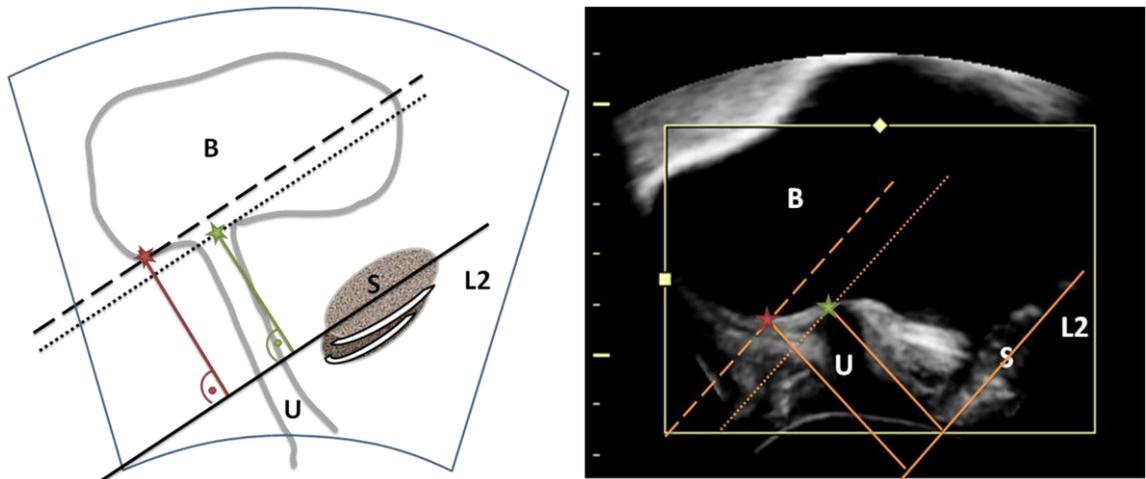


Abb. 7b: Platzierung der Linie 2 (L2) durch die Symphysenlängsachse. Messung der Abstände wie in Abb. 6a. Außerdem abgebildet: Symphyse (S), Urethra (U) und Blase (B). Links: Schematische Zeichnung. Rechts: Eigene Ultraschallaufnahme.

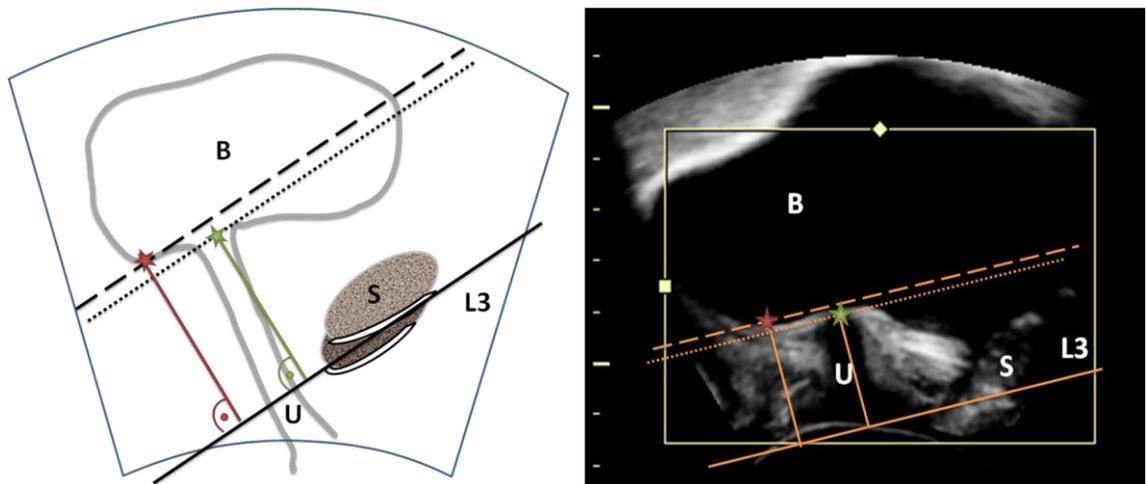


Abb. 7c: Platzierung der Linie 3 (L3) zwischen der echoreichen Kontur des Os pubis (obere weiße Linie) und des Ligamentum arcuatum (untere weiße Linie). Messung der Abstände wie in Abb. 6a und 6b. Außerdem abgebildet: Symphyse (S), Urethra (U) und Blase (B). Links: Schematische Zeichnung. Rechts: Eigene Ultraschallaufnahme.

3.3.2 Erhobene Parameter

Es wurden zwei verschiedene Parameter erhoben: Stellvertretend für die Diagnostik der Belastungsinkontinenz wurde der **Meatus urethrae internus (MUI)** ausgewählt. Aus der Positionsbestimmung dieses Punktes können verschiedene Winkel wie der retrovesikale Winkel β bestimmt werden.

Im Sinne der Deszensusdiagnostik wurde bei vorliegendem Descensus genitalis zusätzlich der **tiefste Punkt des Blasengrundes** bestimmt, der jedoch, sofern keine Senkung vorlag, mit dem Wert des MUI identisch bestimmt wurde. Dies hat den Grund, dass der Blasengrund dorsal des MUI eine aufsteigende Linie darstellt, die keinen leicht zu bestimmenden Punkt aufweist, an dem die jeweilige Höhe reproduzierbar und aussagekräftig gemessen werden könnte.

Abb. 7a-c zeigt, wie die Entfernung des Meatus urethrae internus sowie des tiefsten Punktes des Blasengrundes von den jeweiligen Referenzachsen gemessen wurde: Eine zur Referenzachse parallele Linie wurde gezogen und bis auf Höhe des jeweiligen Messpunktes (MUI/Blasengrund) verschoben. Das Gerät zeigte nun den rechtwinkligen Abstand zwischen den beiden Geraden an.

3.3.3 Manöver

Die oben genannten beiden Parameter wurden mithilfe der genannten Referenzlinien bei verschiedenen Manövern gemessen, sodass im Optimalfall bei Abbildung aller Manöver auf dem Film sieben Messzeitpunkte pro Parameter und Referenzlinie erhoben werden konnten (siehe Tab. 1). Beginn der Ultraschallfilm nicht mit einer Ruheaufnahme, konnte R_A nicht erhoben werden.

Tab. 1: Übersicht der durchgeführten Manöver mit Kürzel.

Nr.	Manöver	Kürzel der Messzeitpunkte
Beginn des Films		
1	Ruhe zu Beginn	R_B
2a	Kontraktion	K
2b	Ruhe nach Kontraktion	R_K
3a	Valsava	V
3b	Ruhe nach Valsalva	R_V
4a	Husten	H
4b	Ruhe nach Husten	R_H
Ende des Films		

3.3.4 Qualitative Analyse

Um die Häufigkeiten der Darstellbarkeit der verschiedenen Referenzlinien vergleichen zu können, wurde zunächst eine qualitative Analyse durchgeführt. Hierzu wurde zu jedem dargestellten Manöver notiert, welche Referenzlinien darstellbar waren.

3.3.5 Quantitative Analyse

Basierend auf den Ergebnissen der qualitativen Analyse wurde daraufhin eine quantitative Auswertung durchgeführt, in der die genauen Messwerte erhoben wurden.

3.4 Statistische Auswertung der Ergebnisse

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte für einfache deskriptive Berechnungen mithilfe von Microsoft Office Excel 2007. Komplexere Kalkulationen wurden in Zusammenarbeit mit dem Institut für medizinische Statistik der RWTH Aachen durchgeführt.

3.4.1 Deskriptive Auswertungen

Folgende Werte wurden erfasst:

- Anzahl an ausgeschlossenen Manövern und Patientinnen
- Gründe für Ausschluss
- Rate an möglicher Darstellung der Referenzlinien
- Gründe für nicht mögliche Darstellung
- Unterschiede zwischen Referenzlinien in Bezug auf die erhobenen Werte

3.4.2 Weitere statistische Berechnungen

Zur vergleichenden Darstellung der Reproduzierbarkeit der Werte mit den unterschiedlichen Referenzlinien wurden folgende statistische Verfahren in Zusammenarbeit mit dem Institut für medizinische Statistik der RWTH Aachen angewandt:

- Intraclass correlation coefficient (ICC)
- Bland-Altman-Graphiken

Zur Ermittlung des Unterschiedes zwischen Press- und Hustenmanövern wurden Bland-Altman-Graphiken erstellt sowie mit parametrischen (t-Test) und nicht-parametrischen (Wilcoxon-Mann-Whitney-U-Test) auf statistische Signifikanz überprüft. Das Agreement zwischen wiederholten Ruhepositionen nach verschiedenen Manövern wurde ebenfalls mithilfe von Bland-Altman-Graphiken sowie mit dem Konkordanz-Koeffizienten nach Lin ermittelt.

4 Ergebnisse

4.1 Patientinnenkollektiv

Da die analysierten Videos im Rahmen einer Routinesprechstunde aufgenommen worden waren, fanden sich nur bei 40,42% der Patientinnen vollständige Aufnahmen, die alle Manöver beinhalteten. Um die Anzahl an möglichen Vergleichspunkten zu vergrößern, wurde bei Fehlen eines Manövers nicht der komplette Datensatz der Patientin von der Analyse ausgeschlossen, sondern lediglich das fehlende Manöver. Zur Übersicht siehe Tab. 2.

Tab. 2: Ausschlussstatistik

	Patientinnen		Manöver (7 je Pat.)	
INSGESAMT	94	100%	658	100%
Ausschluss kompletter Datensätze, davon:	8	8,5%	56	8,5%
- schlechte Bildqualität	4	50%	28	50%
- Symphyse nicht im Bildbereich	3	37,5%	21	37,5%
- ungefüllte Harnblase	1	12,5%	7	12,5%
ZWISCHENBILANZ: verbleibend	86	91,4%	602	91,4%
Ausschluss von einzelnen Manövern, davon:			602	100%
- fehlende Manöver			94	15,6%
- Zielstruktur nicht im Bildbereich, davon:			23	3,8%
- Meatus urethrae internus urethra internus			14	60,9%
- tiefster Punkt der Blase			9	39,1%
VERBLEIBEND	86	91,4%	485	73,7%

Von insgesamt 94 Patientinnen mussten jedoch 8 (8,5%) vollständig aus der Analyse ausgeschlossen werden. Gründe hierfür waren:

- Schlechte Bildqualität: 4 Patientinnen (50%)
- Symphyse außerhalb des Bildbereichs: 3 Patientinnen (37,5%)
- Ungefüllte Blase: 1 Patientin (12,5%)

Von den insgesamt 602 verbleibenden Manövern mussten 94 (15,6%) wegen Nichterfassung auf dem Video ausgeschlossen werden. Weitere 23 Manöver (3,8%) konnten nicht mit in die Analyse eingehen, weil die Zielstruktur der Messung (MUI oder tiefster Punkt der Blase) außerhalb des Bildbereichs lag.

Schließlich verblieben 86 von insgesamt 94 Patientinnen (91,4%), 485 von 658 Einzelmanövern (73,7%) konnten ausgewertet werden.

4.2 Darstellbarkeit der Referenzlinien

Die Auswertung der qualitativen Analyse ergab die in Tab. 3 ersichtlichen Daten.

Tab. 3: Raten der möglichen Darstellung

Referenzlinie	Rate	Darstellung nicht möglich, weil ¹ :	%
Linie 1	100%	-	
Linie 2	13,9%	keine klare Abgrenzung der unteren und oberen Begrenzung des DI möglich	61,0
		keine klare Abgrenzung der oberen Begrenzung des DI möglich	20,5
		gleichzeitige Darstellung mit MUI und Urethra nicht möglich	20,3
		obere Begrenzung des DI außerhalb des Bildbereichs	8,19
		gleichzeitige Darstellung mit dem tiefsten Punkt eines Descensus genitalis nicht möglich	0,23
Linie 3	100%	-	
¹ Mehrfachnennung möglich DI: Discus interpubicus der Symphyse			

Wie aus Tab. 3 ersichtlich, waren sowohl Linie 1 als auch Linie 3 in allen betrachteten Fällen darstellbar. Linie 2 konnte in lediglich 13,9% der Fälle zuverlässig gezogen werden. Der häufigste Grund hierfür war eine verschwommene Darstellung des oberen und unteren Pols des Discus interpubicus. Eine ebenfalls häufige Ursache war die mangelnde gleichzeitige

Darstellung von Linie 2 und MUI respektive Urethra in ihrem breitesten Durchmesser im Sinne eines funktionellen Mittelschnitts.

Da sich Linie 2 unerwartet selten darstellen ließ und eine statistische Auswertung mit derart wenigen vorhandenen Werten keine sinnvollen Ergebnisse erwarten lässt, wurde Linie 2 bereits nach der qualitativen Analyse vom weiteren Vorgehen ausgeschlossen.

4.3 Deskriptive Statistik

4.3.1 Erhobene Werte

Tab. 4 zeigt die numerisch-deskriptive Darstellung der Werte. Wie daraus ersichtlich, zeigen sich bei Linie 3 konsistent größere Werte als bei Linie 1. Auffällig hohe Standardabweichungen zeigen sich bei Valsalva und beim Husten. Ebenfalls bei diesen Manövern zeigen sich negative Minimal- und niedrige Mittelwerte. Die Mittelwerte bei Ruhemanövern sind durchgehend ähnlich.

Tab. 4a : Deskriptive Statistik der ersten Messrunde. Sämtliche Werte in cm.

Paradigma	Ruhe zu Beginn				Kontraktion			
Referenzlinie	Linie 1		Linie 3		Linie 1		Linie 3	
Zielstruktur Parameter	BG	MUI	BG	MUI	BG	MUI	BG	MUI
Mittelwert	2,46	2,56	2,87	2,89	2,84	2,86	2,98	2,98
Minimum	0,28	0,86	0,24	1,81	1,01	1,01	1,19	1,19
Maximum	3,77	3,77	4,93	3,76	3,94	3,94	3,87	3,87
Median	2,57	2,62	2,97	3,01	2,84	2,84	3,03	3,03
Standardabweichung	0,66	0,53	0,65	0,46	0,60	0,58	0,49	0,49
Paradigma	Ruhe nach Kontraktion				Valsalva			
Referenzlinie	Linie 1		Linie 3		Linie 1		Linie 3	
Zielstruktur Parameter	BG	MUI	BG	MUI	BG	MUI	BG	MUI
Mittelwert	2,51	2,58	2,89	2,86	0,87	1,23	1,47	1,78
Minimum	1,08	1,09	1,68	1,77	-2,53	-1,33	-1,20	-0,75
Maximum	3,51	3,51	4,63	3,73	3,09	3,09	4,73	3,53
Median	2,56	2,63	2,86	2,86	1,05	1,38	1,79	1,87
Standardabweichung	0,57	0,50	0,52	0,44	1,24	0,88	1,25	0,89
Paradigma	Ruhe nach Valsalva				Husten			
Referenzlinie	Linie 1		Linie 3		Linie 1		Linie 3	
Zielstruktur Parameter	BG	MUI	BG	MUI	BG	MUI	BG	MUI
Mittelwert	2,38	2,48	2,86	2,84	1,12	1,34	1,84	1,94
Minimum	0,78	1,23	1,34	1,51	-2,24	-0,80	-1,35	0,05
Maximum	3,35	3,35	4,80	3,99	2,78	2,78	3,73	3,73
Median	2,40	2,50	2,88	2,88	1,21	1,35	2,01	2,00
Standardabweichung	0,62	0,52	0,58	0,49	1,07	0,85	0,95	0,77
Paradigma	Ruhe nach Husten							
Referenzlinie	Linie 1		Linie 3					
Zielstruktur Parameter	BG	MUI	BG	MUI				
Mittelwert	2,31	2,45	2,81	2,81				
Minimum	0,46	0,79	1,22	1,47				
Maximum	3,36	3,36	4,45	3,67				
Median	2,48	2,51	2,87	2,89				
Standardabweichung	0,66	0,51	0,58	0,49				
BG: tiefster Grund des Blasengrundes; MUI: Meatus urethrae internus								

Tab. 4b: Deskriptive Statistik der zweiten Messrunde. Sämtliche Werte in cm.

Paradigma	Ruhe zu Beginn				Kontraktion			
Referenzlinie	Linie 1		Linie 3		Linie 1		Linie 3	
Zielstruktur Parameter	BG	MUI	BG	MUI	BG	MUI	BG	MUI
Mittelwert	2,43	2,55	2,94	2,94	2,76	2,78	2,95	2,94
Minimum	-0,32	1,01	0,22	1,78	0,78	0,78	1,31	1,31
Maximum	3,52	3,52	5,23	3,96	4,26	4,26	4,10	4,10
Median	2,50	2,61	2,97	2,94	2,86	2,86	3,03	3,03
Standardabweichung	0,69	0,51	0,67	0,47	0,65	0,64	0,55	0,55
Paradigma	Ruhe nach Kontraktion				Valsalva			
Referenzlinie	Linie 1		Linie 3		Linie 1		Linie 3	
Zielstruktur Parameter	BG	MUI	BG	MUI	BG	MUI	BG	MUI
Mittelwert	2,54	2,64	2,97	2,94	0,82	1,11	1,50	1,70
Minimum	0,62	1,30	1,54	1,67	-2,49	-1,64	-1,79	-1,31
Maximum	3,55	3,55	5,23	3,76	3,20	3,20	4,93	3,55
Median	2,60	2,65	3,02	2,98	0,99	1,31	1,79	1,97
Standardabweichung	0,58	0,47	0,59	0,45	1,26	1,02	1,33	1,06
Paradigma	Ruhe nach Valsalva				Husten			
Referenzlinie	Linie 1		Linie 3		Linie 1		Linie 3	
Zielstruktur Parameter	BG	MUI	BG	MUI	BG	MUI	BG	MUI
Mittelwert	2,36	2,50	2,89	2,89	1,15	1,30	1,93	1,99
Minimum	0,40	1,15	0,80	1,88	-2,36	-1,20	-1,28	-0,22
Maximum	3,44	3,44	5,40	3,94	2,77	2,77	3,35	3,34
Median	2,42	2,58	2,90	2,90	1,30	1,41	2,03	2,05
Standardabweichung	0,65	0,51	0,65	0,46	0,99	0,87	0,88	0,74
Paradigma	Ruhe nach Husten							
Referenzlinie	Linie 1		Linie 3					
Zielstruktur Parameter	BG	MUI	BG	MUI				
Mittelwert	2,36	2,49	2,89	2,89				
Minimum	0,65	1,10	1,00	1,60				
Maximum	3,32	3,32	5,08	3,88				
Median	2,45	2,55	2,93	2,94				
Standardabweichung	0,62	0,49	0,64	0,48				
BG: tiefster Grund des Blasengrundes; MUI: Meatus urethrae internus								

Um die Positionierung von Werten, die mithilfe von Linie 1 und 3 gemessen wurden, anschaulicher darzustellen, wurden Punktwolken angefertigt (siehe Abb. 9-15).

Ruhe zu Beginn

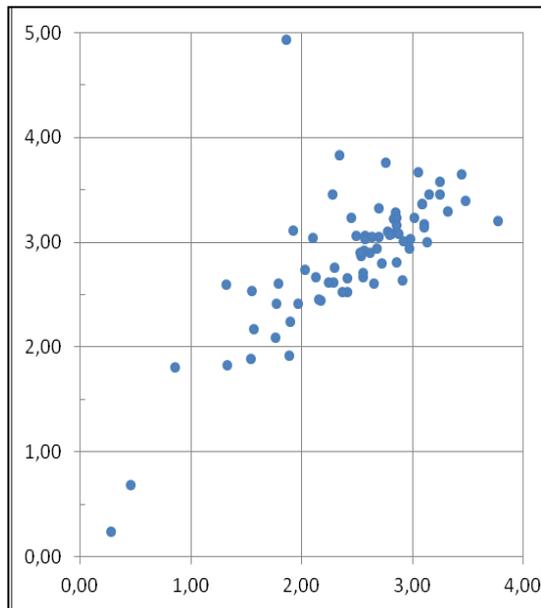


Abb. 9a: Messung am Blasengrund. X-Achse: Linie 1. Y-Achse: Linie 3. Skalierung in cm.

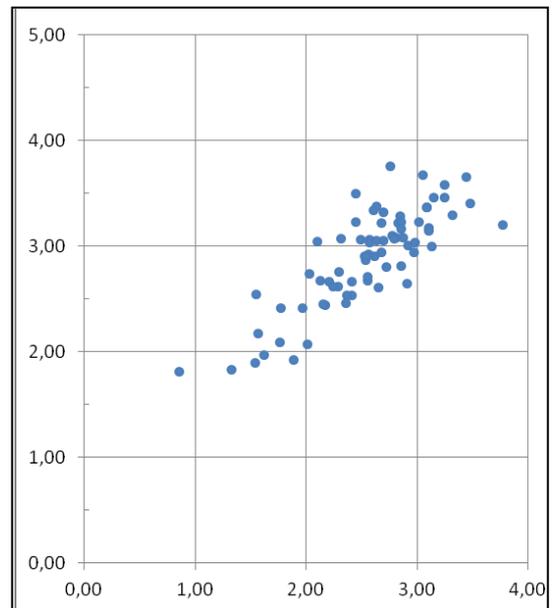


Abb. 9b: Messung am Meatus urethrae internus. X-Achse: Linie 1. Y-Achse: Linie 3. Skalierung in cm.

Kontraktion

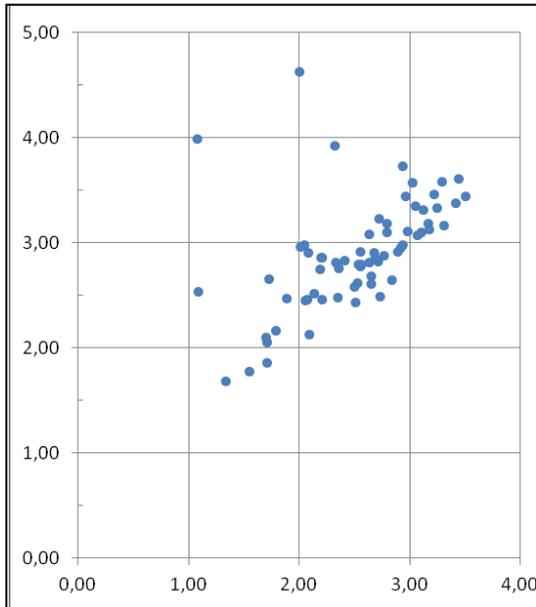


Abb. 10a: Messung am Blasengrund. X-Achse: Linie 1. Y-Achse: Linie 3. Skalierung in cm.

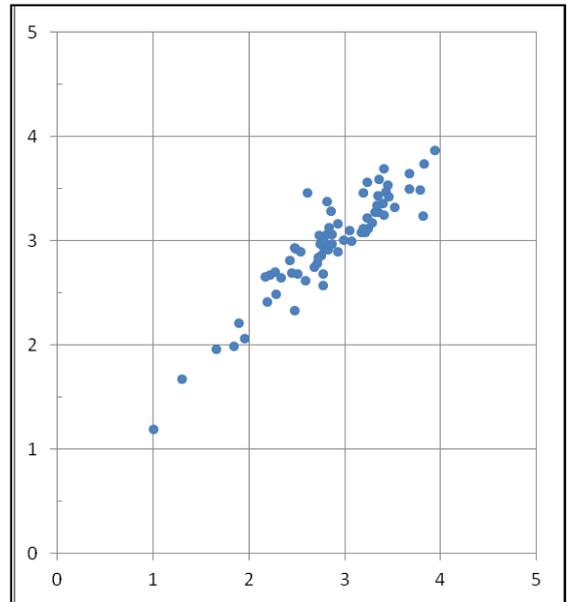


Abb. 10b: Messung am Meatus urethrae internus. X-Achse: Linie 1. Y-Achse: Linie 3. Skalierung in cm.

Ruhe nach Kontraktion

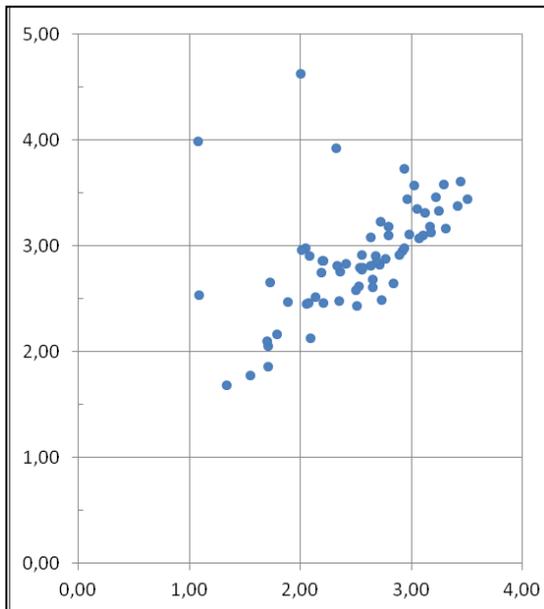


Abb. 11a: Messung am Blasengrund. X-Achse: Linie 1. Y-Achse: Linie 3. Skalierung in cm.

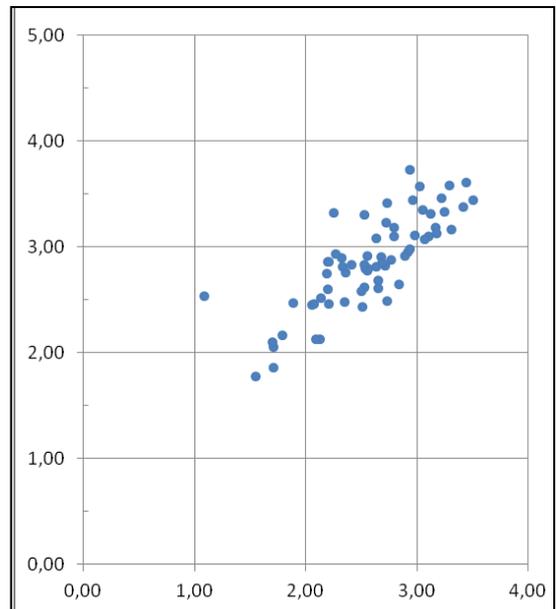


Abb. 11b: Messung am Meatus urethrae internus. X-Achse: Linie 1. Y-Achse: Linie 3. Skalierung in cm.

Valsalva-Manöver

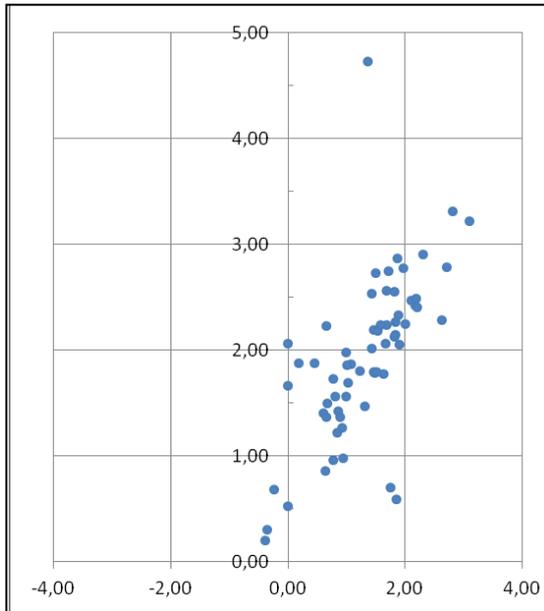


Abb. 12a: Messung am Blasengrund. X-Achse: Linie 1. Y-Achse: Linie 3. Skalierung in cm.

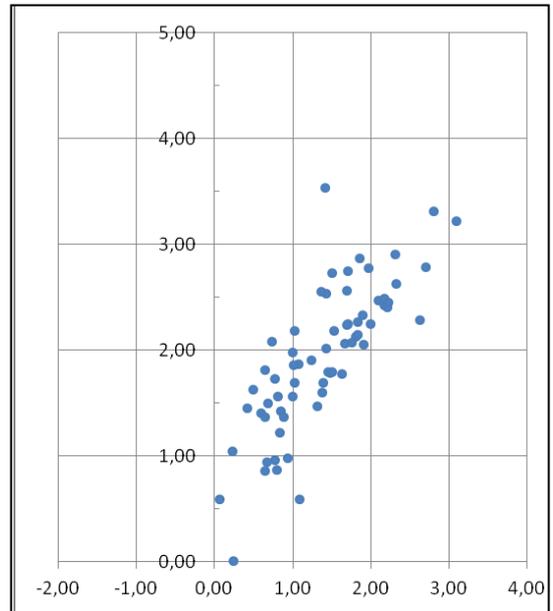


Abb. 12b: Messung am Meatus urethrae internus. X-Achse: Linie 1. Y-Achse: Linie 3. Skalierung in cm.

Ruhe nach Valsalva-Manöver

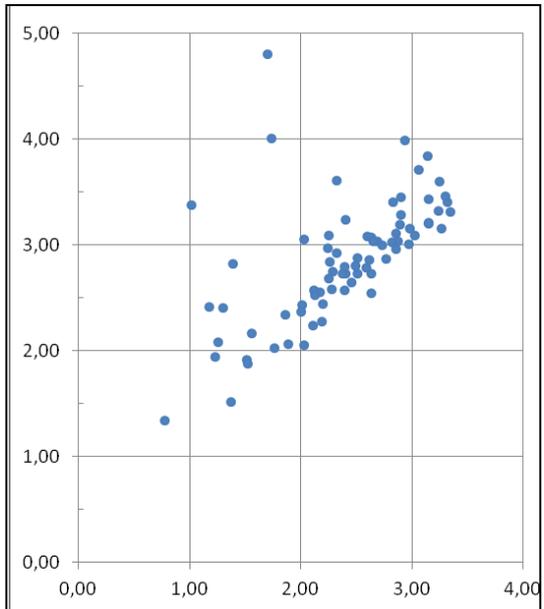


Abb. 13a: Messung am Blasengrund. X-Achse: Linie 1. Y-Achse: Linie 3. Skalierung in cm.

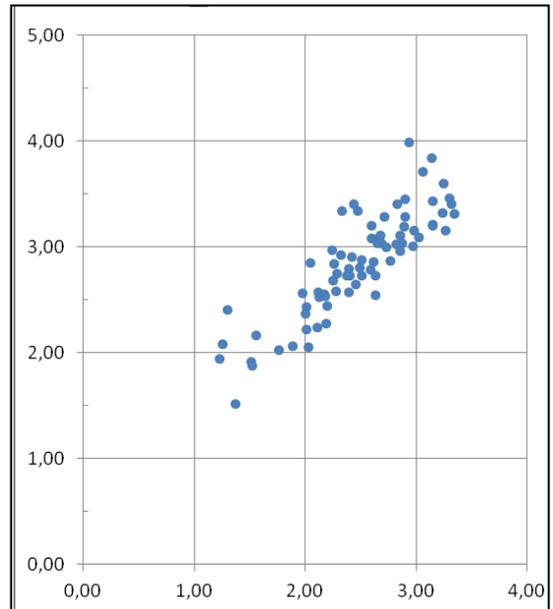


Abb. 13b: Messung am Meatus urethrae internus. X-Achse: Linie 1. Y-Achse: Linie 3. Skalierung in cm.

Husten

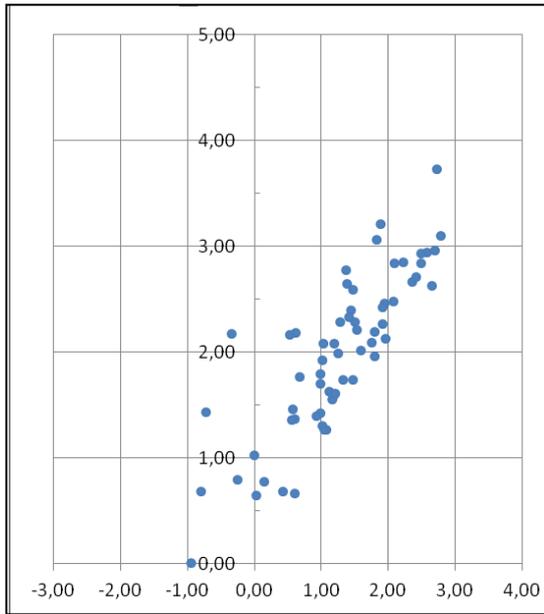


Abb. 14a: Messung am Blasengrund. X-Achse: Linie 1. Y-Achse: Linie 3. Skalierung in cm.

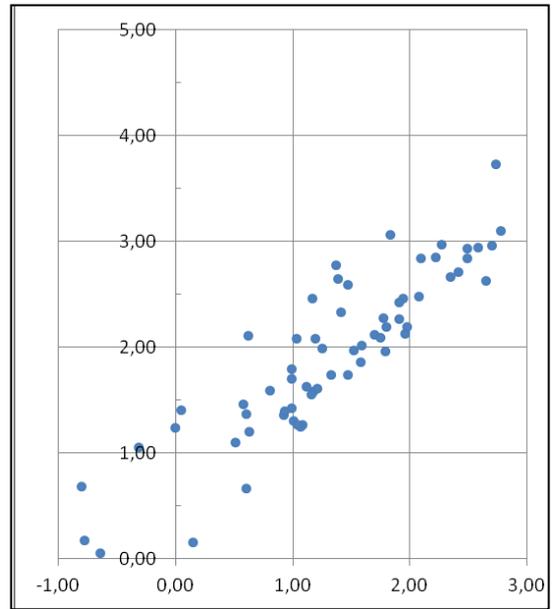


Abb. 14b: Messung am Meatus urethrae internus. X-Achse: Linie 1. Y-Achse: Linie 3. Skalierung in cm.

Ruhe nach Husten

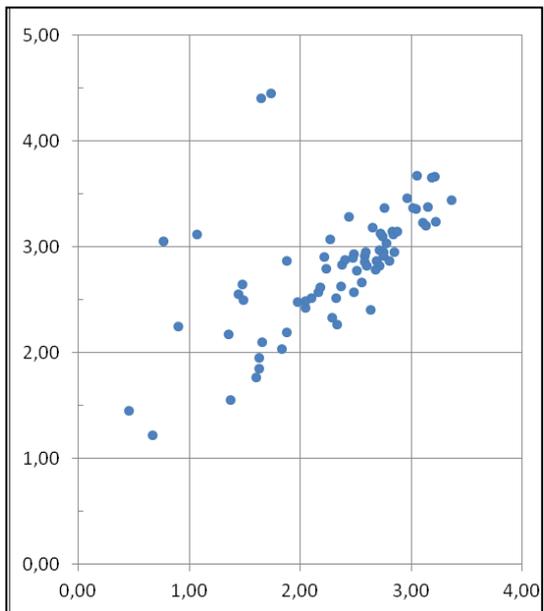


Abb. 15a: Messung am Blasengrund. X-Achse: Linie 1. Y-Achse: Linie 3. Skalierung in cm.

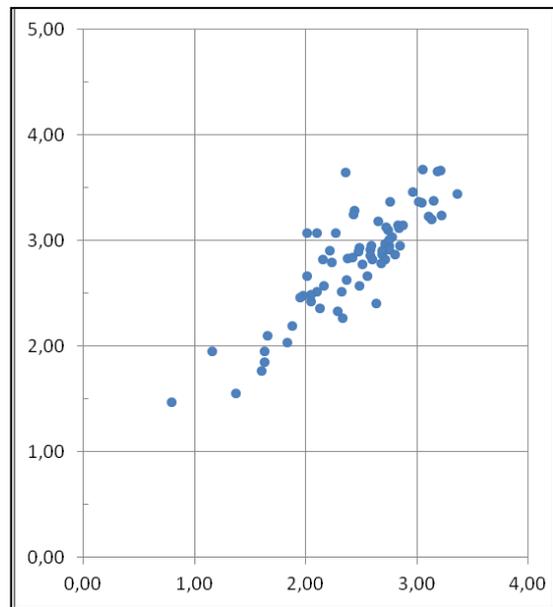


Abb. 15b: Messung am Meatus urethrae internus. X-Achse: Linie 1. Y-Achse: Linie 3. Skalierung in cm.

Sämtliche Punktwolken zeigen einen klaren Trend zu größeren Werten bei Messung mit Linie 3. Ausreißer scheinen eher bei Linie 3 eine Rolle zu spielen als bei Linie 1. Alle Graphiken zeigen eine größere Streuung der Werte bei Messung am tiefsten Punkt der Blase als bei Messung am Meatus urethrae internus.

4.3.2 Unterschiede zwischen Linie 1 und Linie 3

Diese ersten visuellen Eindrücke aus den Punktwolken werden durch die in Tab. 5 dargestellten numerischen Ergebnisse unterstützt. Linie 3 erzeugt Werte, die durchschnittlich 0,47 cm größer sind als bei Linie 1. Dies spiegelt sich auch in den maximalen Differenzen von Linie 1 und 3 wieder. Werte der Linie 3 sind in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle größer als die der Linie 1.

Die Detailauflistung in Tab. 6 zeigt weiterhin, dass die Unterschiede zwischen den beiden Linien bei Messungen am Blasengrund stets ungefähr einen Millimeter größer ausfallen, als die am Meatus urethrae internus. Lediglich unter Kontraktion sind es nur 0,2 mm Differenz.

Der größte Unterschied zwischen den beiden Linien zeigt sich beim Husten, gefolgt vom Valsalva-Manöver, den Ruhe-Manövern und schließlich – mit deutlichem Abstand – der Kontraktion.

Tab. 5: Unterschiede bezüglich der Messwerte zwischen Linie 1 und Linie 3, exemplarisch für die zweite Messrunde

Parameter	Wert
Mittlerer Unterschied (Linie 1 minus Linie 3)	-0,47 cm
Standardabweichung	0,47 cm
min. Differenz „Linie 1 minus Linie 3“	-4,04 cm
max. Differenz „Linie 1 minus Linie 3“	1,67 cm
Linie 1 < Linie 3	92,9%
Linie 1 > Linie 3	7,1%

Tab. 6: Detaillierte Auflistung des Unterschieds „Linie 1 minus Linie 3“, exemplarisch für die zweite Messrunde. Einheiten in cm.

Paradigma	Ruhe zu Beginn		Kontraktion	
	BG	MUI	BG	MUI
Zielstruktur				
Parameter				
Mittelwert	-0,51	-0,39	-0,19	-0,17
Minimum	0,22	0,22	0,27	0,27
Maximum	-3,45	-1,26	-1,22	-0,97
Median	-0,36	-0,33	-0,17	-0,17
Standardabweichung	0,54	0,28	0,26	0,23
Paradigma	Ruhe nach Kontraktion		Valsalva	
	BG	MUI	BG	MUI
Zielstruktur				
Parameter				
Mittelwert	-0,44	-0,30	-0,68	-0,59
Minimum	0,08	0,13	1,67	0,16
Maximum	-3,26	-1,17	-4,04	-2,23
Median	-0,31	-0,30	-0,64	-0,53
Standardabweichung	0,58	0,25	0,65	0,38
Paradigma	Ruhe nach Valsalva		Husten	
	BG	MUI	BG	MUI
Zielstruktur				
Parameter				
Mittelwert	-0,53	-0,39	-0,78	-0,70
Minimum	0,05	0,05	-0,19	-0,19
Maximum	-3,47	-1,12	-2,25	-2,27
Median	-0,37	-0,34	-0,67	-0,62
Standardabweichung	0,60	0,27	0,42	0,36
Paradigma	Ruhe nach Husten			
	BG	MUI		
Zielstruktur				
Parameter				
Mittelwert	-0,53	-0,41		
Minimum	-0,03	-0,07		
Maximum	-3,26	-1,33		
Median	-0,35	-0,34		
Standardabweichung	0,59	0,27		
BG: tiefster Punkt des Blasengrundes; MUI: Meatus urethrae internus				

4.4 Reliabilitätsuntersuchungen

Zum Vergleich der verbleibenden Linien 1 und 3 hinsichtlich ihrer Intra-Rater-Reproduzierbarkeit wurden beide Messungen durch den gleichen Untersucher mit einem zeitlichen Intervall zwischen den Messrunden durchgeführt werden. Als statistische Verfahren zur Auswertung der Ergebnisse wurden auf der numerischen Ebene intraclass correlation coefficients (ICC's), auf der visuellen Ebene Bland-Altman-Graphiken gewählt.

4.4.1 intraclass correlation coefficients (ICC's)

Tab. 7 zeigt die jeweiligen ICC-Ergebnisse für die Messung am Meatus urethrae internus respektive dem tiefsten Punkt des Blasengrundes. In elf von 14 Fällen liegt dieser Wert bei der Messung mithilfe von Linie 1 über denjenigen, die bei Linie 3 ermittelt wurden. Gemittelt über beide Zielstrukturen lagen die ICC-Werte im Durchschnitt bei Linie 1 um 0,046 höher als bei Linie 3.

Tab. 7: ICC-Ergebnisse für Linie 1 und 3

Paradigma	MUI		Blasengrund	
	Linie 1	Linie 3	Linie 1	Linie 3
Ruhe zu Beginn	0,95	0,93	0,96	0,94
Kontraktion	0,96	0,93	0,96	0,92
Ruhe nach Kontraktion	0,88	0,90	0,87	0,89
Valsalva	0,92	0,90	0,77	0,90
Ruhe nach Valsalva	0,95	0,90	0,93	0,88
Husten	0,96	0,87	0,93	0,82
Ruhe nach Husten	0,94	0,89	0,95	0,90
MUI: Meatus urethrae internus				

Messungen am Blasengrund und am Meatus urethrae internus lieferten durchgehend sehr ähnliche Ergebnisse, wiederum mit Ausnahme des Valsalva-Manövers am Blasengrund.

4.4.2 Bland-Altman-Graphiken

Die Graphiken nach Bland und Altman sind anschauliche Verfahren zur Darstellung von Differenzen zwischen zwei Messverfahren oder Messdurchgängen, die dazu genutzt werden können nach einem systematischen Fehler zu suchen, potentielle Ausreißer und Zusammenhänge zwischen den Differenzen und der Größe der Messwerte zu visualisieren (Grouven et al. 2007). Die für die vorliegende Arbeit erstellten Graphiken sind – nach Manövern getrennt – in Abb. 16-22 zu sehen.

Ruhe zu Beginn

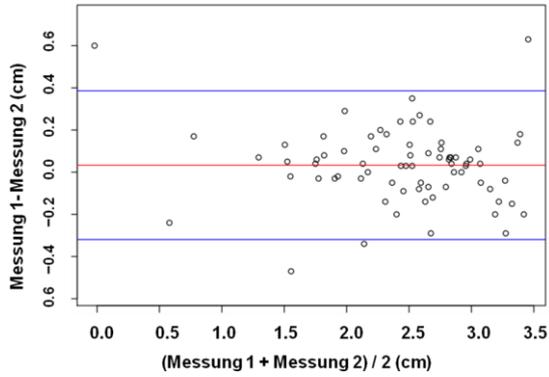


Abb. 16a: Messung mit Linie 1 am Blasengrund.

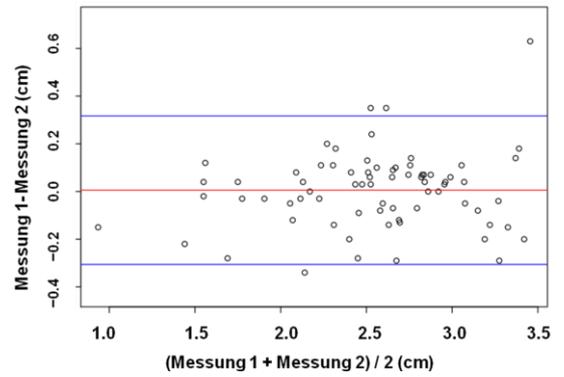


Abb. 16b: Messung mit Linie 1 am MUI.

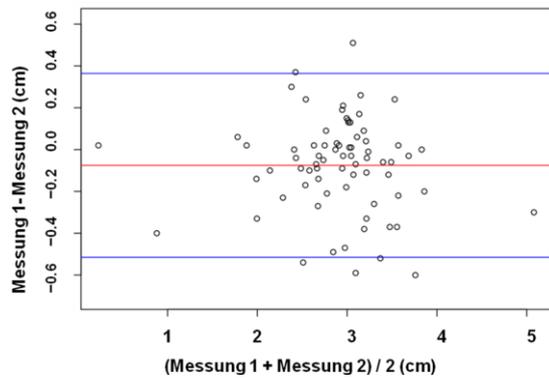


Abb. 16c: Messung mit Linie 3 am Blasengrund.

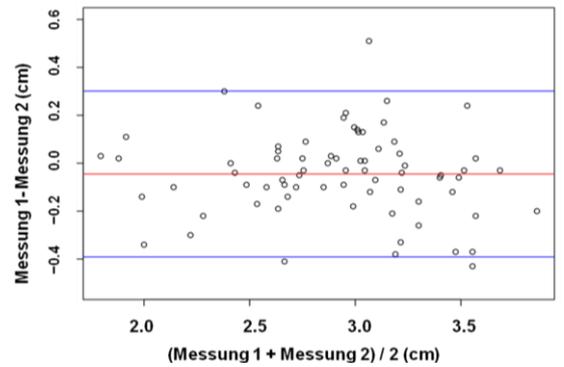


Abb. 16d: Messung mit Linie 3 am MUI.

Kontraktion

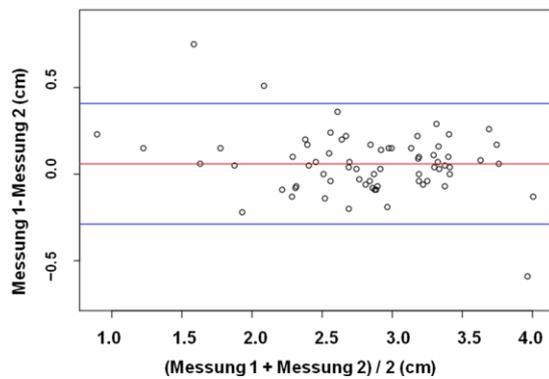


Abb. 17a: Messung mit Linie 1 am Blasengrund.

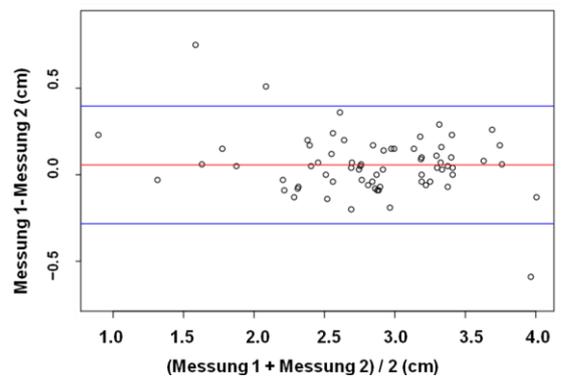


Abb. 17b: Messung mit Linie 1 am MUI

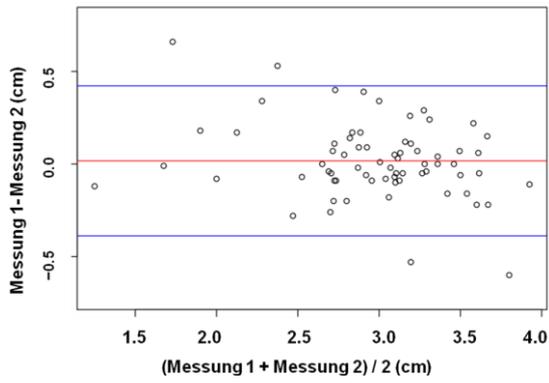


Abb. 17c: Messung mit Linie 3 am Blasengrund

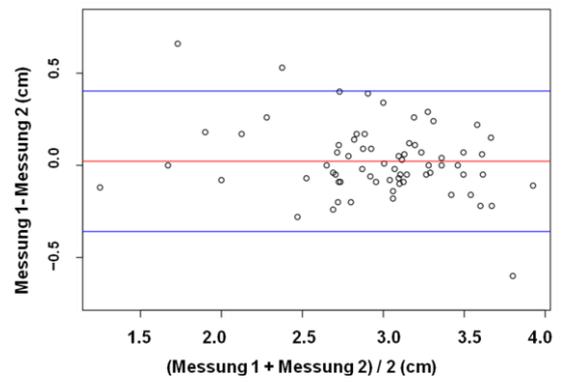


Abb. 17d: Messung mit Linie 3 am MUI

Ruhe nach Kontraktion

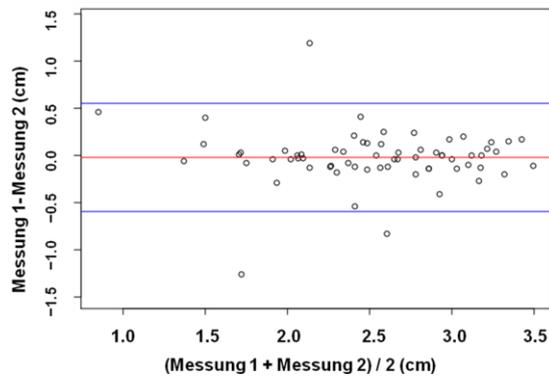


Abb. 18a: Messung mit Linie 1 am Blasengrund

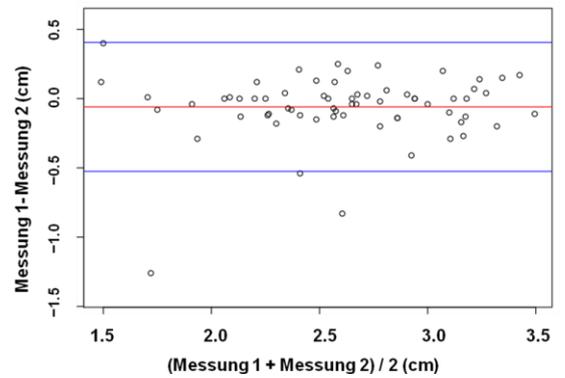


Abb. 18b: Messung mit Linie 1 am MUI

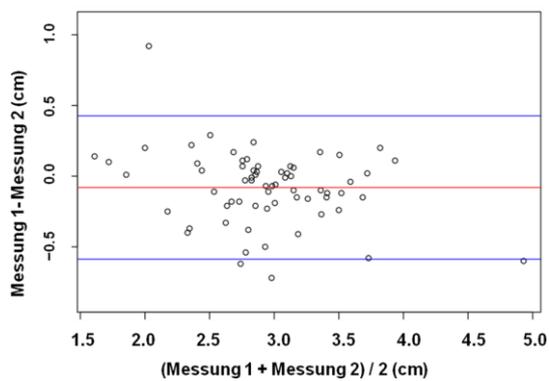


Abb. 18c: Messung mit Linie 3 am Blasengrund

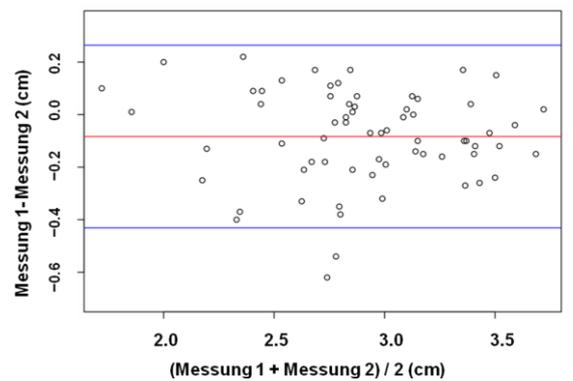


Abb. 18d: Messung mit Linie 3 am MUI

Valsalva-Manöver

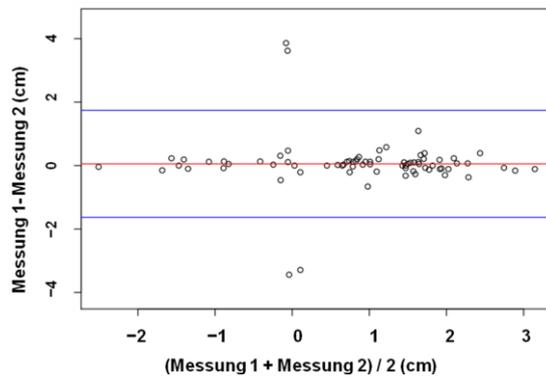


Abb. 19a: Messung mit Linie 1 am Blasengrund

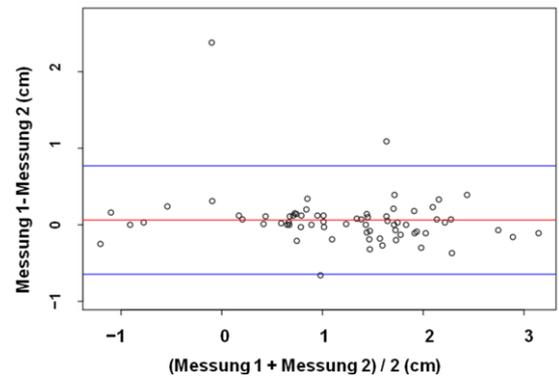


Abb. 19b: Messung mit Linie 1 am MUI

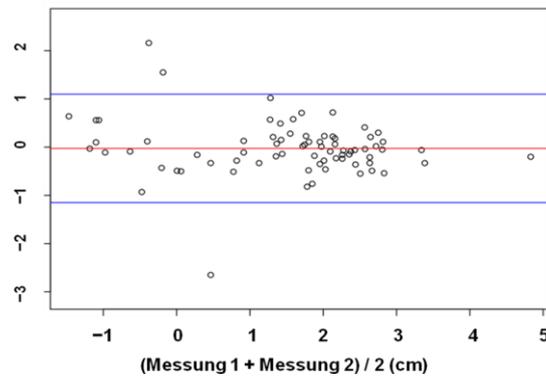


Abb. 19c: Messung mit Linie 3 am Blasengrund

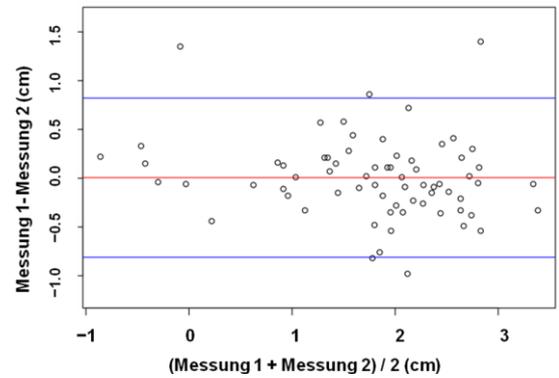


Abb. 19d: Messung mit Linie 3 am MUI

Ruhe nach Valsalva-Manöver

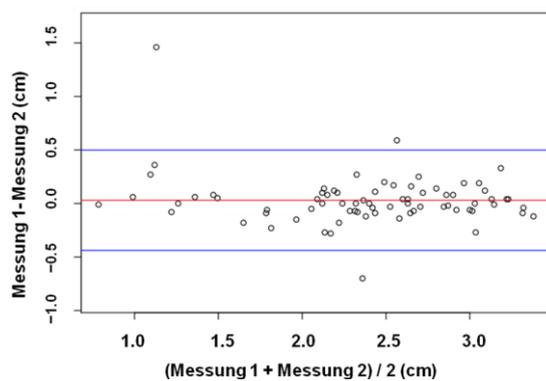


Abb. 20a: Messung mit Linie 1 am Blasengrund

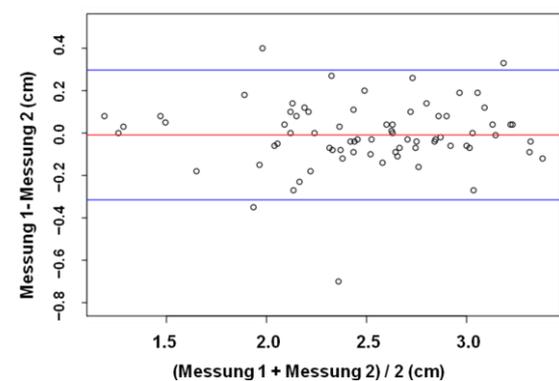


Abb. 20b: Messung mit Linie 1 am MUI

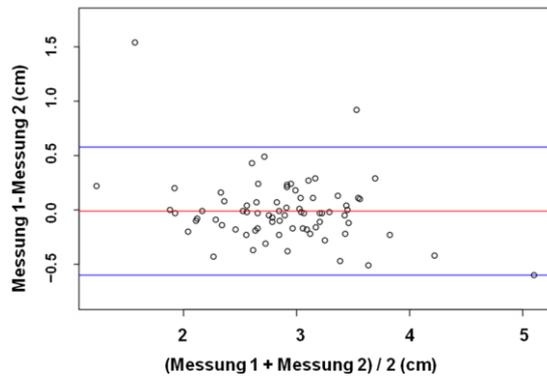


Abb. 20c: Messung mit Linie 3 am Blasengrund

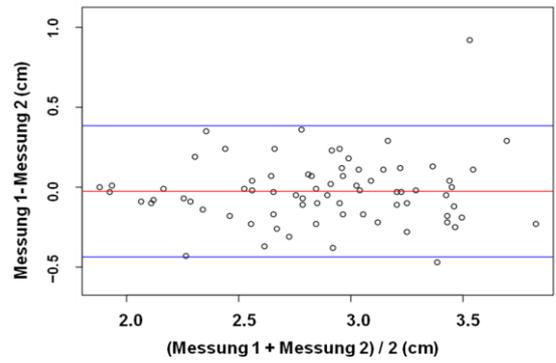


Abb. 20d: Messung mit Linie 3 am MUI

Husten

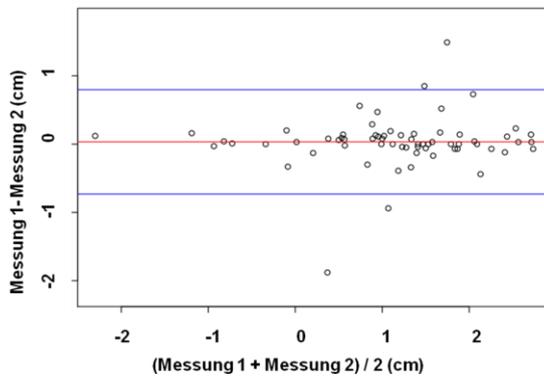


Abb. 21a: Messung mit Linie 1 am Blasengrund

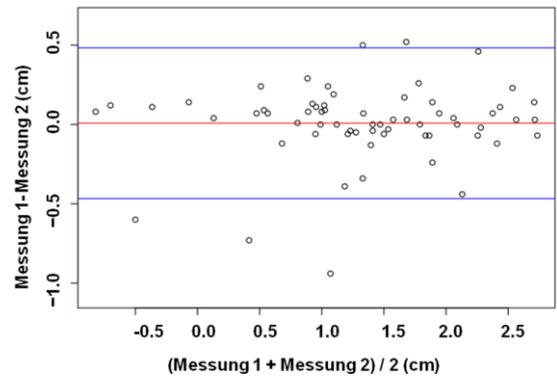


Abb. 21b: Messung mit Linie 1 am MUI

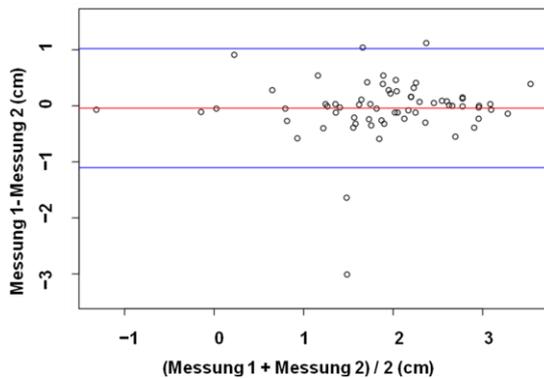


Abb. 21c: Messung mit Linie 3 am Blasengrund

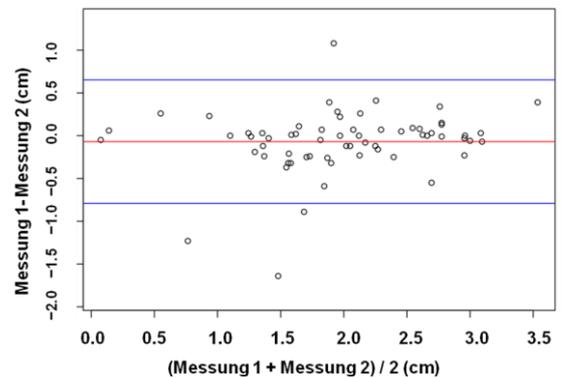


Abb. 21d: Messung mit Linie 3 am MUI

Ruhe nach Husten

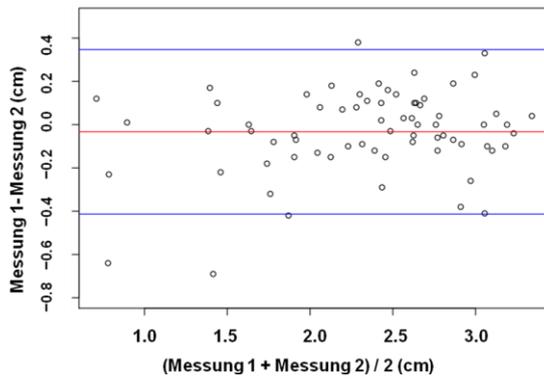


Abb. 22a: Messung mit Linie 1 am Blasengrund

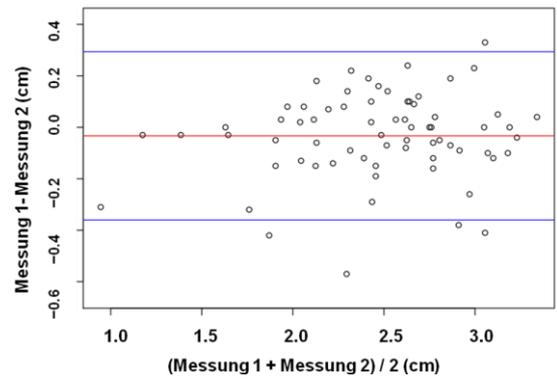


Abb. 22b: Messung mit Linie 1 am MUI

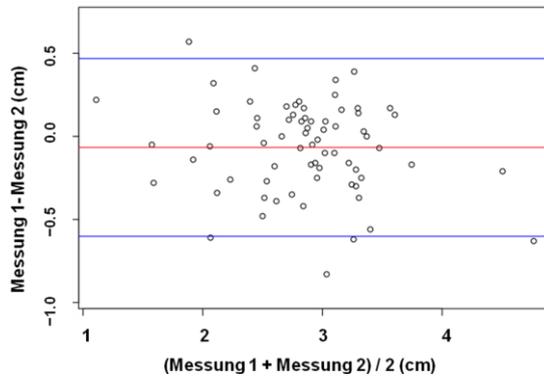


Abb. 22c: Messung mit Linie 3 am Blasengrund

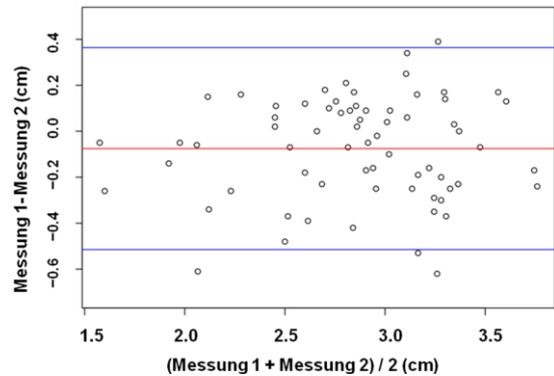


Abb. 22d: Messung mit Linie 3 am MUI

Neben der reinen Betrachtung der Bland-Altman- Graphiken kann zusätzlich der sogenannte Wiederholbarkeitskoeffizient (coefficient of repeatability, COR) errechnet werden, der einen besseren Vergleich der beiden Methoden untereinander ermöglicht (Grouven et al. 2007). Er entspricht dem Produkt aus 1,96 und der Standardabweichung der Differenzen (dem 97,5%-Quantil der Normalverteilung) aus zwei Messvorgängen mit einer Methode. Solch ein Koeffizient wird für beide Methoden errechnet und gegenübergestellt.

Tab. 8 fasst die numerischen Kennwerte der Graphiken und die jeweiligen Wiederholbarkeitskoeffizienten zusammen.

Tab. 8: Numerische Kennwerte der Bland-Altman-Graphiken. Alle Werte in cm.

Paradigma	Ruhe zu Beginn (R _B)			
Zielstruktur	BG		MUI	
Referenzlinie Parameter	1	3	1	3
Bias / syst. Fehler	0,03	-0,08	0,01	-0,40
limits of agreement	0,4 -0,3	0,4 -0,5	0,3 -0,3	0,3 -0,4
COR	0,35	0,44	0,31	0,35

Paradigma	Kontraktion (K)				Ruhe nach Kontraktion (R _K)			
Zielstruktur	BG		MUI		BG		MUI	
Referenzlinie Parameter	1	3	1	3	1	3	1	3
Bias / syst. Fehler	0,06	0,02	0,06	0,02	-0,02	-0,08	-0,06	-0,08
limits of agreement	0,4 -0,3	0,4 -0,4	0,4 -0,3	0,4 -0,4	0,6 -0,6	0,4 -0,6	0,4 -0,5	0,3 -0,4
COR	0,35	0,41	0,34	0,38	0,57	0,51	0,47	0,35

Paradigma	Valsalva (V)				Ruhe nach Valsalva (R _V)			
Zielstruktur	BG		MUI		BG		MUI	
Referenzlinie Parameter	1	3	1	3	1	3	1	3
Bias / syst. Fehler	0,05	-0,03	0,06	0,01	0,03	-0,01	-0,01	-0,03
limits of agreement	1,7 -1,6	1,1 -1,2	0,8 -0,6	0,8 -0,8	0,5 -0,4	0,6 -0,6	0,3 -0,3	0,4 -0,4
COR	1,69	1,12	0,71	0,82	0,47	0,59	0,31	0,41

Paradigma	Husten (H)				Ruhe nach Husten (R _H)			
Zielstruktur	BG		MUI		BG		MUI	
Referenzlinie Parameter	1	3	1	3	1	3	1	3
Bias / syst. Fehler	0,03	-0,04	0,01	-0,07	0,03	-0,07	-0,03	-0,08
limits of agreement	0,8 -0,7	1,0 -1,1	0,5 -0,5	0,7 -0,8	0,3 -0,4	0,5 -0,6	0,3 -0,4	0,4 -0,5
COR	0,76	1,06	0,47	0,72	0,38	0,54	0,33	0,44

BG: tiefster Punkt des Blasengrundes; MUI: Meatus urethrae internus; COR: Wiederholbarkeitskoeffizient

Allgemeines: Wie aus Tabelle und Graphiken ersichtlich, zeigen sich bis auf wenige Ausnahmen keine systematischen Fehler. Bei vorhandenem systematischem Fehler (R_K, R_H, R_A) ist dieser mit maximal 0,15 cm sehr gering.

Die limits of agreement liegen in den meisten Fällen um $\pm 0,5$ cm, gelegentlich bei $\pm 0,8$ cm und maximal im Einzelfall (Valsalva, gemessen am Blasengrund) bei $\pm 1,8$ cm.

Etwaige Ausreißer befinden sich in den meisten Fällen nahe der limits of agreement, eine Ausnahme bildet auch hier das Valsalva-Manöver, wo sich Messungen mithilfe der Linie 1 um bis zu 4 cm unterscheiden.

Zum Vergleich: Während die Mittelwerte bei beiden Linien meist um 0 cm differieren, können bei Betrachtung der Streuung durchaus Unterschiede aufgedeckt werden, wenn auch kleiner Natur. Die limits of agreement divergieren um maximal ± 2 mm, wobei häufig ein Trend zu schmalere Limits bei Linie 1 besteht, die jedoch insgesamt kleinere Werte misst. Ausreisser sind bei Linie 1 häufig weiter von den limits of agreement entfernt. In Bezug auf den Wiederholbarkeitskoeffizienten zeigen sich – bis auf wenige Ausnahmen – durchgehend leicht höhere COR-Werte bei Verwendung von Linie 3. Davon ausgenommen sind das gesamte Ruhe-Manöver nach Kontraktion sowie das Valsalva-Manöver, gemessen am Blasengrund. Eine ähnliche Lage ist bei den Ergebnissen der ICC-Analyse zu finden und wird im Diskussionsteil erörtert.

Zusammenfassung: Beide Referenzlinien zeigen ein grundsätzlich ähnliches Verhalten in Bezug auf die Intra-Observer-Reproduzierbarkeit zweier Messungen, vor allem bei den Mittelwerten. Hinsichtlich der Streuung findet sich ein ganz leichter Trend zu geringeren Wiederholbarkeitskoeffizienten bei Linie 1 (auch hier muss beachtet werden, dass Linie 1 kleinere Werte misst). Deutlich geringere Werte zeigt Linie 1 beim Husten-Manöver, während Linie 3 deutlich geringere Werte beim Valsalva-Manöver am Blasengrund zeigt. Relevante Ausreißer zeigt vor allem Linie 1 beim Valsalva-Manöver. Bei Messungen am Blasengrund bei Valsalva- und Hustenmanövern liegen die sonst schmalen limits of agreement weiter auseinander, sodass hier ein klinisch relevanter Unterschied bestehen könnte.

4.5 Weitere Fragestellungen

Neben dem Vergleich der genannten Referenzlinien in Bezug auf Reliabilität und Differenz der Werte wurden noch zwei weitere, vom Thema losgelöste Fragestellungen im Rahmen dieser Arbeit behandelt.

- Besteht ein signifikanter Unterschied in Bezug auf die resultierenden Werte zwischen Husten- und Valsalva-Manöver?
- Wie hoch ist das Agreement zwischen den Messwerten bei den Ruhepositionen nach verschiedenen Manövern?

4.5.1 Unterschiede in den erhobenen Werten zwischen den verschiedenen Ruhemanövern

Um das Agreement zwischen Ruhepositionen nach verschiedenen Manövern zu überprüfen, wurden Bland-Altman-Graphiken und Lins-Konkordanz-Korrelationskoeffizienten errechnet.

Da für die statistische Berechnung jeweils complete cases notwendig waren, musste die Fallzahl wegen vieler fehlender Manöver auf $N = 40$ reduziert werden.

Tab. 9 zeigt die berechneten Lins-Konkordanz-Koeffizienten.

Tab. 9: Lins-Konkordanz-Koeffizienten für den Vergleich zwischen verschiedenen Ruhepositionen

Manöver	Linie 1		Linie 3	
	BG	MUI	BG	MUI
R_A vs. R_H	0,86	0,83	0,91	0,88
R_A vs. R_V	0,90	0,87	0,88	0,84
R_A vs. R_K	0,89	0,89	0,91	0,93
R_H vs. R_V	0,89	0,88	0,90	0,87
R_H vs. R_K	0,82	0,82	0,93	0,92
R_V vs. R_K	0,87	0,85	0,93	0,90

MUI: Meatus urethrae internus; BG: tiefster Punkt des Blasengrundes; R_A : Ruhe zu Beginn; R_H : Ruhe nach dem Husten; R_V : Ruhe nach Valsalva; R_K :

Ruhe nach Kontraktion

Insgesamt sind die Werte der Lins-Konkordanz-Koeffizienten als gut zu werten, keine Gegenüberstellung aus Manövern weist dabei überdurchschnittlich gute oder schlechte Werte auf. Es scheint durchaus Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Ruhe-Positionen zu geben, die aber offensichtlich keinem spezifischen Trend unterliegen. Messungen am tiefsten Punkt der Blase scheinen bessere Ergebnisse zu liefern als solche am Meatus urethrae internus. Linie 3 zeigt wiederum höhere Werte als Linie 1.

Die zugehörigen Bland-Altman-Graphiken sind in der Abb. 23-26 zu finden. Auch sie zeigen den bereits mithilfe des Lins-Konkordanz-Koeffizienten festgestellten Trend zu besserer Vergleichbarkeit der Ruhe-Positionen bei Messung mit Linie 3, da die limits of agreement hier näher an der Nulllinie liegen.

Messungen mit Linie 1 am Blasengrund

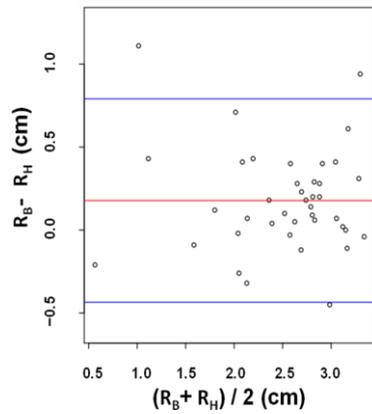


Abb. 23a: Ruhe zu Beginn vs. Ruhe nach Husten

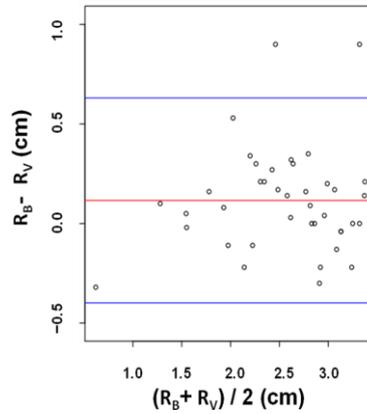


Abb. 23b: Ruhe zu Beginn vs. Ruhe nach Valsalva-Manöver

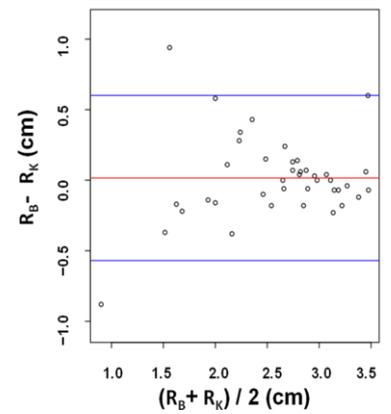


Abb. 23c: Ruhe zu Beginn vs. Ruhe nach Kontraktion

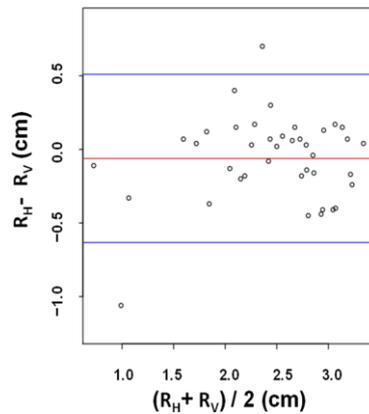


Abb. 23d: Ruhe nach Husten vs. Ruhe nach Valsalva

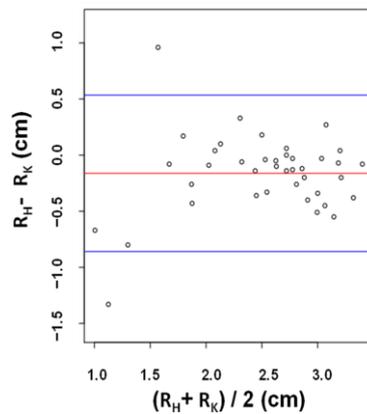


Abb. 23e: Ruhe nach Husten vs. Ruhe nach Kontraktion

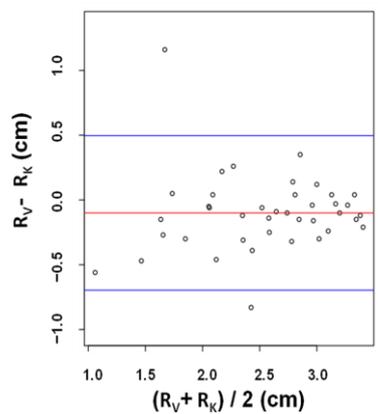


Abb. 23f: Ruhe nach Valsalva vs. Ruhe nach Kontraktion

Messungen mit Linie 1 am Meatus urethrae internus

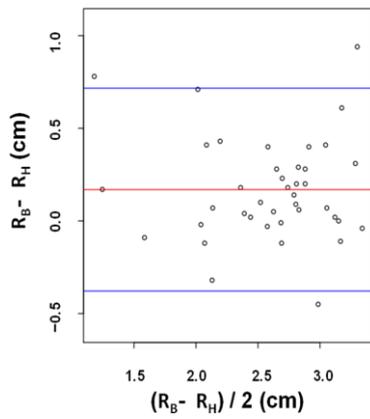


Abb. 24a: Ruhe zu Beginn vs. Ruhe nach Husten

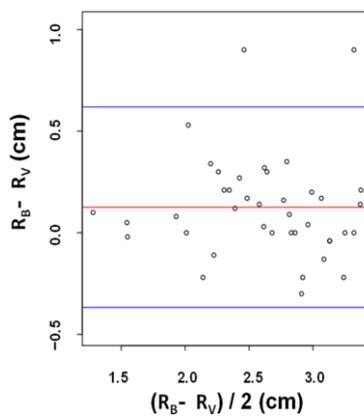


Abb. 24b: Ruhe zu Beginn vs. Ruhe nach Valsalva-Manöver

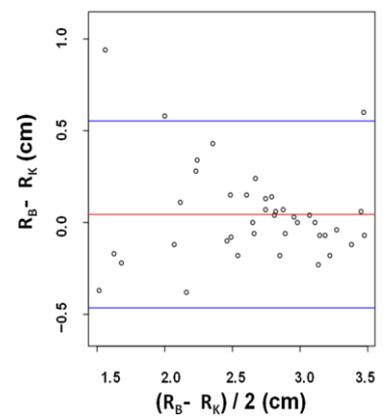


Abb. 24c: Ruhe zu Beginn vs. Ruhe nach Kontraktion

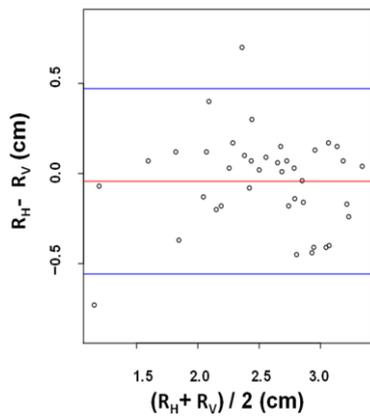


Abb. 24d: Ruhe nach Husten vs. Ruhe nach Valsalva

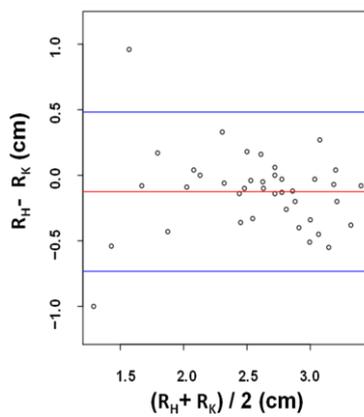


Abb. 24e: Ruhe nach Husten vs. Ruhe nach Kontraktion

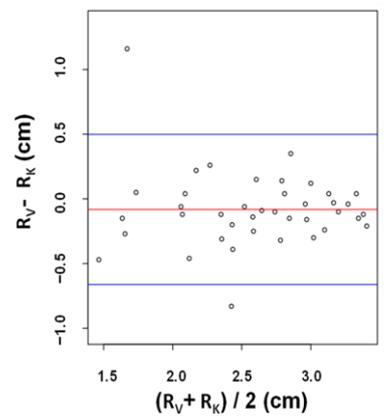


Abb. 24f: Ruhe nach Valsalva vs. Ruhe nach Kontraktion

Messungen mit Linie 3 am Blasengrund

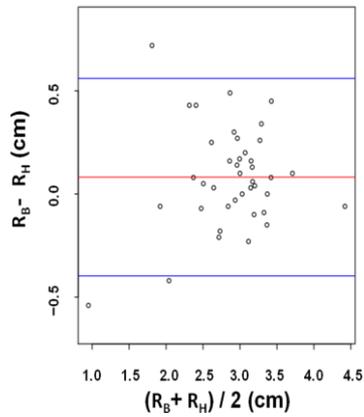


Abb. 25a: Ruhe zu Beginn vs. Ruhe nach Husten

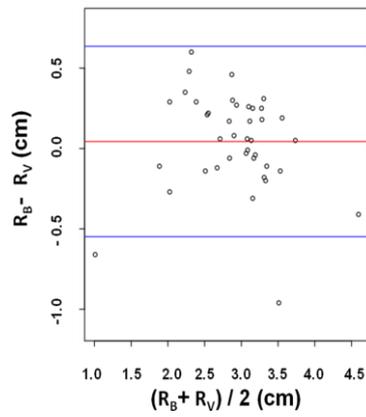


Abb. 25b: Ruhe zu Beginn vs. Ruhe nach Valsalva-Manöver

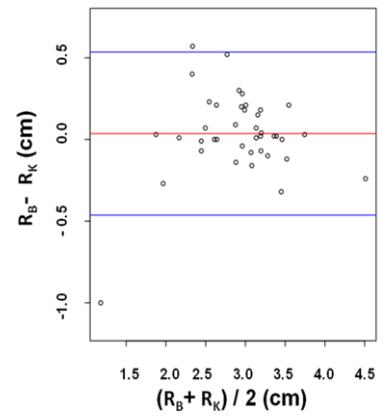


Abb. 25c: Ruhe zu Beginn vs. Ruhe nach Kontraktion

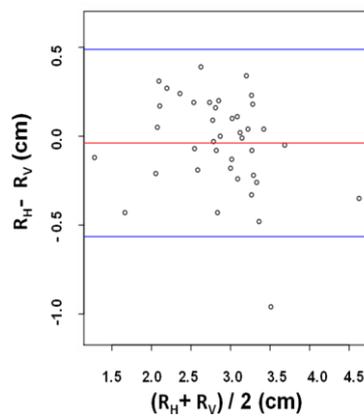


Abb. 25d: Ruhe nach Husten vs. Ruhe nach Valsalva

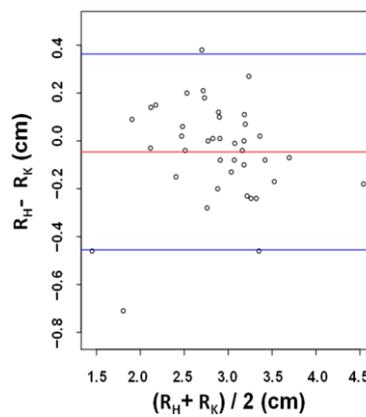


Abb. 25e: Ruhe nach Husten vs. Ruhe nach Kontraktion

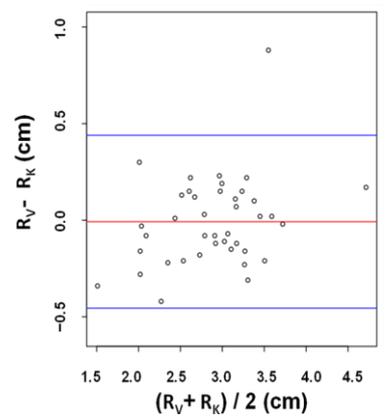


Abb. 25f: Ruhe nach Valsalva vs. Ruhe nach Kontraktion

Messungen mit Linie 3 am Meatus urethrae internus

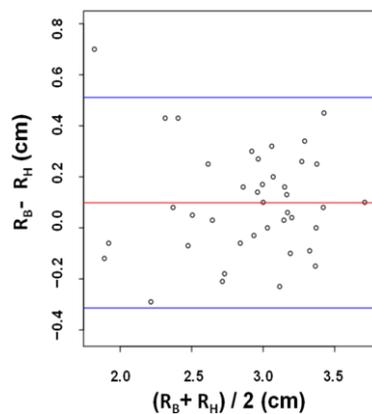


Abb. 26a: Ruhe zu Beginn vs. Ruhe nach Husten

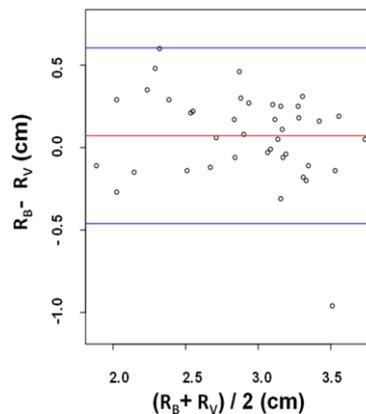


Abb. 26b: Ruhe zu Beginn vs. Ruhe nach Valsalva-Manöver

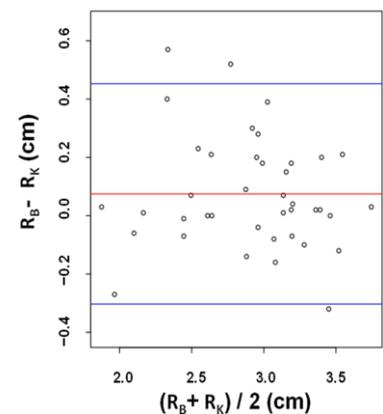


Abb. 26c: Ruhe zu Beginn vs. Ruhe nach Kontraktion

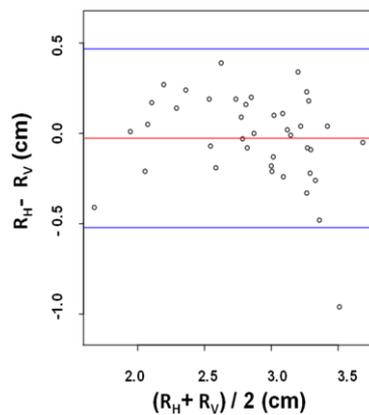


Abb. 26d: Ruhe nach Husten vs. Ruhe nach Valsalva

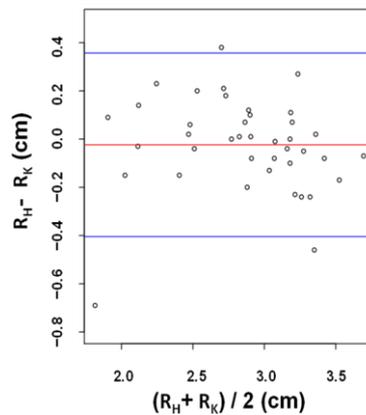


Abb. 26e: Ruhe nach Husten vs. Ruhe nach Kontraktion

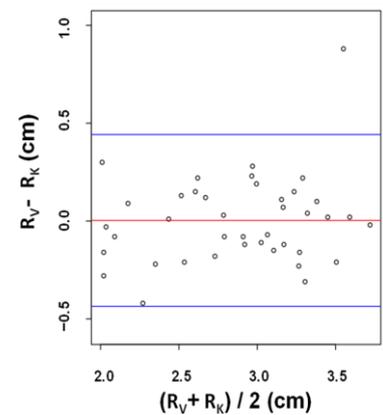


Abb. 26f: Ruhe nach Valsalva vs. Ruhe nach Kontraktion

4.5.2 Unterschiede in den erhobenen Werten zwischen Husten- und Valsalva-Manöver

Zur Beantwortung der Frage, ob ein Valsalva-Manöver ähnliche Werte erzeugt wie ein Husten-Manöver, wurden deskriptive Kenngrößen (siehe Tab. 10) sowie ein Boxplot (siehe Abb. 27) der Differenz zwischen den Manövern erstellt. Auch hier musste wegen teilweise fehlender Husten- oder Valsalva-Manöver ein Teil des Datensatzes ausgeschlossen werden, sodass für Messungen am

Blasenboden N = 58 Probandinnen, für Messungen am Meatus urethrae internus N = 56 Probandinnen zur Verfügung standen.

Tab. 10: Deskriptive Kennzahlen der Differenzen „Husten minus Pressen“ für beide Referenzlinien und beide Zielstrukturen. Alle Angaben in cm.

Parameter:	Linie 1		Linie 3	
	BG	MUI	BG	MUI
Mittelwert	-0,06	-0,07	0,02	0,02
Standardabweichung	0,48	0,50	0,55	0,52
Minimum	-1,25	-1,25	-1,96	-1,1
Maximum	1,23	1,62	1,84	1,6
Median	0,01	-0,06	0,09	-0,05
1. Quartil	-0,43	-0,41	-0,31	-0,34
3. Quartil	0,27	0,27	0,34	0,3
Interquartilsabstand (IQA)	0,70	0,68	0,65	0,64

MUI: Meatus urethrae internus; BG: tiefster Punkt des Blasengrundes

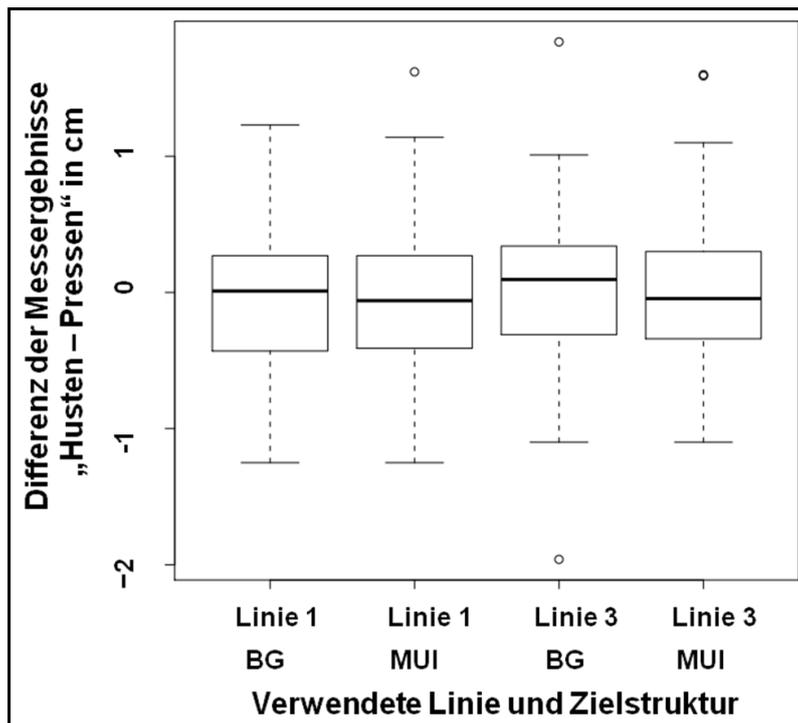


Abb. 27: Boxplot-Darstellung zur Veranschaulichung der Differenz zwischen Husten- und Valsalva-Manöver. Einheiten in cm.

Die Tabelle zeigt, dass die Mittelwerte der Differenzen nahe Null liegen, also kein deutlicher Unterschied zwischen Valsalva- und Hustenmanöver zu finden ist.

Zur Bestätigung dieser Vermutung wurden weiterhin ein parametrisches (Student's t-Test) und ein nicht-parametrisches Verfahren (Wilcoxon-Mann-Whitney-U-Test) durchgeführt. Beide ergaben nicht signifikante Unterschiede zwischen Husten- und Valsalva-Manöver für beide Referenzlinien und beide Zielstrukturen (siehe Tab. 11).

Tab. 11: p-Werte für den Vergleich zwischen Werten des Husten- und Valsalva-Manövers für beide Referenzlinien und beide Zielstrukturen.

Testverfahren	Linie 1		Linie 3	
	BG	MUI	BG	MUI
t-Test	0,34	0,32	0,83	0,74
Wilcoxon-Mann-Whitney-U-Test	0,33	0,19	0,61	0,92
MUI: Meatus urethrae internus; BG: tiefster Punkt des Blasengrundes				

5 Diskussion

5.1 Allgemeines

Der Perinealsonographie stehen bislang zwei international anerkannte Referenzlinien zur Vermessung des Urogenitaltraktes zur Verfügung. Im europäischen Raum verbreitet ist die zentrale Symphysenlinie nach Schaer, die in vielen Fällen nicht dargestellt werden kann, aber winkelstabil ist. Der amerikanisch-australische Raum bevorzugt die horizontale Symphysenlinie nach Dietz, die hohe Darstellungsraten bietet, aber aufgrund der Ein-Punkt-Fixierung nicht winkelstabil ist. Ihre Bildorientierung nach in Europa nicht üblichen Standards erschwert die Anwendung.

Somit sprechen viele Faktoren für die Suche nach einer neuen, geeigneten Referenzlinie für den europäischen Raum, die die Vorteile der beiden ursprünglichen Linien in sich vereint und ihre Nachteile ausschließt. Ihre Ableitung wurde bereits in der Einleitung vorgestellt.

Die Etablierung einer neuen Methode ruht stets auf zwei Säulen: der Reliabilität und der Validität. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Reliabilität der neu eingeführten Referenzlinie in Form von Intra-Rater-Reproduzierbarkeit zu überprüfen und mit anderen, bereits etablierten Referenzlinien zu vergleichen. Im Vordergrund stand dabei weniger das Testen statistischer Hypothesen auf Gleichheit der Methoden, sondern vielmehr die Quantifizierung des Unterschiedes zwischen den Systemen. Die Prüfung der Validität muss in späteren Studien erfolgen, um eine abschließende Beurteilung der neuen Referenzlinie zu ermöglichen.

5.2 Unterschiede in der Darstellbarkeit der Referenzlinien

Das erste einschneidende Ergebnis der vorliegenden Studie war das eklatant schlechte Abschneiden der Linie 2 in der qualitativen Bilddatenanalyse, das zum Ausschluss dieser Referenzlinie aus den folgenden Analysen führte. Im Gegensatz zu den Linien 1 und 3, die beide in 100% der Fälle realisierbar

waren, konnte Linie 2 nur in 13,9% der Fälle dargestellt werden. In mehr als 60% der Fälle, bei denen ein Ziehen der Linie nicht möglich war, lag es an einer mangelnden Abgrenzbarkeit beider Pole des Discus interpubicus. Ein weiterer, wichtiger Grund war die unmögliche gleichzeitige Darstellung der Linie mit Urethra und Meatus urethrae internus in einer Schnittebene, die aber sowohl für die Deszensus- als auch für die Inkontinenzdiagnostik unumgänglich ist.

Ähnliche, jedoch weniger drastische Erfahrungen machten Bader und Kollegen, die in einer Studie des Introitusultraschalls – mit einer Vaginalsonde am Meatus urethrae externus – die zentrale Symphysenlinie nur in 61% darstellen konnten (Bader 1997). Sie begründen dieses Problem mit dem kleineren Scannervolumen des Transducers und der Auflage der Sonde am Meatus urethrae externus. Hiermit konnte der vordere Pol des Discus interpubicus auch von den erfahrenen Untersuchern nicht in allen Fällen eingesehen werden.

Auch Peschers und Kollegen führten eine Intra-Rater-Analyse bei 40 Patientinnen durch (Peschers et al. 2001). Als Markierungspunkt für einen Blasenhal-Deszensus wurde der Meatus urethrae internus gewählt. Die Reproduzierbarkeit der Messung wurde sowohl für das Husten- als auch für das Valsalva-Manöver durchgeführt. Beide Manöver konnten jedoch lediglich bei 20 Patientinnen verglichen werden. Gründe hierfür werden in dem Artikel nicht angegeben. Es kann also vermutet werden, dass auch hier eine Darstellung nur in 50% der Fälle gelang.

Pregazzi und Kollegen führten an 73 Patientinnen eine Studie zur Messung des β -Winkels durch (Pregazzi et al. 2002). Unter Ruhebedingungen konnte bei allen Frauen der Winkel gemessen werden, beim Valsalva-Manöver war es nur bei 50, also 68% der Probandinnen möglich. Bei Kontraktion verblieben derart wenige brauchbare Daten, dass dieses Manöver von der Analyse ausgeschlossen wurde. Als Grund für die mangelnde Darstellbarkeit geben die Autoren eine verstärkte urethrale Verdrehung an. Dies ist nachvollziehbar, da die Bezugsfläche für die Referenzlinie, nämlich der Discus interpubicus, nur wenige Millimeter breit ist. Bei einer –durchaus physiologischen –

morphologischen Veränderung der Urethra wie einer Verdrillung in der Horizontalebene gerät die Harnröhre leicht aus der abgebildeten Ebene. Es stellt sich jedoch die Frage, ob das angewandte System nicht imstande sein sollte, die Struktur von Interesse zu verfolgen.

Ein Beispiel für eine höhere Darstellungsrate bieten Fink und Kollegen, die bei 40 Patientinnen eine Inter-Rater-Analyse durchführten, und denen es in allen Fällen gelang das Bild in Ruhe und beim Pressen auszuwerten (Fink et al. 1995).

Eine genaue Analyse der mangelhaften Darstellbarkeit, aber auch der mangelhaften Reliabilität führten Armstrong und Kollegen durch. Sie nutzten Schablonen-Experimente um zu überprüfen, ob das korrekte Erkennen der zentralen Symphysenachse eine mögliche Ursache der hohen Varianzen sein könnte, die bei den Messungen mit Linie 2 auffallen. Sie kamen dabei zu dem Schluss, dass das Benutzen einer angepassten Schablone zu einer dramatischen Besserung der Reliabilität führte (Armstrong et al. 2006). Das Auffinden der korrekten Einstellung der Symphyse scheint also ein allgemeines Problem zu sein.

Als mögliche Gründe für das fehlende Gelingen der Einstellung werden die zunehmende Kalzifizierung des chondralen Symphysenanteils mit zunehmendem Alter angegeben (Bader 1997).

Die Daten zeigen, dass das Problem in der Literatur nicht unbekannt ist. Die Tatsache, dass die Darstellung in der vorliegenden Studie noch wesentlich seltener gelang als bei den zitierten Kollegen, kann verschiedene Gründe haben. Einerseits wurden Videos analysiert, die während Routineuntersuchungen aufgenommen worden waren und ursprünglich nicht zu dem Zweck erstellt wurden, diese Referenzlinie darzustellen. Andererseits wurde die Auswertung der Bilder nicht durch einen langjährig erfahrenen Untersucher getätigt, sondern durch eine eingearbeitete Doktorandin. Beides

lag im Interesse der Studie, die verschiedenen Referenzsysteme unter realitätsnahen Bedingungen zu vergleichen.

5.3 Auffälligkeiten in den deskriptiven Werten und diesbezügliche Unterschiede zwischen den Referenzlinien 1 und 3

Bei Betrachtung von Tab. 6 fallen einige Werte auf.

So finden sich beim Valsalva- und beim Hustenmanöver durchgehend höhere Standardabweichungen als bei den übrigen Manövern. Dies lässt sich am ehesten durch die unterschiedliche Ausprägung von Senkungszuständen bei den Patientinnen erklären. Da bei der Probandinnenauswahl keinerlei Ausschlusskriterien formuliert wurden, was den Grad eines Descensus genitalis angeht, zeigt sich hier eine große Bandbreite an anatomischen Varianten, die sich in der hohen Standardabweichung widerspiegelt. Dass dies speziell bei den Press-Manövern der Fall ist, liegt daran, dass sich in Ruhe die Höhe der Harnblase – laut unserer klinischen Beobachtung – nur bei hochgradigem Descensus genitalis von der gesunder Probandinnen unterscheidet. Der Descensus genitalis kommt häufig erst bei intraabdomineller Druckerhöhung zum Tragen.

Eine weiterer Aspekt der Tabelle ist, dass offensichtlich die Werte, die am tiefsten Punkt der Blase gemessen wurden, stärker streuen als solche, die am Meatus urethrae internus gemessen wurden. Hier kann vermutet werden, dass ein deszendierter Blasengrund als Linie im Bild mehr mögliche Messpunkte bietet, als der Meatus urethrae internus, der eher einen Punkt darstellt.

Eine Beobachtung, die sich durch sämtliche deskriptive Werte dieser Studie zieht, sind deutlich höhere Werte bei Messung mit Linie 3 als bei Messung mit Linie 1. Dies zeigt sich in visueller Form in den Punktwolken, die stärker nach vertikal – in Richtung der Achse von Linie 3 – als nach horizontal ziehen, aber auch in numerischer Form beim Betrachten von Tab. 5. Lediglich in 7,1% aller

Beobachtungen lagen Werte, die mit Linie 1 erhoben worden waren, höher als die der Linie 3. Der Unterschied lag durchschnittlich bei 0,47 mm.

Dieser klare Trend ist im Wesentlichen den Messverfahren inhärent, da die beiden Referenzlinien sich in ihrer Lage bezüglich des Bereichs unterscheiden, in dem die Zielstruktur in den meisten Fällen anzutreffen ist. Abb. 27 zeigt das anhand eines Beispiels: Linie 1 liegt meist näher an diesem Gebiet als Linie 3. So kommen größere Werte für Linie 3 zustande als für Linie 1.

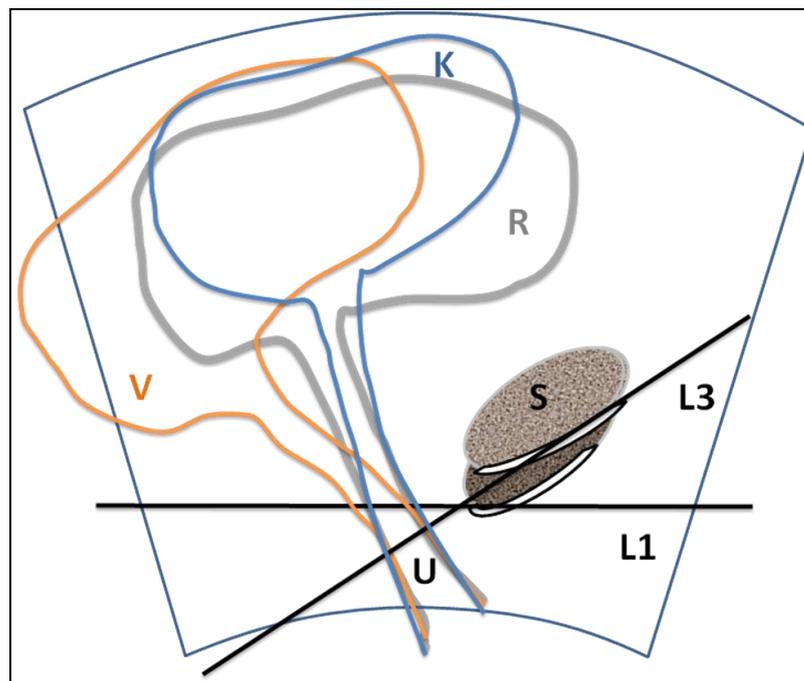


Abb. 28: Zu sehen ist eine Harnblase in Ruhe (grau, R), während des Valsalva-Manövers (orange, V) und während Kontraktion (blau, K). Während des Valsalva-Manövers ist eine dorso-kaudale Verschiebung zu beobachten, während der Kontraktion hebt sich die Blase in ventro-kraniale Richtung an. Meatus urethrae internus und tiefster Punkt des Blasenbodens bleiben in bei allen Manövern in einem Bereich, der näher an Linie 1 (L1) als an Linie 3 (L3) liegt. Außerdem eingezeichnet sind Symphyse (S) und Urethra (U).

Durch die typische Bewegungsrichtung der Blase und der Urethra bei Pressmanövern nach dorsokaudal (siehe Abb. 28) kommt es häufig zu einem weiteren Phänomen: mit zunehmender Entfernung des Messpunktes vom gemeinsamen Ursprung der beiden Referenzachsen nimmt der Wert bei Linie 3 zu und bei Linie 1 eher ab. Dies spiegelt sich auch in den numerischen Ergebnissen aus Tab. 6: Die größte Wertdifferenz finden wir beim Husten,

nachgefolgt vom Valsalva-Manöver, den Ruhe-Manövern und schließlich der Kontraktion. Letzteres Manöver weist sogar eine deutlich geringere Differenz auf. Dies könnte dadurch bedingt sein, dass sich Blasengrund und Meatus urethrae internus hier in die genau entgegengesetzte Richtung bewegen wie beim Pressen, nämlich nach ventrokraniel (siehe Abb. 28).

Auf diese Weise kann auch erklärt werden, warum die Werte des Blasengrundes durchgehend um einen Millimeter höher sind, als die des Meatus urethrae internus, obwohl letzterer doch anatomisch eher höher zu liegen scheint (Memo: die Methodik sah vor, dem Blasengrund den gleichen Wert zu geben wie dem Meatus urethrae internus, wenn beide auf gleicher Höhe lagen, aber auch, wenn der Blasengrund höher lag als der Meatus urethrae internus. Grund: Das Fehlen von markanten Punkten zur Messung und mangelnde klinische Relevanz). Der Blasengrund liegt – natürlich nur bei Patientinnen ohne Descensus genitalis – deutlich dorsal des Meatus urethrae internus und entspricht damit der oben genannten Situation.

5.4 Erfahrungen aus anderen Studien bezüglich der Korrelation zu Anatomie und Funktion

Es ergibt sich aus diesen Beobachtungen die Frage, welche der beiden Linien die anatomischen Gegebenheiten realistischer abbildet, und ob eine dieser Linien demnach einen falschen Eindruck etwa eines Descensus genitalis vermitteln könnte. Im Folgenden soll deswegen der aktuelle Forschungsstand bezüglich des Zusammenhangs zwischen Anatomie sowie Symptomen von Senkungszuständen und den untersuchten Referenzlinien 1 und 3 zusammengefasst werden. Aufgrund der fehlenden Studien zur neuen Linie 3 sollen aufgrund des ähnlichen Verlaufs (siehe Abb. 7) statt dessen Untersuchungen zur Linie 2 berücksichtigt werden.

5.4.1 Anatomischer Zusammenhang

Einen guten Überblick über die anatomischen Verhältnisse des Beckens, die von außen kaum zugänglich sind, bieten MRT- und Leichenstudien.

Kombiniert wurden beide Varianten durch **Singh** und Kollegen, die mithilfe der MRT die Einteilung des Descensus genitalis erleichtern wollten. Sie postulierten als Referenzlinie für die MRT die midpubic line, die – analog zur Linie 2 im Ultraschall – in die Symphysenlängsachse gelegt wird. Wie auf den fotografischen Aufnahmen der Leiche im Artikel gut zu sehen, verläuft die midpubic line direkt durch den Hymenalsaum. Wiederholt wurde dies an sagittalen MRT-Aufnahmen. Die Einteilung des Prolapses erfolgt dann analog zur POP-Q Klassifikation durch Verfolgung der jeweiligen Punkte in Relation zur midpubic line, also dem Hymenalsaum. Dabei konnte eine gute Korrelation zwischen POP-Q und MRT erzielt werden (Singh et al. 2001).

Einen direkten Vergleich zwischen der midpubic line im MRT und der Linie 1 nach Dietz im Ultraschall hinsichtlich der Korrelation mit Markierung Ba nach POP-Q (entsprechend dem tiefsten Punkt der Blase) führten **Broekhuis** und Kollegen durch (Broekhuis et al. 2009). Die Analyse ergab eine gute Korrelation bei der midpubic line und eine moderate Korrelation bei der Ultraschalluntersuchung.

Beide Studien sprechen aus anatomischer Sicht eher für eine Referenzlinie ähnlich Linie 2, die statt einer gedachten horizontalen Linie einer anatomischen Struktur entspricht. Ob der Zusammenhang mit dem Hymen als anatomischer Struktur auch funktionell begründet ist, soll im folgenden Abschnitt gezeigt werden.

5.4.2 Funktioneller Zusammenhang

Die Symphyse als Referenzpunkt für Sonographie und klinische Untersuchung wurde bereits mehrfach in Hinblick auf Symptombezogenheit überprüft. Der klinische Goldstandard ist die Untersuchung nach POP-Q (Pelvic Organ Prolapse Quantification), empfohlen von der International Continence Society (ICS) (Bump et al. 1996). Das Ausmaß eines Descensus genitalis wird hierbei anhand der Entfernung zum Hymenalsaum bestimmt.

An dieser Stelle muss jedoch erwähnt werden, dass Studienergebnisse vorliegen, die die Korrelation von POP-Q-Stadien und Symptomen infrage stellen (Ghetti et al. 2005; Tan et al. 2005; Broekhuis et al. 2009). Studien, die lediglich das POP-Q-Stadium und den Sonographie-Befund korrelieren, ohne auch die Symptome selbst mit einzubeziehen, sollten also unter Vorbehalt betrachtet werden.

Barber und Kollegen führten bei 160 Frauen eine POP-Q-Untersuchung durch und setzten die Ergebnisse in Zusammenhang mit dem Sehen oder Fühlen einer vaginalen Vorwölbung. Bei einem Descensus genitalis, der das Hymen nicht erreichte, waren Symptome weniger als 10% der Zeit vorhanden. Sobald der Descensus genitalis das Hymen überschritt, verdoppelte bis verdreifachte sich die zeitliche Prävalenz der Symptome (Barber 2003).

Swift und Kollegen konnte feststellen, dass ein Descensus genitalis Grad I nach POP-Q bei 477 untersuchten Frauen durchschnittlich 0,55 Symptome verursachte, jedoch bei Grad III im Schnitt bereits zu 2,1 Symptomen führte. Sie konnten statistisch signifikant nachweisen, dass die durchschnittliche Anzahl an Symptomen von < 1 auf > 1 anstieg, sobald das Hymen überschritten wurde (Swift et al. 2003).

Auch in einer weiteren Studie konnten Swift und Kollegen den Zusammenhang zwischen Symptomen und Ausprägung des Prolapses bestätigen: Je weiter ein Descensus genitalis auf das Hymen zugeht, desto mehr Symptome konnten gefunden werden. Als symptomorientierten Cut-off erhoben sie hierfür einen Wert von 0,5 cm über dem Hymen (Swift et al. 2005).

Die Symphyse scheint also laut dem derzeitigen Stand der Forschung durchaus eine sinnvolle Abgrenzung zwischen symptomatischen und nicht-symptomatischen Descensus genitales darzustellen. Eine gute Korrelation von Linie 3 mit den entsprechenden Symptomen kann daher vermutet werden, bedarf aber definitiv noch einer Bestätigung durch Studien zur Validität.

In Bezug auf Linie 1 wurden in der Vergangenheit auch Studien zur Korrelation mit der POP-Q-Untersuchung durchgeführt ohne direkte Einbeziehung der Symptome. Sie sollen trotzdem Erwähnung finden.

Dietz ermittelte eine gute Korrelation der sonographischen Messergebnisse mit POP-Q bei Vermessung des anterioren (Blase) und mittleren (Uterus) Kompartiments (Dietz et al. 2001). Dies konnte von **Broekhuis** und Kollegen bestätigt werden (Broekhuis et al. 2009).

Kluivers und Kollegen hingegen bezogen die Klinik mit ein und verglichen die Korrelation mit positiven Prolaps-Symptomen bei POP-Q und Ultraschall mithilfe von Linie 1. Sie konnten feststellen, dass die Ultraschall-Untersuchung im Symptom-orientierten Staging schlechter abschnitt als die klinische Untersuchung. Als möglichen Grund dafür geben die Autoren an, dass der Hymenalsaum als relative Grenze für einen symptomatischen Prolaps gilt, während für eine Linie auf Höhe der Symphyse (also Linie 1) solch ein Zusammenhang nicht bekannt ist.

Zusammenfassend sprechen einige Studien dafür, dass die Längsachse der Symphyse sowohl anatomisch als auch klinisch-funktionell einen wichtigen Kennpunkt im weiblichen Becken markiert. Dies entspricht in etwa dem Verlauf von Linie 3 im Ultraschall. Nichtsdestotrotz bedarf es Validierungsstudien, um die Vermutung zu bestätigen. Gleiches gilt für Linie 1, die hinsichtlich ihrer Korrelation mit Klinik und klinischer Untersuchung noch unzureichend untersucht ist. Tendenziell muss aber nicht davon ausgegangen werden, dass höhere Messwerte, die mithilfe von Linie 3 entstanden sind, die realen anatomischen Gegebenheiten oder den funktionellen Status verzerren.

5.5 Reliabilitätsprüfung

5.5.1 Diskussion der Ergebnisse

Abb. 29 gibt einen Anhalt zur Einschätzung der erzielten ICC-Ergebnisse.

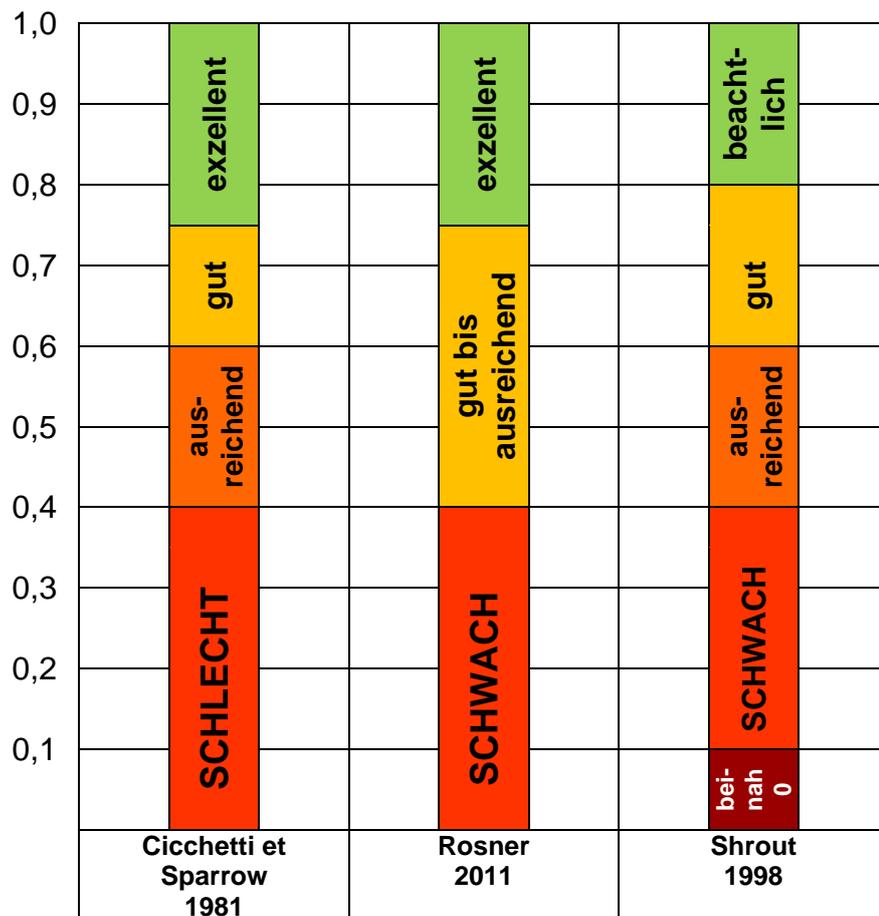


Abb. 29: Übersicht zur Bewertung von ICC-Ergebnissen durch drei verschiedene Autoren. Skalierung: ICC-Werte.

Alle drei Autoren bewerten ein ICC-Ergebnis von 0,8 bereits als „exzellent“ oder „beachtlich“, sodass beide Referenzlinien in allen Manövern ein solches Ergebnis erzielen konnten und teilweise noch deutlich über 0,9 lagen. Die einzige Ausnahme bildet Linie 1 während des Valsalva-Manövers gemessen am Blasengrund, wo lediglich moderat bis gute Werte erreicht wurden.

Bei Betrachtung von Tab. 7 im Ergebnisteil zeigt sich ein konstanter Trend zu besseren ICC-Werten bei Linie 1, ausgenommen das Ruhemanöver nach Kontraktion und das Valsalva-Manöver, gemessen am Blasengrund. Gemittelt über beide Zielstrukturen lagen die ICC-Werte im Durchschnitt bei Linie 1 um 0,046 höher als bei Linie 3. Ob dies jedoch in Anbetracht des ohnehin hohen

Werteniveaus einen bedeutsamen Unterschied darstellt, ist fraglich. Zudem ist davon auszugehen, dass der wahre Korrelationswert durch den ICC eher unterschätzt wird (Grouven et al. 2007).

Die genannte Ausnahme im Rahmen des Valsalva-Manövers lässt sich möglicherweise bei Betrachtung der Bland-Altman-Graphiken erklären. Hierbei fallen im genannten Manöver bei Linie 1 starke Ausreißer in negative und positive Bereiche auf, die bei Linie 3 auch vorhanden sind, aber eindeutig weniger stark ausfallen. Diese erklären auch, warum nicht nur der Unterschied zwischen den Linien ausgeprägt ist, sondern auch, warum Linie 1 hier schlecht abschneidet. Ähnliche Ergebnisse zeigen auch die Wiederholbarkeitskoeffizienten.

Bei Betrachtung der Bland-Altman-Graphiken fallen limits of agreement auf, die bei beiden Linien ähnlich sind. Lediglich beim Valsalva-Manöver sind diese bei Linie 1 deutlich breiter. Da 95% der Unterschiede zwischen zwei Messungen innerhalb der limits of agreement zu finden sind, kann dies bedeuten, dass Linie 3 hier zuverlässiger misst.

Zusammenfassung:

Beide Linien liegen hinsichtlich ihrer Reproduzierbarkeit im guten bis sehr guten Bereich. Unterschiede zwischen den Referenzlinien sind eher fein, relevante Konsequenzen sind auch bei den etwas größeren Unterschieden eher nicht zu erwarten. Dies muss jedoch durch Validierungsstudien überprüft werden.

5.5.2 Vergleich zu Ergebnissen anderer Studien

Aufgrund der Neueinführung in der vorliegenden Arbeit sind bislang keine Daten zur Reliabilität von Linie 3 in der Literatur verfügbar.

Linie 1 wurde in verschiedenen Studien untersucht.

Für die Analyse der Blasenhalshals-Mobilität verwendeten **Majida** und Kollegen ebenfalls das ICC-Verfahren. Sie erhoben einen ICC von 0,83 für das Valsalva-Manöver und einen Koeffizienten von 0,61 für das Kontraktions-Manöver (Majida et al. 2009). Beide Ergebnisse sind den bei der vorliegenden Studie erhobenen Werten (0,93 bzw. 0,96) unterlegen, Majida und Kollegen führten jedoch eine Inter-Rater-Analyse durch.

In einer weiteren Studie konnten **Dietz** und Kollegen die Intra-Rater-Reliabilität für den Blasenhalshals-Deszensus anhand der Linie 1 bei 48 Patientinnen erheben. Der ermittelte ICC lag bei 0,75. Da in der vorliegenden Studie der Descensus selbst nicht errechnet wurde, sondern lediglich die jeweilige Ruhe und Valsalva-Position, kann kein direkter Vergleich getätigt werden. Sowohl die Valsalva, als auch die Ruhe-Position lieferten jedoch in der vorliegenden Arbeit höhere ICC-Werte. Hierbei ist zu erwähnen, dass Dietz und Kollegen die Patientinnen mit einem Intervall von einem Monat nochmals untersuchten, und dass bei leerer Harnblase geschallt wurde (Dietz 2003).

An 50 Frauen wurde das Verfahren später wiederholt, es zeigte sich dabei ein ICC von 0,77 für den Blasenhalshals-Deszensus. An lediglich 28 Frauen wurde in diesem Rahmen auch die Intra-Rater-Reliabilität für den Descensus genitales des anterioren Kompartiments erhoben, wobei ein ICC von 0,89 ermittelt wurde (Dietz et al. 2004). Auch hier ergibt sich das Problem, dass bei Dietz direkt der Descensus genitales gemessen wurde. Nichtsdestotrotz erscheinen die Werte für den Meatus urethrae internus in der vorliegenden Studie besser. Die Messung des Blasenboden-Deszensus entspricht – bei Betrachtung des Durchschnitts von Ruhe- und Valsalva-Wert – möglicherweise in etwa den hier erhobenen Werten.

5.6 Vergleich der Ruhe-Manöver

Die Untersuchung verschiedener Ruhe-Manöver auf Übereinstimmung wurde durchgeführt, um die Standardisierung der perinealsonographischen Untersuchung zu unterstützen. Es sollte dabei die Frage beantwortet werden,

ob die Bestimmung eines Ruhe-Wertes zu Beginn einer Untersuchung andere Werte erzeugt, als nach einem Kontraktions-, Valsalva- oder Husten-Manövers. Dies könnte etwa durch eine Lageveränderung des Beckenbodens nach Kontraktion oder Pressmanövern denkbar sein. Zur Analyse wurden sämtliche Manöver gegeneinander aufgetragen. Die resultierenden Konkordanz-Koeffizienten nach Lins zeigen bei 1 eine perfekte Übereinstimmung an, bei 0 keinerlei Übereinstimmung und bei -1 eine perfekte negative Übereinstimmung. Die hier erhobenen Werte sind allesamt über 0,8 angesiedelt, sodass sich insgesamt eine gute bis sehr gute Übereinstimmung bestimmen ließ. Noch ausschlaggebend sind jedoch die Gegenüberstellungen im Einzelnen, wo bei keinem Manöver-Paar eine überdurchschnittlich gute oder gar schlechte Übereinstimmung auffiel. Ein relevanter Unterschied zwischen den Manövern scheint nicht vorzuliegen, sodass die Auswahl des Ruhe-Manövers hinsichtlich des Ergebnisses offensichtlich keine Rolle spielt.

5.7 Vergleich von Ruhe- und Hustenmanöver

Ebenfalls von Interesse für eine Standardisierung der Perinealsonographie ist der Unterschied in den resultierenden Werten zwischen Husten- und Valsalva-Manöver. Dies wurde bereits in der Literatur diskutiert, entsprechende Ergebnisse lieferten Howard und Kollegen. Sie stellten fest, dass bei kontinenten Patientinnen ein Valsalva-Manöver signifikant größere Blasenhal-Bewegungen auslöste als ein Husten-Manöver, während dieser Unterschied bei Patientinnen mit Stressinkontinenz verloren ging (Howard et al. 2000). Da im Rahmen der vorliegenden Studie der Kontinenzstatus nicht erhoben worden war, kann diese Entwicklung nicht nachvollzogen werden: die Ergebnisse zeigen bei einer Mischpopulation aus kontinenten und inkontinenten Probandinnen keinen Unterschied zwischen den beiden Manövern.

5.8 Diskussion der Methodik

Als retrospektive Studie hat die vorliegende Arbeit eine Reihe von Mängeln aufzuweisen, die im Rahmen einer prospektiven Studie eventuell hätten gemindert werden können.

Zunächst zu nennen ist die relativ hohe Zahl an fehlenden Werten aus der Ultraschallanalyse. Diese ist in erster Linie dadurch begründet, dass im Rahmen der Routine-Sprechstunde nicht bei jeder Patientin alle Manöver durchgeführt wurden, sei es aus Zeitmangel oder aus Unfähigkeit der Patientin. Die Auswirkungen auf die statistische Analyse konnten dadurch minimiert werden, dass bei Nicht-Vorhandensein eines Manövers nicht der gesamte Datensatz ausgeschlossen wurde, sondern lediglich das jeweilige Manöver.

Ein weiterer Diskussionspunkt ist die Verwendung von Ultraschallfilmen zur wiederholten Analyse im Rahmen einer Untersuchung der Intra-Rater-Reliabilität. Auch wenn in Bezug auf die untersuchten Fragestellungen eine zweimalige Untersuchung der Patientin mit erneuter Auflage der Ultraschallsonde vorzuziehen wäre, bietet die Filmanalyse einige Vorteile: Grad der Blasenfüllung und Tagesverfassung der Patientin sind nicht unbedingt identisch. Bei Untersuchungen, die unmittelbar hintereinander stattfinden, kann es zur Ermüdung der Patientin kommen. Auch wenn die Auswertung von Filmausschnitten dem Ideal einer Reproduzierbarkeitsstudie entspricht, bei der möglichst alle Faktoren bei beiden Analysen identisch sind, ist die zweifache Untersuchung von Patientinnen der Realität näher. Schließlich sollen bei zwei unterschiedlichen Untersuchungen dieselben Werte erzielt werden. Insgesamt wäre also die zweifache Untersuchung der Patientinnen der Analyse von Filmausschnitten vorzuziehen gewesen. Aufgrund des retrospektiven Studien-Designs war dies jedoch nicht möglich.

Die Auswertung des Filmmaterials ist ebenfalls ein kritischer Punkt im Rahmen der Studiendurchführung. Die gängige Literatur beschreibt größtenteils eine Auswertung durch langjährig erfahrene Untersucher, somit sind die Ergebnisse mit denen anderer Studien nur eingeschränkt vergleichbar. Andererseits war es Bestandteil der Fragestellung, auch die Verwendung der Methodik für klinisch noch unerfahrene Mediziner zu testen, da diesbezüglich kaum Daten vorliegen.

6 Zusammenfassung

Bei der Perinealsonographie als ein recht junges Diagnostikum ist der Standardisierungsprozess noch lange nicht abgeschlossen. Ein wichtiger Bestandteil ist die Einigung auf eine geeignete Referenzlinie zur Vermessung des Urogenitaltraktes. Hierfür sind auf internationalem Niveau bislang zwei Linien verwendet worden: die horizontale Linie nach Dietz und die zentrale Symphysenlinie nach Schaer. Beide Linien weisen in Theorie und Praxis einige Nachteile auf. Im Rahmen der vorliegenden Studie entstand deswegen unter Zusammenschluss ihrer Vorteile und Ausschluss ihrer Nachteile eine weitere Linie, die zwischen den echoreichen Konturen von Os pubis und Ligamentum arcuatum im sonographischen Bild gezogen wird. Die Bildorientierung wird hierbei nach europäischem Vorbild gewählt.

Bevor als erster Schritt zur Etablierung der neuen Methode die Reliabilität zwischen den drei Referenzlinien verglichen werden konnte, musste die zentrale Symphysenlinie nach Schaer wegen zu niedriger Darstellungsraten ausgeschlossen werden. Dieses Problem ist in der Literatur bereits bekannt. Besonders unerfahrene Untersucher sollten aufgrund der vorliegenden Ergebnisse die Verwendung dieser Referenzlinie vermeiden.

Bei der näheren Betrachtung der resultierenden Werte ergaben sich deutliche Unterschiede zwischen den verbliebenen beiden Referenzlinien. Die neu gestaltete Linie ergibt wesentlich größere Messwerte, weswegen die Verfahren nicht parallel verwendet und miteinander verglichen werden sollten. In der Literatur finden sich einige Hinweise darauf, dass Werte der neu eingeführten Referenzlinie realistischere Werte ergeben, als die der horizontalen Linie nach Dietz. Zur Bestätigung dieser Vermutung müssen jedoch Validierungsstudien durchgeführt werden.

Die Überprüfung der beiden Linien auf Reliabilität ergab – trotz einiger Ausreißer – einen Trend zu geringfügig besserer Reproduzierbarkeit bei der horizontalen Linie nach Dietz. Dennoch lagen beide Referenzlinien eindeutig im

Bereich sehr guter Reproduzierbarkeit, sodass etwaige Unterschiede wahrscheinlich zu vernachlässigen sind. Dies ist jedoch vom Ergebnis der anstehenden Validierung (etwa mithilfe von symptomorientierten Fragebögen und klinischer Untersuchung) abhängig.

Weiterhin wurde im Rahmen der Untersuchungen festgestellt, dass bei Vermessung von Parametern in Ruhe eine beliebige Ruhe-Position gewählt werden kann, ob nun gleich zu Beginn oder etwa nach einem Valsalva-Manöver. Dies hat keine relevante Auswirkung auf das Untersuchungsergebnis. Ebenso konnte gezeigt werden, dass zwischen Husten- und Valsalva-Manövern kein bedeutsamer Unterschied in den resultierenden Messwerten besteht. Hierzu bestehen aber divergierende Meinungen in der Literatur.

Zusammenfassend erzielt die neu generierte Referenzlinie ähnliche Reliabilitätswerte wie die bereits etablierte horizontale Linie nach Dietz bei besserer Kompatibilität mit der europäischen Bildorientierung. Besonders für noch unerfahrenes Personal sind beide Referenzlinien geeigneter als die zentrale Symphysenlinie nach Schaer. Einer routinemäßigen Verwendung der neuen Linie sollte jedoch eine Validitätsprüfung vorausgehen. Von einer gleichzeitigen Verwendung wird abgeraten.

7 Literatur

- Abrams, P. (2009). Incontinence : 4th International Consultation on Incontinence, Paris, July 5-8, 2008. [Paris], Health Publications Ltd.
- Armstrong, S. M., Miller, J. M., Benson, K., Jain, S., Panagopoulos, K., DeLancey, J. O. and Sampsel, C. M. Revisiting reliability of quantified perineal ultrasound: Bland and Altman analysis of a new protocol for the rectangular coordinate method. *Neurourol Urodyn.* (2006) 25(7): 731-8
- Athanasίου, S., Khullar, V., Boos, K., Salvatore, S. and Cardozo, L. Imaging the urethral sphincter with three-dimensional ultrasound. *Obstet Gynecol.* (1999) 94(2): 295-301
- Bader, W. Methodischer Ansatz zur Standardisierung der Introitussonographie. *Geburtshilfe Frauenheilkd.* (1997) 57(4): 193-97
- Bader, W., Degenhardt, F., Kauffels, W., Nehls, K. and Schneider, J. Sonomorphologische Parameter der weiblichen Stressharninkontinenz. *Ultraschall Med.* (1995) 14(4): 180-5
- Bader, W., Degenhardt, F., Kauffels, W., Nehls, K. and Schneider, J. Sonomorphologische Parameter der weiblichen Streßharninkontinenz. *Ultraschall in Med.* (2004) 25: 181-90
- Barber, M. W., L.; Bump, R. . Association of the magnitude of pelvic organ prolapse and presence and severity of symptoms. *Jrnl of Pelvic Med & Surg.* (2003) 9: 208
- Beco, J. Reducing uncertainty for vesico-urethral sonography in women. *Acta Urol Belg.* (1995) 63(2): 13-29
- Bernaschek, G. Empfehlungen für eine einheitliche endosonographische Dokumentation in Geburtshilfe und Gynäkologie. *Ultraschall Klin Prax.* (1989) 4: 45-8
- Bernaschek, G. and Kratochwil, A. [Sonographic method for the measurement of the posterior urethrovesical angle]. *Gynakol Rundsch.* (1980) 20 Suppl 2: 208-11
- Bernaschek, G., Spornol, R., Wolf, G. and Kratochwil, A. [Comparative determination of the vesico-urethral angle in incontinence via ultrasound and lateral urethro-cystogram (author's transl)]. *Geburtshilfe Frauenheilkd.* (1981) 41(5): 339-42
- Braekken, I. H., Majida, M., Ellstrom-Eng, M., Dietz, H. P., Umek, W. and Bo, K. Test-retest and intra-observer repeatability of two-, three- and four-dimensional perineal ultrasound of pelvic floor muscle anatomy and function. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct.* (2008) 19(2): 227-35
- Broekhuis, S. R., Futterer, J. J., Hendriks, J. C., Barentsz, J. O., Vierhout, M. E. and Kluivers, K. B. Symptoms of pelvic floor dysfunction are poorly correlated with findings on clinical examination and dynamic MR imaging of the pelvic floor. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct.* (2009) 20(10): 1169-74

- Broekhuis, S. R., Kluivers, K. B., Hendriks, J. C., Futterer, J. J., Barentsz, J. O. and Vierhout, M. E. POP-Q, dynamic MR imaging, and perineal ultrasonography: do they agree in the quantification of female pelvic organ prolapse? *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct.* (2009) 20(5): 541-9
- Bump, R. C., Mattiasson, A., Bo, K., Brubaker, L. P., DeLancey, J. O., Klarskov, P., Shull, B. L. and Smith, A. R. The standardization of terminology of female pelvic organ prolapse and pelvic floor dysfunction. *Am J Obstet Gynecol.* (1996) 175(1): 10-7
- Cho, M. K., Kim, C. H., Kang, W. D., Kim, J. W., Kim, S. M. and Kim, Y. H. Complications Following Outside-in and Inside-out Transobturator-Tape Procedures with Concomitant Gynecologic Operations. *Chonnam Med J.* (2011) 47(3): 165-9
- Cicchetti, D. V. and Sparrow, S. A. Developing criteria for establishing interrater reliability of specific items: applications to assessment of adaptive behavior. *Am J Ment Defic.* (1981) 86(2): 127-37
- Costantini, S., Esposito, F., Nadalini, C., Lijoi, D., Morano, S., Lantieri, P. and Mistrangelo, E. Ultrasound imaging of the female perineum: the effect of vaginal delivery on pelvic floor dynamics. *Ultrasound Obstet Gynecol.* (2006) 27(2): 183-7
- Creighton, S. M., Pearce, J. M. and Stanton, S. L. Perineal video-ultrasonography in the assessment of vaginal prolapse: early observations. *Br J Obstet Gynaecol.* (1992) 99(4): 310-3
- Debus-Thiede, G. Erste Erfahrungen mit der transvaginalen Sonographie von Urethra und Blase im Rahmen der Inkontinenz-Diagnostik. *Geburtshilfe Frauenheilkd.* (1985) 45(12): 891-894
- Dietz, H. P. Ultrasound imaging of the pelvic floor. Part I: two-dimensional aspects. *Ultrasound Obstet Gynecol.* (2004) 23(1): 80-92
- Dietz, H. P. Pelvic floor ultrasound: a review. *Am J Obstet Gynecol.* (2010) 202(4): 321-34
- Dietz, H. P., Clarke, B. and Herbison, P. Bladder neck mobility and urethral closure pressure as predictors of genuine stress incontinence. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct.* (2002) 13(5): 289-93
- Dietz, H. P., Eldridge, A., Grace, M. and Clarke, B. Pelvic organ descent in young nulligravid women. *Am J Obstet Gynecol.* (2004) 191(1): 95-9
- Dietz, H. P., Eldridge, A., Grace, M., Clarke, B. Test-retest reliability of the ultrasound assessment of bladder neck mobility. *Int Urogynecol J.* (2003) 14((S1)): 57-8
- Dietz, H. P., Haylen, B. T. and Broome, J. Ultrasound in the quantification of female pelvic organ prolapse. *Ultrasound Obstet Gynecol.* (2001) 18(5): 511-4
- Dietz, H. P. and Wilson, P. D. Anatomical assessment of the bladder outlet and proximal urethra using ultrasound and videocystourethrography. *Neurourol Urodyn.* (1996) 15: 363-4

- Dietz, H. P. and Wilson, P. D. The influence of bladder volume on the position and mobility of the urethrovesical junction. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct.* (1999) 10(1): 3-6
- Dietz, H. P., Wilson, P. D. and Clarke, B. The use of perineal ultrasound to quantify levator activity and teach pelvic floor muscle exercises. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct.* (2001) 12(3): 166-8; discussion 168-9
- Fink, D., Schaer, G., Koechli, O. R., Perucchini, D. and Haller, U. Auswertung der perinealsonographischen Untersuchung - Sind die Resultate reproduzierbar? *Geburtshilfe Frauenheilkd.* (1995) 55(12): 699-702
- Ghetti, C., Gregory, W. T., Edwards, S. R., Otto, L. N. and Clark, A. L. Pelvic organ descent and symptoms of pelvic floor disorders. *Am J Obstet Gynecol.* (2005) 193(1): 53-7
- Grischke, E. M., Dietz, H. P., Jeanty, P. and Schmidt, W. [A new study method: the perineal scan in obstetrics and gynecology]. *Ultraschall Med.* (1986) 7(4): 154-61
- Grouven, U., Bender, R., Ziegler, A. and Lange, S. [Comparing methods of measurement]. *Dtsch Med Wochenschr.* (2007) 132 Suppl 1: e69-73
- Howard, D., Miller, J. M., Delancey, J. O. and Ashton-Miller, J. A. Differential effects of cough, valsalva, and continence status on vesical neck movement. *Obstet Gynecol.* (2000) 95(4): 535-40
- Jeanty, P. Perineal Scanning. *Am J Perinat.* (1986) 3(4): 289-295
- Koelbl, H., Bernaschek, G. and Deutinger, J. Assessment of female urinary incontinence by introital sonography. *J Clin Ultrasound.* (1990) 18(4): 370-4
- Kohorn, E. I., Scioscia, A. L., Jeanty, P. and Hobbins, J. C. Ultrasound cystourethrography by perineal scanning for the assessment of female stress urinary incontinence. *Obstet Gynecol.* (1986) 68(2): 269-72
- Lewin, B. L'échotomographie périnéale: une nouvelle méthode de mesure objective du col. *J gynecol obstet reprod.* (1976) 5: 289-295
- Lieb, J. and Das, A. K. Urethral erosion of tension-free vaginal tape. *Scand J Urol Nephrol.* (2003) 37(2): 184-5
- Lovegrove Jones, R. C., Peng, Q., Stokes, M., Humphrey, V. F., Payne, C. and Constantinou, C. E. Mechanisms of pelvic floor muscle function and the effect on the urethra during a cough. *Eur Urol.* (2010) 57(6): 1101-10
- Madjar, S., Tchetgen, M. B., Van Antwerp, A., Abdelmalak, J. and Rackley, R. R. Urethral erosion of tension-free vaginal tape. *Urology.* (2002) 59(4): 601
- Majida, M., Braekken, I. H., Umek, W., Bo, K., Saltyte Benth, J. and Ellstrom Engh, M. Interobserver repeatability of three- and four-dimensional transperineal ultrasound assessment of pelvic floor muscle anatomy and function. *Ultrasound Obstet Gynecol.* (2009) 33(5): 567-73

- Merz, E. Targeted depiction of the fetal corpus callosum with 3D-ultrasound. *Ultraschall Med.* (2010) 31(5): 441
- Merz, E., Benoit, B., Blaas, H. G., Baba, K., Kratochwil, A., Nelson, T., Pretorius, D., Jurkovic, D., Chang, F. M. and Lee, A. Standardization of three-dimensional images in obstetrics and gynecology: consensus statement. *Ultrasound Obstet Gynecol.* (2007) 29(6): 697-703
- Mouritsen, L. and Strandberg, C. Vaginal ultrasonography versus colpo-cysto-urethrography in the evaluation of female urinary incontinence. *Acta Obstet Gynecol Scand.* (1994) 73(4): 338-42
- Najjari, L., Blum, R., Hennemann, J., Maass, N. and Kirschner-Hermanns, R. [Using contrast inversion to extend the diagnostic value of perineal ultrasound for urethral and paraurethral pathologies]. *Ultraschall Med.* (2011) 32 Suppl 2: E182-90
- Najjari, L., Hennemann, J., Maass, N. and Kirschner-Hermanns, R. K. [Perineal ultrasound for diagnostics of male stress incontinence: comparative study on the application of urogynecological standards for men and women]. *Urologe A.* (2012) 51(3): 384-9
- Peng, Q., Jones, R., Shishido, K. and Constantinou, C. E. Ultrasound evaluation of dynamic responses of female pelvic floor muscles. *Ultrasound Med Biol.* (2007) 33(3): 342-52
- Peschers, U. and Jundt, K. [Ultrasound in urogynecology]. *Urologe A.* (2004) 43(11): 1357-61
- Peschers, U. M., Vodusek, D. B., Fanger, G., Schaer, G. N., DeLancey, J. O. and Schuessler, B. Pelvic muscle activity in nulliparous volunteers. *Neurourol Urodyn.* (2001) 20(3): 269-75
- Piloni, V., Spazzafumo L. Sonography of the female pelvic floor: clinical indications and techniques. *Pelvipерineology.* (2007) 26(2): 59-65
- Pregazzi, R., Sartore, A., Bortoli, P., Grimaldi, E., Troiano, L. and Guaschino, S. Perineal ultrasound evaluation of urethral angle and bladder neck mobility in women with stress urinary incontinence. *BJOG.* (2002) 109(7): 821-7
- Reddy, A. P., DeLancey, J. O., Zwica, L. M. and Ashton-Miller, J. A. On-screen vector-based ultrasound assessment of vesical neck movement. *Am J Obstet Gynecol.* (2001) 185(1): 65-70
- Rosner, B. (2011). *Fundamentals of biostatistics.* Boston, Brooks/Cole, Cengage Learning.
- Schaer, G. N., Koechli, O. R., Schuessler, B. and Haller, U. Perineal ultrasound for evaluating the bladder neck in urinary stress incontinence. *Obstet Gynecol.* (1995) 85(2): 220-4
- Schaer, G. N., Koechli, O. R., Schuessler, B. and Haller, U. Perineal ultrasound: determination of reliable examination procedures. *Ultrasound Obstet Gynecol.* (1996) 7(5): 347-52

- Schwenke, A. and Fischer, W. Urogenitalsonographie bei weiblicher Harninkontinenz. *Gynäkol Prax.* (1994) 16: 683-94
- Shah, W., Honeck, P., Kwon, S. T., Badawi, J. K., Alken, P. and Bross, S. [The role of perineal ultrasound compared to lateral cysturethrogram in urogynecological evaluations]. *Aktuelle Urol.* (2007) 38(2): 144-7
- Shrout, P. E. Measurement reliability and agreement in psychiatry. *Stat Methods Med Res.* (1998) 7(3): 301-17
- Singh, K., Reid, W. M. and Berger, L. A. Assessment and grading of pelvic organ prolapse by use of dynamic magnetic resonance imaging. *Am J Obstet Gynecol.* (2001) 185(1): 71-7
- Swift, S., Woodman, P., O'Boyle, A., Kahn, M., Valley, M., Bland, D., Wang, W. and Schaffer, J. Pelvic Organ Support Study (POSST): the distribution, clinical definition, and epidemiologic condition of pelvic organ support defects. *Am J Obstet Gynecol.* (2005) 192(3): 795-806
- Swift, S. E., Tate, S. B. and Nicholas, J. Correlation of symptoms with degree of pelvic organ support in a general population of women: what is pelvic organ prolapse? *Am J Obstet Gynecol.* (2003) 189(2): 372-7; discussion 377-9
- Tan, J. S., Lukacz, E. S., Menefee, S. A., Powell, C. R. and Nager, C. W. Predictive value of prolapse symptoms: a large database study. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct.* (2005) 16(3): 203-9; discussion 209
- Troeger, C., Gugger, M., Holzgreve, W. and Wight, E. Correlation of perineal ultrasound and lateral chain urethrocytography in the anatomical evaluation of the bladder neck. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct.* (2003) 14(6): 380-4
- Tubaro, A., Artibani, W., Bartram, C., DeLancey, J. O., Khullar, V., Vierhout, M., De Gennaro, M. and Kluivers, K. B. (2009). Incontinence- Imaging and other Investigations. P. Abrams, L. Cardozo, S. Khoury and A. Wein. Paris, International Continence Society (ICS): 553-630.
- Tunn, R., Bader, W., Bjelic-Radisic, V., Gauruder-Burmester, A., Kociszewski, J., Umek, W. H. and Viereck, V. (2010). Sonographie im Rahmen der urogynäkologischen Diagnostik AWMF-Leitlinien, Deutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe (DGGG).
- Tunn, R., Gauruder-Burmester, A. and Kelle, D. Ultrasound diagnosis of intra-urethral tension-free vaginal tape (TVT) position as a cause of postoperative voiding dysfunction and retropubic pain. *Ultrasound Obstet Gynecol.* (2004) 23(3): 298-301
- Tunn, R. and Petri, E. Introital and transvaginal ultrasound as the main tool in the assessment of urogenital and pelvic floor dysfunction: an imaging panel and practical approach. *Ultrasound Obstet Gynecol.* (2003) 22(2): 205-13
- Viereck, V., Pauer, H. U., Bader, W., Lange, R., Viereck, N., Emons, G., Hilgers, R., Hackenberg, R. and Krauß, T. Introitussonographie des unteren Genitratraktes vor und nach Kolposuspension: eine sechsmonatige Nachbeobachtung. *Ultraschall in Med.* (2003) 24: 340-44

- Viereck, V., Pauer, H. U., Bader, W., Oppermann, M., Hilgers, R., Gauruder-Burmester, A., Lange, R., Emons, G., Hackenberg, R. and Krauss, T. Introital ultrasound of the lower genital tract before and after colposuspension: a 4-year objective follow-up. *Ultrasound Obstet Gynecol.* (2004) 23(3): 277-83
- Virtanen, H. S. and Kiilholma, P. Urogynecologic ultrasound is a useful aid in the assessment of female stress urinary incontinence--a prospective study with TVT procedure. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct.* (2002) 13(4): 218-22; discussion 223
- Washington, B., Hines, B. and Stoneburg, S. Bladder calculi presenting as complete procidentia. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct.* (2008) 19(1): 157-9
- Weber, K., Mahlfeld, A., Sekulla, C. and Wieland, O. The benefit of ultrasound in lesions of the pubic symphysis. *Ultraschall in Med.* (1997) 6: 111-16
- Whittaker, J. L., Thompson, J. A., Teyhen, D. S. and Hodges, P. Rehabilitative ultrasound imaging of pelvic floor muscle function. *J Orthop Sports Phys Ther.* (2007) 37(8): 487-98
- Wirth, C. J. (2002). *Orthopädie und orthopädische Chirurgie.* Stuttgart ; New York, Thieme.
- Wise, B. G., Burton, G., Cutner, A. and Cardozo, L. D. Effect of vaginal ultrasound probe on lower urinary tract function. *Br J Urol.* (1992) 70(1): 12-6

Danksagung

Mein Dank gilt Fr. Dr. med. Laila Najjari, die mich während der gesamten Promotionszeit stets ermutigt und tatkräftig unterstützt hat. Weiterhin danke ich Hr. Dr. rer. nat. Lieven Kennes für die bereitwillige Beratung und Unterstützung bei statistischen Fragestellungen. Zuletzt auch herzlichen Dank an Univ.-Prof. Dr. med. Nicolai Maass für die freundliche und kompetente Betreuung meiner Dissertation.

Erklärung § 5 Abs. 1 zur Datenaufbewahrung

Hiermit erkläre ich, dass die dieser Dissertation zu Grunde liegenden
Originaldaten

in der Frauenklinik für Gynäkologie und Geburtsmedizin,
Universitätsklinikum der RWTH Aachen

hinterlegt sind.

Julia Hennemann

Eidesstattliche Erklärung gemäß § 5 Abs. (1) und § 10 Abs. (3) 12. der Promotionsordnung

Hiermit erkläre ich, **Frau Julia Hennemann**, an Eides statt, dass ich folgende in der von mir selbstständig erstellten Dissertation „Zur Standardisierung der Perinealsonographie: Evaluation etablierter und neuer Referenzsysteme“ dargestellten Ergebnisse erhoben habe:

Themenfindung und Studiendesign. Erstellen des Patientinnenkollektivs. Bearbeitung sämtlicher dargestellter Daten, sowie deren statistische Auswertung. Erstellung von Tabellen und Abbildungen.

Bei der Durchführung der Arbeit hatte ich folgende Hilfestellungen, die in der Danksagung angegeben sind:

L. Najjari: Durchführung der sonographischen Untersuchungen. Einweisung in die Auswertung der sonographischen Daten. Unterstützung bei Studiendesign und –ausführung. Korrektur der Dissertation.

L. Kennes: Erstellen der Bland-Altman-Graphiken, Berechnen der intraclass correlation coefficients, der Konkordanz-Koeffizienten nach Lin sowie der Signifikanz-Tests.

N. Maass: Studienüberwachung, Korrektur der Dissertation.

Julia Hennemann

Als Betreuer der obigen Dissertation bestätige ich die Angaben von Frau Julia Hennemann:

Univ.-Prof. Dr. med. Nicolai Maass