

Aus der Klinik für Geburtsmedizin  
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

„Sonographische Messung der Symphysenweite in der  
Schwangerschaft und Analyse ihrer Einflussgrößen“

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Anne-Katrin Oligmüller

aus Bochum

Datum der Promotion: 30.05.2015

# Inhalt

<b>Abstract:</b> .....	<b>1</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>4</b>
<b>1.1 Hintergrund</b> .....	<b>4</b>
<b>1.2 Anatomie</b> .....	<b>6</b>
<b>1.3 Einfluss der Schwangerschaft auf die Symphyse</b> .....	<b>9</b>
<b>1.4 Symphysenlockerung und -ruptur als peripartale Komplikation</b> .....	<b>10</b>
<b>1.5 Therapie von Symphysenlockerung und -ruptur</b> .....	<b>11</b>
<b>1.6 Messung der Symphysenweite</b> .....	<b>13</b>
1.6.1 Messung bei Nichtschwangeren.....	13
1.6.2 Messung in der Schwangerschaft .....	14
<b>1.7 Einflussgrößen auf die Symphysenweite</b> .....	<b>15</b>
<b>1.8 Zielsetzung der Studie</b> .....	<b>16</b>
<b>2 Material und Methoden</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1 Ultraschall</b> .....	<b>17</b>
2.1.1 Grundlagen des Ultraschalls .....	17
2.1.2 Ultraschalluntersuchungen in der Schwangerschaft .....	17
2.1.3 Sicherheit von Ultraschalluntersuchungen in der Schwangerschaft .....	18
<b>2.2 Untersuchung und Datenerhebung</b> .....	<b>19</b>
<b>2.2.1 Ultraschalluntersuchung der Patientinnen</b> .....	<b>19</b>
<b>2.3 Datenerhebung</b> .....	<b>24</b>
<b>2.4 Datenerfassung und statistische Analyse</b> .....	<b>25</b>
<b>3 Ergebnisse</b> .....	<b>26</b>
<b>3.1 Patientinnenkollektiv</b> .....	<b>26</b>
<b>3.2 Symphysenweite</b> .....	<b>28</b>
<b>3.3. Untersuchte Einflussfaktoren</b> .....	<b>29</b>
3.3.1 Alter .....	29
3.3.2 BMI .....	30
3.3.3 Parität .....	32
3.3.4 Gestationsalter .....	33

3.3.5 Lage des Feten.....	34
3.3.6 Mehrlinge .....	35
3.3.7 Wehen .....	36
<b>3.4 Multivariate Analyse.....</b>	<b>37</b>
<b>3.5 Symptomatische Patientinnen .....</b>	<b>38</b>
<b>4 Diskussion .....</b>	<b>39</b>
4.1 Wahl der Methode .....	39
4.2 Patientinnen .....	40
4.3 Symphysenweite .....	41
4.4 Einflussfaktoren auf die Symphysenweite .....	42
4.4.1 Alter .....	42
4.4.2 Body-Mass-Index .....	43
4.4.3 Parität .....	44
4.4.4 Gestationsalter .....	45
4.4.5 Lage des Feten.....	45
4.4.6 Mehrlingsschwangerschaft.....	46
4.4.7 Wehen.....	46
<b>4.5 Symptomatische Patientinnen .....</b>	<b>47</b>
<b>5 Zusammenfassung.....</b>	<b>48</b>
<b>6 Literaturverzeichnis .....</b>	<b>49</b>
<b>7 Eidesstattliche Versicherung.....</b>	<b>56</b>
<b>8 Lebenslauf: .....</b>	<b>57</b>
<b>9 Danksagung .....</b>	<b>58</b>

## **Abstract:**

### Einleitung:

Die Erweiterung der Symphyse in der Schwangerschaft ist ein physiologischer Prozess, der bereits seit Jahrtausenden beschrieben wird. Dabei treten bei einer Anzahl schwangerer Frauen starke Schmerzen im Symphysenbereich mit Ausstrahlung in die Beine auf, teilweise kommt es auch zu Gangveränderungen.

Bisher wurde davon ausgegangen, dass bei den betroffenen Frauen eine übermäßige Erweiterung der Symphyse auf einen Wert über 10 mm zu diesem Beschwerdebild führe.

Bisherige Arbeiten konnten aufgrund geringer Fallzahlen keine Aussagen zu Einflussfaktoren auf die Symphysenweite Schwangerer treffen.

Ziel der Studie war die Ermittlung der Symphysenweite in der Schwangerschaft sowie eine Analyse ihrer Einflussfaktoren.

### Methodik:

Die Ermittlung der Symphysenweite erfolgte durch Messung per Ultraschall bei Untersuchungen in der Klinik für Geburtsmedizin der Charité Berlin Universitätsmedizin von Oktober 2007 bis August 2013.

Es wurden Messungen bei 692 Frauen durchgeführt, die sich zwischen der 7. Schwangerschaftswoche und dem Geburtstermin vorstellten. Weiterhin wurden als anamnestische Daten Alter, Body-Mass-Index, Lage des Kindes, Mehrlings- oder Einlingsgravidität, vorausgegangene Schwangerschaften/Geburten und das Vorliegen von Wehen erhoben.

### Ergebnisse:

Bei der Symphysenweite in der Schwangerschaft tritt eine große Bandbreite auf, es wurden Werte von 2,1 mm bis 19,7 mm gemessen. Der Median der ermittelten Werte lag bei 5,3 mm. In der Analyse der möglichen Einflussfaktoren zeigte sich als signifikantes Ergebnis eine Erweiterung der Symphysenweite bei zunehmendem Gestationsalter, mit steigendem BMI und bei mehreren Geburten in der Anamnese. Ebenfalls signifikant war die Veränderung der Symphysenweite unter Wehen.

Nicht signifikant waren die Lage des Kindes sowie das Vorliegen einer Mehrlingsgravidität.

Die Symphysenweite symptomatischer Frauen unterschied sich nicht von den Werten der beschwerdefreien Patientinnen.

Schlussfolgerung:

Die sonographische Messung der Symphysenweite ist in der Schwangerschaft als optimale Methode anzusehen, da keine Strahlenbelastung und keine aufwendige Apparatedizin notwendig sind.

Allerdings ist die Aussagekraft eines einmalig erhobenen Messwertes gering. In der Schwangerschaft weist die Symphysenweite eine viel höhere Bandbreite auf als bei nichtschwangeren Frauen. Das klinische Beschwerdebild ist unabhängig von der absoluten Weite der Symphyse.

Introduction:

The widening of the pubic symphysis is a physiological process already been known and described for thousands of years.

In a number of pregnant women, pain occurs in the pubic symphysis area and radiates into the legs, in some cases accompanied by disturbances of the gait pattern.

Hitherto, it was assumed that these symptoms were caused by an overly widening of the pubic symphysis exceeding the measured value of 10 mm.

Due to small case numbers, previous studies could not assess factors influencing the width of the pubic symphysis of pregnant women.

The objective of this study was the determination of the width of the pubic symphysis during pregnancy as well as an analysis of the factors influencing it.

Methods:

The width of the pubic symphysis was determined by measurements via ultrasound during examinations performed at the Clinic for perinatal and obstetrics medicine at the Charité Berlin between October 2007 and August 2013.

Measurements were carried out on 692 women, with pregnancies varying between 7<sup>th</sup> week of gestation and estimated date of delivery. Furthermore, anamnestic data such

as age, Body-Mass-Index, singleton gravida or multiple gravida, previous pregnancies and deliveries and whether or not the patient was already under labor were collected.

#### Results:

The width of the pubic symphysis during pregnancy shows a wide range: measured values varied between 2.1 mm and 19.7 mm with a median at 5.3 mm. The analysis of possible factors influencing the width of the pubic symphysis showed a significant impact of the gestational age, a higher BMI and a history of several previous deliveries. Neither the position of the child in utero nor the occurrence of a multiple gravida proved to be of significant impact.

The width of the pubic symphysis in patients showing symptoms, which is pain, did not alter from the measured values in patients free of symptoms.

#### Conclusion

During pregnancy, the measurement of the width of the pubic symphysis via ultrasound is the optimal method as the patient is not exposed to radiation nor are complex medical apparatuses necessary.

However, the significance of a measured value determined only once is limited. During pregnancy, the width of the pubic symphysis shows a remarkably higher variance than with non-pregnant women.

The occurrence of clinical symptoms is not influenced by the absolute width of the pubic symphysis.

# 1 Einleitung

## 1.1 Hintergrund

Die biochemischen und physiologischen Prozesse, die im graviden Organismus dazu führen, dass eine Erweiterung der Symphyse stattfindet, sind in einigen Arbeiten zunächst in Tiermodellen, dann beim Menschen untersucht worden (Hisaw, 1926; Steinmetz et al., 1983; Unemori und Amento, 1990; Wahl et al., 1997).

Die Symphysenlockerung, Symphysendehiszenz und in ihrer schwersten Form die Symphysenruptur ist ein seit der Antike beschriebenes Phänomen. Das physiologische Geschehen der Symphysenerweiterung in der Schwangerschaft kann sich zu einem pathologischen Prozess mit Krankheitswert wandeln. Die betroffenen Schwangeren haben häufig einen hohen Leidensdruck und die behandelnden Ärzte können zur Ätiologie nur wenig Auskunft geben.

Die Beschwerden treten meistens nach dem ersten Trimenon auf und sind mit zunehmendem Gestationsalter progredient. Die betroffenen Patientinnen berichten über Schmerzen im Bereich der Schambeinfuge, des Kreuzbeines und der Leistengegend, mitunter ausstrahlend in die Oberschenkel (Owens, 2002). Im weiteren Verlauf kommt es zu Bewegungseinschränkungen, häufig tritt eine Veränderung des Gangbildes auf. Die Beschwerden führen zu einer Einschränkung der Mobilität der Schwangeren, so dass eine physiotherapeutische Unterstützung sowie die Verwendung von stabilisierenden Hilfsmitteln wie einem Symphysengurt notwendig wird. Zur Analgesie werden die betroffenen Patientinnen in den meisten Fällen mit nichtsteroidalen Analgetika behandelt (Vermani, 2010).

Literaturangaben zur Häufigkeit der symptomatischen Symphysenlockerung variieren stark und werden mit Inzidenzen zwischen 1:300 und 1:2000 angegeben (Taylor, 1986).

Seit den ersten Beschreibungen dieser Beschwerden ist im Rahmen der Möglichkeiten der jeweiligen Zeiten versucht worden, das Ausmaß der Symphysenerweiterung zu messen. Damit sollten symptomatisch werdende Symphysenerweiterungen erkannt werden, um den schwangeren Frauen durch eine frühzeitige Therapie Schmerzlinderung zu ermöglichen.

Neuere Publikationen in denen die Symphysenweite in der Schwangerschaft gemessen wurde, zeigten eine große Bandbreite. Man vermutete einen Cut-off Wert, ab dem Beschwerden auftreten, bei einer Weite der Symphyse von 10 mm (Bahlmann, 1993; Gamble et al., 1986).

Alle darunterliegenden Werte wurden dementsprechend als physiologisch gewertet, eine weitere Abstufung erfolgte nicht. Bisher gibt es keine Studie, die signifikante Einflussfaktoren auf die Erweiterung der Symphyse zeigen konnte, so dass es Ziel der vorliegenden Studie ist, physiologische Symphysenweiten bei Schwangeren und mögliche Einflussfaktoren auf die Veränderung der Symphysenweite herauszuarbeiten.



## 1.2 Anatomie

Der Beckengürtel (Cingulum membri inferioris) besteht aus dem Kreuzbein (Os sacrum) und den Hüftbeinen (Ossa Coxae). Die Hüftbeine wiederum setzen sich zusammen aus den Darmbeinen (Ossa ilii), den Sitzbeinen (Ossa ischii) und den Schambeinen (Ossa pubis). Diese sind durch eine Y-förmige Wachstumsfuge verbunden, die zwischen dem 15. und 18. Lebensjahr verknöchert (Maurer, 2003).

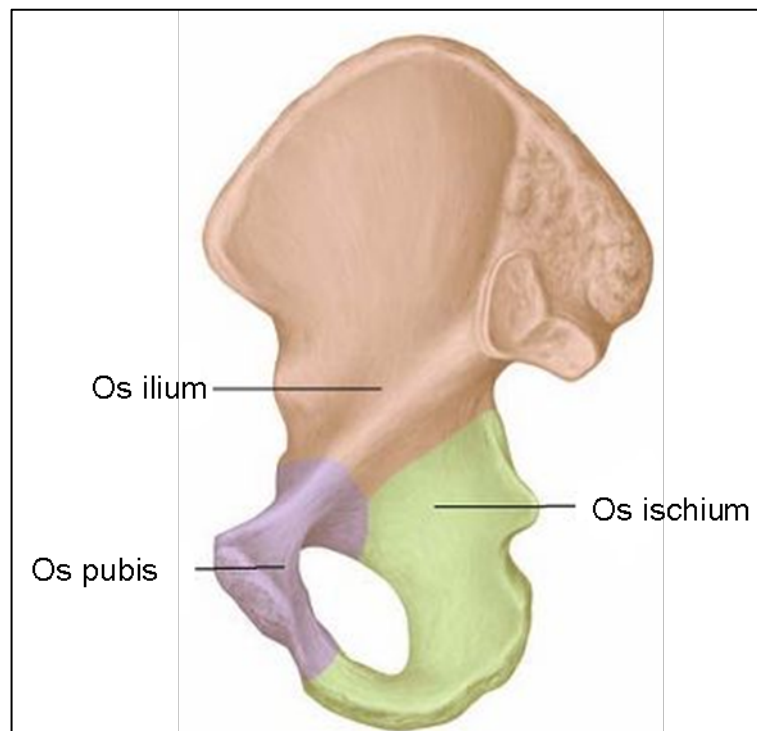
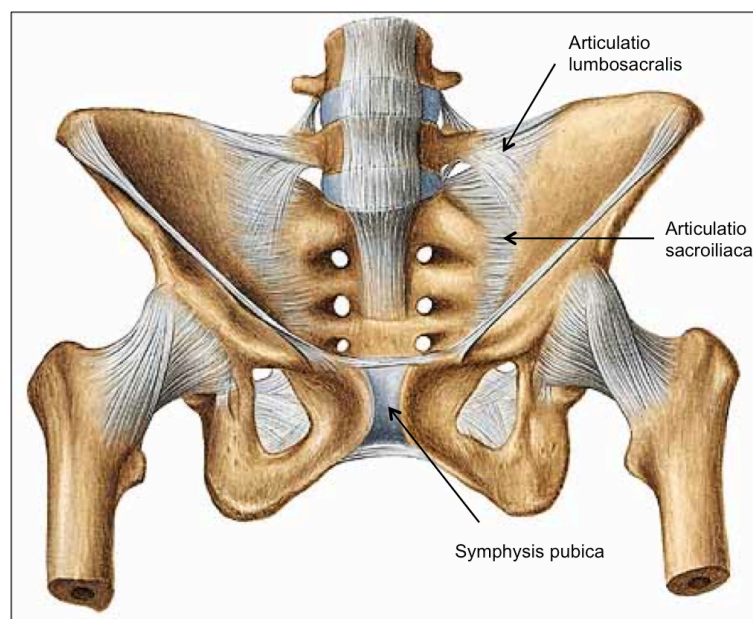


Abbildung 1: Mediane Ansicht des Os coxae (modifiziert nach Tank und Gest, 2009)

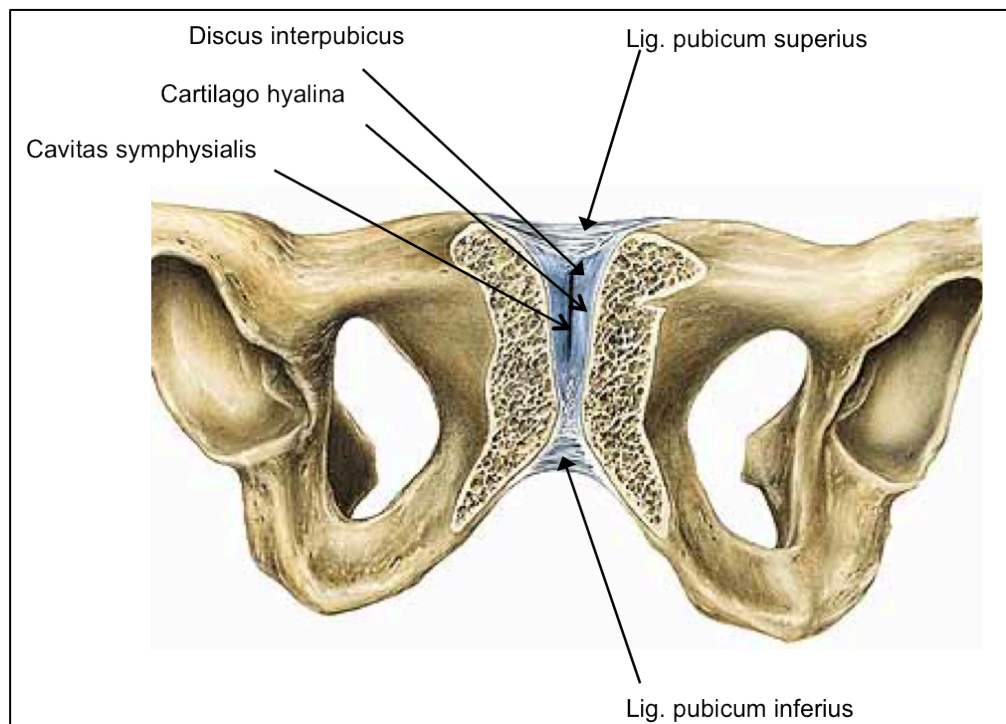
Die bogenförmigen Hüftbeine sind dorsal mit dem Kreuzbein durch das Iliosakralgelenk (Articulatio sacroiliaca) straff verbunden und werden vorne durch die Symphysis pubica zusammengeführt (Drenckhahn und Eckstein, 2003). Sowohl die Symphysis pubica als auch das Iliosakralgelenk gewährleisten, wie in Abbildung 2 dargestellt, den Ringschluss des knöchernen Beckens. In beiden Verbindungen sind geringe Bewegungen möglich, vornehmlich dienen sie aber der Stabilität der Ringkonstruktion. Durch diese Zusammenfügung des Beckens aus drei Teilen, die in straffen Gelenken verbunden sind, wird eine ausreichende Stabilität des Skelettes bei einer gewissen Nachgiebigkeit gewährleistet.



**Abbildung 2: Knochenverbindungen des Beckens bei der Frau, von vorne unten (modifiziert nach Putz und Pabst, 2000)**

Die Gelenkverbindung des Beckens wird als Synchronose bezeichnet, das heisst, es liegt eine Verbindung von zwei Knochen über Knorpel vor. Im Falle der Symphysis pubica ist der verbindende Knorpel Faserknorpel, so dass nur minimale Bewegungen möglich sind (Maurer, 2003). Funktionell liegt daher bei der Symphysis pubica eine Amphiarthrose vor, ein sogenanntes „straffes Gelenk“. Diese Bezeichnung beschreibt Gelenke, bei denen zwei Knochen mittels straffer Bänder so verbunden sind, dass dadurch eine eingeschränkte Beweglichkeit besteht. Die der Symphysis pubica

angrenzenden Knochenflächen sind von einer dünnen Schicht hyalinen Knorpels (Cartilago hyalina) überzogen, in der sich die faserknorpelige Zwischenscheibe befestigt (Discus interpubicus). Durch einen vertikalen, mit Synovialflüssigkeit gefüllten Spalt (Cavitas symphysialis) wird die Scheibe zentral in zwei Hälften getrennt. Über die Symphysis pubica hinaus setzen sich sehnige Querfaserzüge fort, die am unteren Rand als Ligamentum pubicum arcuatum den Schambeinwinkel ausrunden und am Oberrand als Ligamentum pubicum superius nach der Seite ausstrahlen (Abb.3). Die Symphysenscheibe kann komprimiert oder gedehnt werden, außerdem ist eine vertikale Translation möglich. Im Stand muss sie der queren Zugspannung Widerstand leisten (Koebke, 2003).



**Abbildung 3: Symphysis pubica, Schrägschnitt in Richtung der Längsachse der Schambeinfuge, etwas zur Frontalebene geneigt, von unten vorne (modifiziert nach Putz und Pabst, 2000)**

Bei Untersuchungen des Beckens wurde festgestellt, dass die Beckengelenke eine enorme Festigkeit besitzen, so dass eher die Knochen brechen, als dass es zu Dislokationen der bindegewebigen Verbindungen kommt (Offergeld, 1932).

### **1.3 Einfluss der Schwangerschaft auf die Symphyse**

Unter dem Einfluss der Östrogene und des Hormons Relaxin kommt es in der Schwangerschaft zu einer physiologischen Auflockerung der Symphyse, der Iliosakralgelenke und des Bandapparates. Diese Auflockerung dient zur Vorbereitung auf den Geburtsakt (Koebke, 2003).

Das Polypeptidhormon Relaxin wird in den Ovarien schwangerer Frauen und in der Plazenta gebildet. Es führt durch die Aktivierung von Hyaluronidasen und Kollagenasen zur Aufspaltung der Kollagenbündel, Abbau der Glykoproteine und einer Zunahme des Wassergehaltes der Grundsubstanz (Mac Lennan, 1991). Durch das Relaxin werden in der Symphyse proteolytische Enzyme in höheren Konzentrationen freigesetzt, so dass es zu einem Abbau des Knorpels und der angrenzenden Gelenkflächen kommt (Abramson, 1934; Vix und Ryu, 1971).

Der Beckengürtel kann sich durch die so entstehende, wenn auch geringe Beweglichkeit unter der Geburt an das Kind anpassen. Das Abknicken des Steißbein nach hinten ist ein weiterer Vorgang, der zur Vergrößerung des Beckenausgangs führt. Post partum unterliegen diese Veränderungen der puerperalen Involution.

Gehen die Veränderungen des Beckengürtels jedoch über das physiologische Maß hinaus, kann es in der Schwangerschaft zu Beschwerden kommen (Leadbetter, 2004).

Zu den häufigsten Symptomen gehört eine zunehmende Schmerzempfindlichkeit in der Symphysengegend sowie Schmerzen, die in die Leistenregion und bis in die Oberschenkel ausstrahlen. Auch können die Iliosakralgelenke mitbeteiligt sein, so dass Schmerzen im Kreuzbein beschrieben werden. Darüber hinaus können Gehbeschwerden bis hin zum sogenannten „Watschelgang“ auftreten (Martius und Heidenreich, 1999).

Typisch für die von der Symphyse ausgehenden Beschwerden ist eine Besserung der Symptome, wenn die Betroffenen rückwärts laufen, da dadurch die Symphyse entlastet wird.

Die Ätiologie der symptomatischen Symphysenlockerung ist unbekannt. Störungen des Kalziumstoffwechsels, D-Hypovitaminosen, schnell aufeinanderfolgende Schwangerschaften sowie anatomische und genetische Prädispositionen werden diskutiert (Aslan, 2007).

In der deutschsprachigen Literatur gibt es keine eindeutige Nomenklatur für die Veränderungen der Symphyse vor, während oder nach der Geburt. Zur Beschreibung des pathologischen Geschehens am Symphysengelenk werden, teils parallel, unterschiedliche Begriffe wie Symphysenlockerung, -dehnung, -dehiszenz, -läsion und Symphysenruptur verwendet (Lemberger, 1963; Bahlmann, 1993; Quiel, 1993). Häufig wird bei einer mäßigen Erweiterung der Gelenke von einer Symphysenlockerung gesprochen, erst im Fall einer deutlichen Dehiszenz der Symphyse spricht man von einer Symphysenruptur (Kobes und Gölckel, 1949). Auch im anglophonen Sprachraum gibt es keine eindeutige Festlegung der Begriffe. Hier werden ähnlich der Situation in der deutschsprachigen Literatur die Bezeichnungen „dehiscence“, „symphysiolysis“, „pelvic girdle relaxation“, „symphyseal seperation“, „symphysis pubis diastasis“ und „symphysis rupture“ häufig parallel verwendet (Taylor and Sonson, 1986; Snow and Neubert, 1997; Culligan et al., 2002).

#### **1.4 Symphysenlockerung und -ruptur als peripartale Komplikation**

Das Auftreten der Symphysenlockerung und -ruptur als peripartale Komplikation ist seit Jahrtausenden bekannt und wurde bereits von HIPPOKRATES beschrieben. HIPPOKRATES postulierte eine Erweiterung des weiblichen Beckens durch die Schwangerschaft und ging von einer lebenslang fortbestehenden Erweiterung aus (Young, 1940). Aus dem 17. Jahrhundert ist eine Kasuistik des italienischen Anatomen MORGAGNI überliefert, der über eine Sektion einer postpartal verstorbenen Frau berichtet. MORGAGNI beschreibt, dass bei dieser Patientin die Schambeine nicht wie bei anderen Sektionen gefunden,

fest miteinander verbunden waren, sondern gespalten oder nur lose verbunden erschienen (Putschar, 1976).

In einer Zusammenstellung von über 100 Kasuistiken aus den späten Jahren des 19. Jahrhunderts sowie des frühen 20. Jahrhunderts von KEHRER unterscheidet dieser zwischen Fällen mit extremer Lockerung der Symphyse, partieller Ruptur und kompletter Ruptur (Kehrer, 1915). Verglichen mit der heute angenommenen Inzidenz eines schweren Symphysenschadens erscheint die Fallzahl dieser Arbeit mit 101 Fällen recht hoch. Diese Diskrepanz lässt sich mit den Veränderungen in der geburtsmedizinischen Praxis erklären. In den von KEHRER zusammengetragenen Fällen sind bei den meisten Frauen vaginal-operative Entbindungen im Sinne einer hohen Forcepsentbindung („Zangengeburt“) durchgeführt worden (Kehrer, 1915). Während dieser Eingriffe ist das Trauma an der Symphyse zumeist akustisch wahrgenommen worden durch ein lautes Knacken oder ein reißendes Geräusch (Kehrer, 1915). Diese hohen Zangen von Beckeneingang sind in der heutigen Geburtsmedizin obsolet. Bei einem auf ein relatives Mißverhältnis zurückzuführenden Geburtsstillstand wird eine Schnittentbindung durchgeführt. Darausfolgend ist die Symphysenruptur mit ausgedehnter Weichteilverletzung und der Notwendigkeit einer operativen Intervention sehr selten geworden.

Doch auch in der heutigen Literatur finden sich einzelne Fallberichte von spontanen Symphysenrupturen bei Spontangeburt mit einhergehenden Verletzungen des Weichteilgewebe, der Urethra oder einer Dislokation der Blase (Blum und Orovana, 1976; Holzmüller, 1994).

### **1.5 Therapie von Symphysenlockerung und –ruptur**

Die Therapie der symptomatischen Symphysenlockerung umfasst sowohl die Stabilisierung der Beckengelenke, um die Haltefunktion des Beckens zu gewährleisten, als auch die analgetische Komponente, um eine adäquate Schmerzlinderung zu erreichen (Vermoni, 2010). Zur Linderung der Gebeschwerden bei Symphysenlockerungen werden Symphysengurte verwendet, die durch eine

Stabilisierung des Beckensgürtels von außen zu einer Entlastung der Symphyse führen (Wolff, 1986). Des Weiteren kommen physiotherapeutische Maßnahmen zum Einsatz, die die Muskulatur im Bereich des Beckens stärken sollen, um zur Stabilität beizutragen.

In den meisten Fällen ist die orale Gabe von nichtsteroidalen Analgetika zur Schmerztherapie ausreichend. In manchen Fällen muss auf die Gabe von Opiatderivaten umgestellt werden, um eine ausreichende Schmerzlinderung zu erreichen, und die Mobilität der Patientin wiederherzustellen (Leadbetter, 2004). Eine weitere Therapievariante, die symptomatische und kurative Ansätze kombiniert, wurde in den 1960er bis -80er Jahren durchgeführt. Es wurden Injektionen von lokalen Anästhetika und Hydrocortison in den Symphysenspalt durchgeführt unter der Vorstellung, dass die Veränderungen an der Symphyse unter anderem durch die Hyaluronidase hervorgerufen werden (Wist, 1968; Schwartz et al., 1985). Mit der Gabe von Hydrocortison wird die Bildung der Hyaluronidase unterdrückt. Dadurch werden die bindegewebigen Verbindungen weniger verändert, die Erweiterung der Symphyse durch vermehrte Wassereinlagerung bleibt aus. Diese Therapieansätze sind wegen der umstrittenen Kortikoidgabe in der Schwangerschaft und Infektionsgefahr wieder verlassen worden.

## **1.6 Messung der Symphysenweite**

Zur Symphysenweite gibt es Angaben, die aus sehr unterschiedlichen Messmethoden resultieren. In der Antike wurde, in Ermangelung bildgebender Verfahren, die Weite des Symphysenspaltens durch Palpation ermittelt. Die Diagnose eines Symphysenschadens wurde nur mit Hilfe der Anamnese und klinischer Untersuchungen gestellt. Durch den Einzug radiologischer Verfahren in die Medizin konnten auch diese für Messungen genutzt werden (Becker, 2010).

### **1.6.1 Messung bei Nichtschwangeren**

Quantitative Messungen des Symphysenspaltens erfolgten zunächst makroskopisch im Rahmen von Sektionen (Loeschke, 1912). Mit Etablierung von bildgebenden Methoden in der Medizin wurde es möglich, auch beim lebenden Patienten eine Ausmessung der Symphyse durchzuführen. So wurden mit Einführung der Röntgenuntersuchungen Beckenübersichtsaufnahmen von Frauen und Männern durchgeführt, und die Weite der Symphyse auf den Bildern ausgemessen (Barnes, 1934; Abramson, 1934). 1934 untersuchte BARNES 140 Frauen mittels Beckenübersichtsaufnahmen und bestimmte eine mittlere Symphysenweite von 4 mm (Barnes, 1934). Mit neueren Geräten, aber dem gleichen Untersuchungsansatz kamen VIX und RYU vierzig Jahre später zu ähnlichen Ergebnissen. Sie werteten die Röntgenbilder von jeweils 200 Frauen und Männern aus. Hierbei zeigte sich eine mittlere Symphysenweite bei den Frauen von 4,9 mm, die Männern wiesen höhere Werte auf mit 5,9 mm mittlerer Symphysenweite (Vix und Ryu, 1971). Auf mögliche Einflussfaktoren oder Ursachen dieses Unterschiedes gingen die Autoren nicht ein.

Mit Erweiterung der Bildgebung wurden auch die neueren Verfahren angewandt, um die Symphysenweite auszumessen, so wurden Computertomographiebilder und MRT-Bilder ausgewertet, um die Symphysenweite zu bestimmen (Alicioglu, 2008; Wurdinger et al., 2002).



2008 wertete ALICIOGLU in einer retrospektiven Studie die CT Aufnahmen von 280 Frauen und 264 Männern aus, bei denen aus anderen medizinischen Gründen diese Bildgebung durchgeführt worden war. Hierbei wurden verschiedene Messpunkte der Symphyse unterschieden. ALICIOGLU legte drei Messebenen der Symphyse fest, die anteriore, die mittlere und die posteriore Weite. Am ehesten vergleichbar mit den bisherigen Messebenen war dabei die mittlere Weite.

Die Weite der Symphyse unterschied sich in dieser Studie deutlich, je nach Ansatz der Messebene. Der Mittelwert der anterioren Weite lag bei den Frauen bei 12,6 mm, bei den Männern bei 11,8 mm. Die mittleren Werte der mittleren Ebene wurden bei den Frauen mit 4,6 mm, bei den Männern mit 5 mm bestimmt, die posterioren Messungen ergaben sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern einen Mittelwert von 3,7 mm (Alicioglu, 2008).

### **1.6.2 Messung in der Schwangerschaft**

Unter der besonderen Fragestellung der Symphysenveränderung in der Schwangerschaft wurden die beschriebenen Verfahren auch bei Schwangeren angewendet. So wurden in den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts radiologische Untersuchungen bei dem Verdacht auf einen Symphysenschaden durchgeführt (Roberts, 1934). Die Erkenntnisse über die Erweiterung des Symphysenspaltes während der Schwangerschaft stammen weitgehend aus diesen radiologischen Untersuchungen und Autopsieberichten aus der Zeit von 1930-1960 (Björklund, 1996). Mit zunehmendem Wissen über die teratogene und mutagene Wirkung von Röntgenstrahlen wurde auf die Durchführung der Beckenübersichtsaufnahmen schließlich verzichtet. Um diese etablierte Methode der Bestimmung der Symphysenweite zu ersetzen, wurde begonnen, die Weite der Symphyse mittels Ultraschall zu bestimmen. 1993 wurde dazu von BAHLMANN eine prospektive Studie durchgeführt, die die Ermittlung von Normwerten für Symphysenweite in der Schwangerschaft zum Ziel hatte (Bahlmann, 1993). Dafür wurde von BAHLMANN eine Querschnittsuntersuchung an 211 Patientinnen durchgeführt, bei denen er die Symphysenweite ab der 8. bis zur 38. Schwangerschaftswoche bestimmte.

SIEGBURG erweiterte diesen Ansatz um die Ausmessung der Symphysenweite unter der Geburt und postpartal (Siegburg, 1996). SIEGBURG führte dabei bei 171 Patientinnen Messungen ab der 20. Schwangerschaftswoche durch, sowie Untersuchungen bis zum 12. postpartalen Tag. Bei 11 Frauen wurden Messungen unter der Geburt durchgeführt (Siegburg, 1996).

In beiden Arbeiten zeigte sich eine Erweiterung der Symphysenweite während der Schwangerschaft von 4 mm auf etwa 7 mm.

### **1.7 Einflussgrößen auf die Symphysenweite**

Als mögliche Einflussgrößen auf die Weite der Symphyse sind in den bisherigen Arbeiten verschiedene anamnestiche Parameter untersucht worden. Es wurde immer das Alter der Patientinnen erhoben. Die Veränderung der Symphyse mit steigendem Lebensalter ist ein ausführlich in der Literatur beschriebenes Phänomen. Die Gelenkflächen der Symphyse verändert sich, die Grundsubstanz wird durch wiederkehrende größere und kleinere Traumata und die Abheilungsprozesse verändert, die Weite der Symphyse nimmt ab.

Über eine dauerhaft bestehende Belastung werden die Veränderungen der Gelenkflächen sowie eine zunehmende subchondrale Sklerosierung der Symphyse erklärt. Die subchondrale Sklerose bezeichnet die radiologisch erkennbare „Verhärtung“ des Knochens unter der Knorpeloberfläche eines Gelenks (Bohndorf, 2006). Die Umbauprozesse und die degenerativen Veränderungen haben somit einen relevanten Einfluss auf die Symphysenweite, denn diese Veränderung kann in allen bisher durchgeführten Arbeiten dazu nachgewiesen werden. Die Veränderungen an der Symphyse im Bezug auf das Alter sind gut validiert, so dass sie beispielsweise zu forensischen Zwecken bei der Altersbestimmung genutzt werden (Todd, 1923; Workshop europäischer Anthropologen, 1980).

Bei Frauen wurden die bisherigen Schwangerschaften und Geburten dokumentiert (Alicioglu, 2008). Unter der Vorstellung einer zunehmenden Belastung für den muskuloskelettalen Halteapparat bei Adipositas wurde die Körpergröße und das Gewicht erfasst. In den neueren Studien wurde aus diesen Daten der Body-Mass-Index (Körpergewicht (kg)/Körpergröße (m)<sup>2</sup>) errechnet, in den älteren Studien die BROCA Formel (Normalgewicht (kg)= Körpergröße (cm)-100) verwandt (Alicioglu, 2008; Bahlmann, 1993). Wurden die Messungen in der Schwangerschaft durchgeführt, wurde das Gestationsalter erfasst. In zwei der Studien wurde unter der Vorstellung einer Anpassung des weiblichen Beckens an den graviden Uterus die Lage des Kindes ebenfalls dokumentiert (Bahlmann, 1993; Siegburg, 1996).

Bisher konnte in diesen Studien zum einen gezeigt werden, dass sich die Weite der Symphyse im Alter abnimmt, zum anderen, dass sich im Verlaufe einer Schwangerschaft der Symphysenspalt erweitert, eine Abhängigkeit der Symphysenweite von anderen Parametern konnte nicht ermittelt werden (Alicioglu, 2008; Bahlmann, 1993; Siegburg, 1996).

### **1.8 Zielsetzung der Studie**

Die Kenntnis über die mögliche Bandbreite der Symphysenweite kann zu einem umfassenderen Verständnis über die physiologischen Veränderungen der Symphyse in der Schwangerschaft führen und möglicherweise eine Abgrenzung zu pathologischen Veränderungen ermöglichen.

Ziel dieser Studie war es, an einem großen Kollektiv mittels Sonographie Normwerte für die Symphysenweite bei Schwangeren zu erheben.

Zusätzlich sollten durch die Erhebung allgemeiner anamnestischer und geburtsmedizinischer Daten in dieser Studie Einflussfaktoren auf die Symphysenweite analysiert werden.

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Ultraschall**

#### **2.1.1 Grundlagen des Ultraschalls**

Die Sonographie beruht auf dem Echoprinzip. Gerichtete Ultraschallwellen werden ausgesandt und von den aufeinanderfolgenden Schichten des beschallten Objektes mehr oder weniger stark reflektiert. Aus der Laufzeit des reflektierten Signals kann die Schichtstruktur des Objektes rekonstruiert und somit ein Bild erzeugt werden (Jaspers und Michels, 2012).

#### **2.1.2 Ultraschalluntersuchungen in der Schwangerschaft**

Befindet sich eine schwangere Frau in regelmäßiger Vorsorge, so sollen gemäß den Mutterschafts-Richtlinien im Laufe der Schwangerschaft mindestens drei Ultraschalluntersuchungen durchgeführt werden.

1. Screening 8+0 SSW bis 11+6 SSW
2. Screening 18+0 SSW bis 21+6 SSW
3. Screening 28+0 SSW bis 31+6 SSW

Dieses Ultraschallscreening dient der Überwachung einer normal verlaufenden Schwangerschaft (Gemeinsamer Bundesausschuss, 2014).

### **2.1.3 Sicherheit von Ultraschalluntersuchungen in der Schwangerschaft**

Da die Untersuchungen für die vorliegende Arbeit während der Schwangerschaft durchgeführt wurden, soll hier eine Einschätzung der potentiellen Wirkung und ggf. unerwünschter Nebenwirkungen von Ultraschalluntersuchungen durchgeführt werden.

Ultraschallwellen werden im Gewebe absorbiert und in Wärme umgewandelt. Dabei ist die Dauer der Schalleinwirkung ebenso wie die Intensität der Schallwellen für das Ausmass der Wärmeentwicklung entscheidend. Abhängig von der Leitfähigkeit des untersuchten und des umgebenden Gewebes kann es einen Temperaturanstieg im Untersuchungsfeld geben (Delorme und Debus, 2005). Durch Microstreaming können in Flüssigkeiten unter der Einwirkung von Ultraschallwellen gasgefüllte Hohlräume entstehen. Fallen diese Hohlräume wieder zusammen, wirken Scherkräfte. Dieses als Kavitation bezeichnete Phänomen kann in einem Organismus zu Zellschäden und Gewebeerreissungen führen. Beispielsweise im Gebiet der Augenheilkunde wird dies gezielt therapeutisch angewandt.

Die bei den üblichen Untersuchungen in der Schwangerschaft angewendeten Schallintensitäten und die Dauer der Schalleinwirkung hat keinen relevanten thermischen oder mechanischen Einfluss auf die Schwangere oder den Embryo/Feten (Barnett et al., 2000; Newnham et al., 1993; Newnham et al., 2004).

Eine vielbeachtete Studie aus dem Jahr 2006 wurde von der Studiengruppe von RAKIC und ANG aus Yale vorgestellt. In dieser Arbeit wurde die Auswirkung von Ultraschallwellen auf Mäusefeten beschrieben. Dabei kam es in der Gruppe der Mäuse, die den Ultraschallwellen ausgesetzt waren, zu einer Veränderung der Zellverteilung im zentralen Nervensystem (Ang, 2006). Betrachtet man allerdings den Versuchsaufbau, die Dauer der Ultraschalleinwirkung (bis zu 420 min) und die Intensität der Ultraschallwellen, ist eine Übertragung der Versuchsergebnisse auf die Situation einer Ultraschalluntersuchung bei einer schwangeren Patientin kaum zulässig.

Dazu wurde 2007 eine Stellungnahme von ABRAMOWICZ veröffentlicht, in der die Unterschiede in der Untersuchungsbedingungen betont wurden. Ein Rückschluss auf die Entwicklung embryonaler Neuronen beim Menschen sei auf Grundlage dieser Forschungsergebnisse nicht zulässig (Abramowicz, 2007). Auch in Europa und Deutschland wurde die Studie von ANG und RAKIC kritisch gewürdigt. So wurde von der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM) eine Stellungnahme verfasst, wonach nach dem Stand der heutigen Forschung die Ultraschalluntersuchung in der Schwangerschaft kein Risiko für die Gesundheit und Entwicklung des Kindes darstellt (Hackelöer, 2006).

## **2.2 Untersuchung und Datenerhebung**

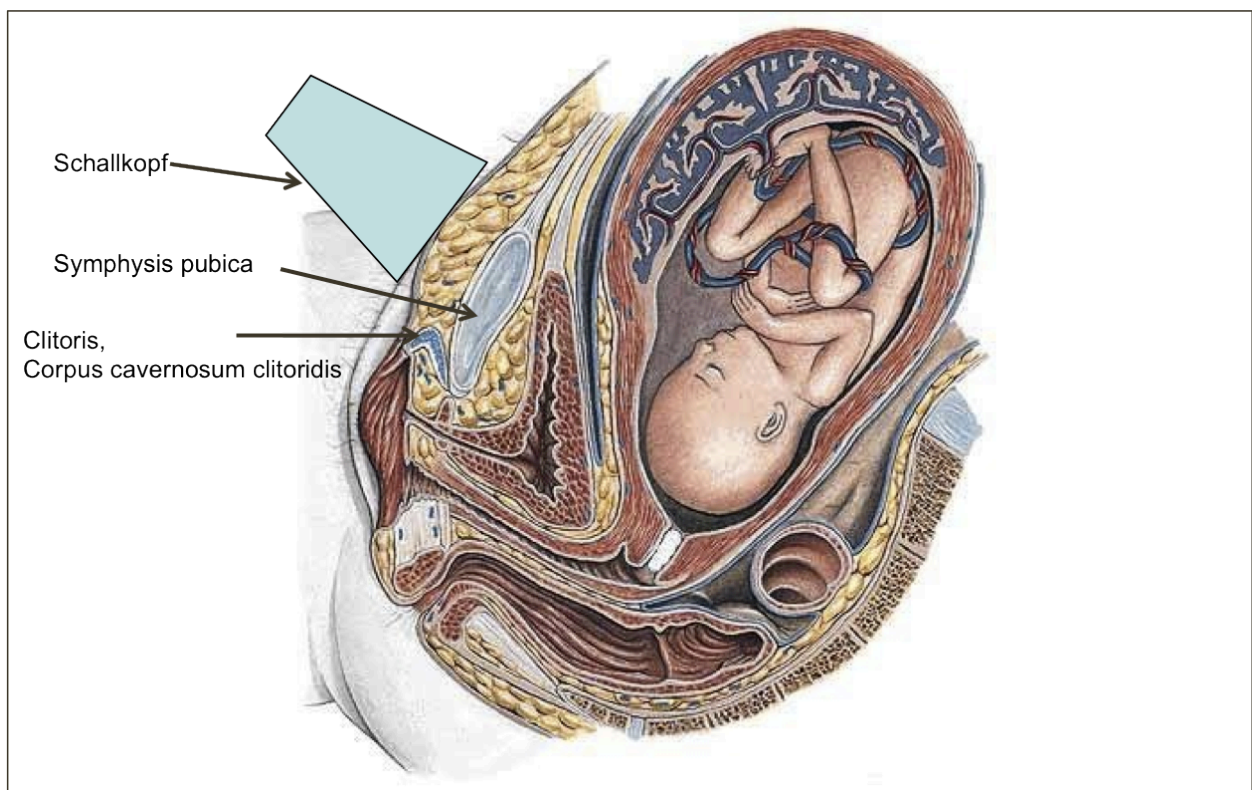
### **2.2.1 Ultraschalluntersuchung der Patientinnen**

Die dieser Studie zugrundeliegenden Messungen wurden bei routinemäßig durchgeführten Ultraschalluntersuchungen an der Klinik für Geburtsmedizin der Charité-Universitätsmedizin Berlin, Campus Virchow-Klinikum durchgeführt. Es handelte sich um Vorsorgeuntersuchungen bei normal verlaufenden Schwangerschaften, Verlaufskontrollen bei Risikoschwangerschaften sowie Untersuchungen zum Ausschluss fetaler Fehlbildungen. Die Erhebung der Daten erfolgte in der Zeit von Oktober 2007 bis zum August 2013. Ein Votum der Ethikkommission der Universitätsmedizin Berlin wurde eingeholt.

In Abhängigkeit von der Untersuchungsindikation der Patientin wurden unterschiedliche Ultraschallgeräte verwendet. Für die Untersuchungen im Rahmen einer Vorstellung in der Schwangerenberatung wurde ein Gerät der Firma General Electric, Modell Voluson E8 Expert mit dem Schallkopf RAB4-8D verwendet. Wurden die Untersuchungen in der Kreißaalaufnahme bei wehenfreien Schwangeren, oder bei Patientinnen mit beginnender Wehentätigkeit durchgeführt, wurde das Modell Voluson E730 Expert der gleichen Firma mit den Schallköpfen AB-2-3 und RAB4-8L verwendet. Fand die Untersuchung in einem Kreißbett statt, weil die Patientinnen bereits Wehen hatten, wurde entweder das transportable Gerät Voluson e mit dem Schallkopf 4CRS

eingesetzt, oder ein ebenfalls transportables Gerät der Marke Siemens, Modell Sonoline G50 mit dem Schallkopf C5-2.

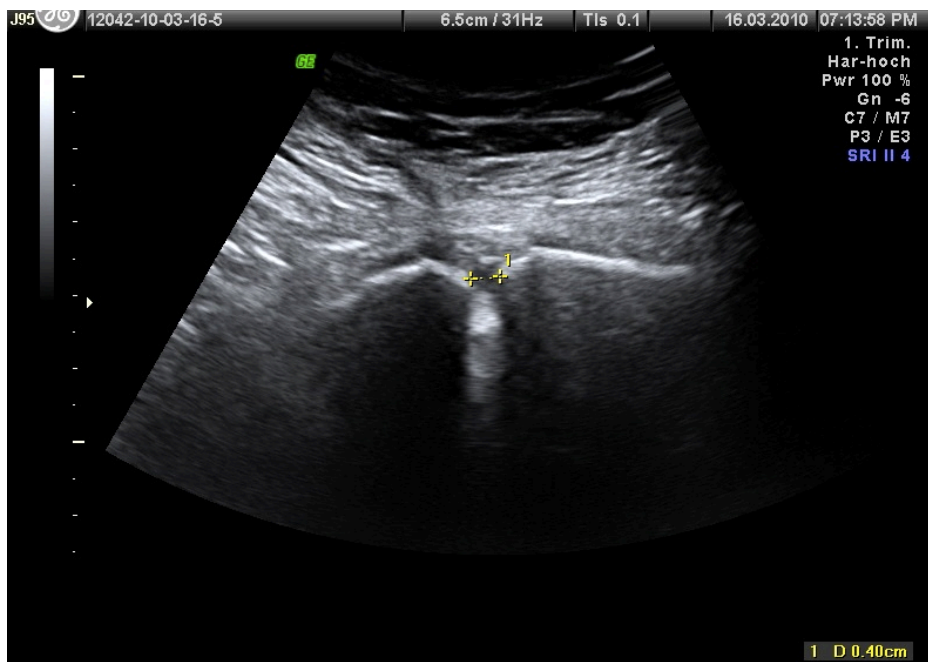
Die Messung erfolgte an der liegenden Patientin. Für die Messung wurde der Schallkopf quer suprasymphysär aufgesetzt und nach kaudal verschoben. Das erzeugte Bild entspricht einem Horizontalschnitt, anders als bei Beckenübersichtsaufnahmen mit frontaler Darstellung. Wenn sich die beiden Osis pubis als knöcherne Strukturen darstellten, erfolgte die Kippung des Schallkopfes um 30-45° in der Transversalebene. Eine weitere kaudale Verschiebung des Schallkopfes ist durch die Lage des kaudalen Anteiles der Symphyse hinter der Klitoris mit Mißempfindungen für die Patientin verbunden und ist daher zu vermeiden. So wird die optimale Einstellung des Symphysenspaltes besser durch die Abkipfung des Schallkopfes erreicht (Abb.4) .



**Abbildung 4: Positionierung des Schallkopfes,  
Becken in der Medianebene und Uterus mit Feten (modifiziert nach Putz und Pabst,  
2000)**

Der Schallstrahl durchdringt zunächst das Fettgewebe des Mons pubis und trifft dann lateral auf den Schambeinknochen, von dem der Schall reflektiert wird. Medial folgt auf das Fettgewebe der Faserknorpel des Discus interpubicus. Der Spalt der Symphyse zeigte sich als echoarme Struktur zwischen den beiden Rami ossis pubis.

Als Messpunkt wurde die engste Stelle zwischen den beiden sich darstellenden Bögen des Schambeines gewählt. Die Abbildungen 5-9 zeigen typische Sonogramme einer Symphyse. Die beiden echogenen bogenförmigen Strukturen geben die Rami der Osis pubis wieder, farbig markiert und mit 1 beschriftet wurde die Ausmessung des Symphysenspaltes.



**Abbildung 5 : Messung der Symphysenweite, nicht schwangere Probandin, ermittelte Weite: 4 mm**



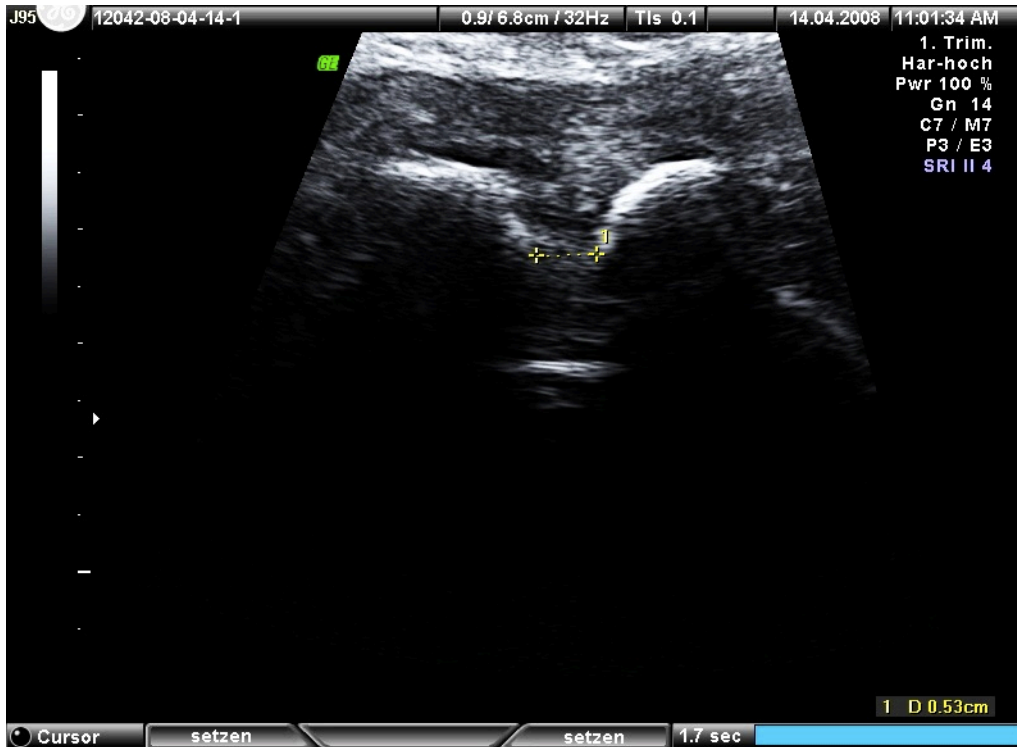


Abbildung 6: Messung bei 34 jähriger IV Gravida III Para, 36+2 SSW, Symphysenweite 5,3 mm

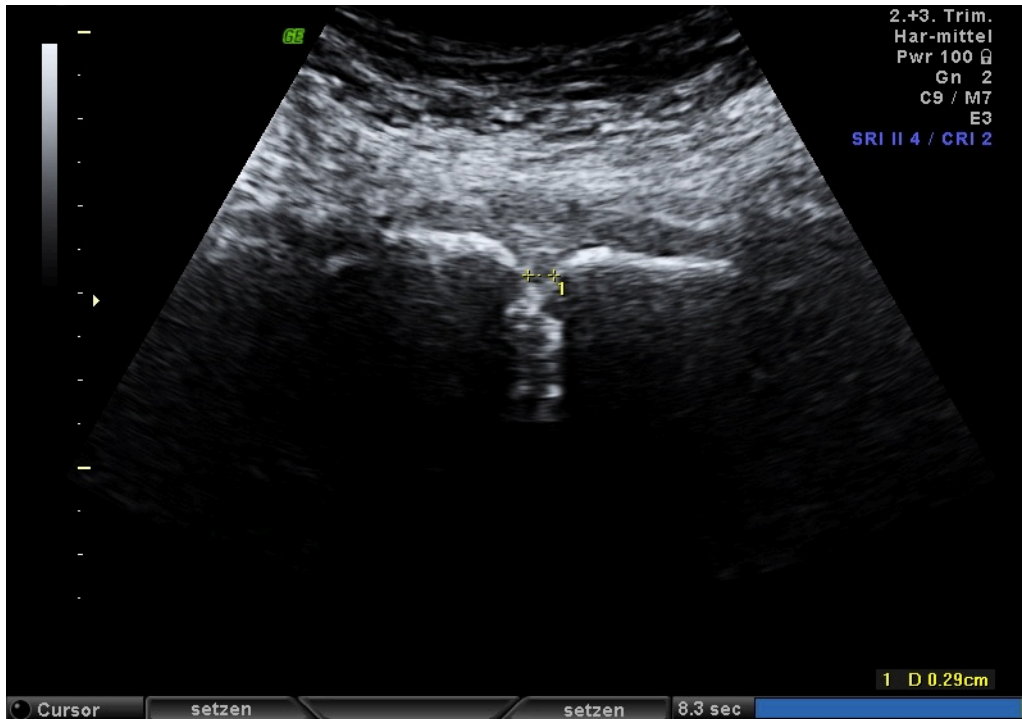


Abbildung 7: Messung Symphysenweite 24 jährigen II Gravida, I Para, 35+5 SSW, Symphysenweite 2,9 mm

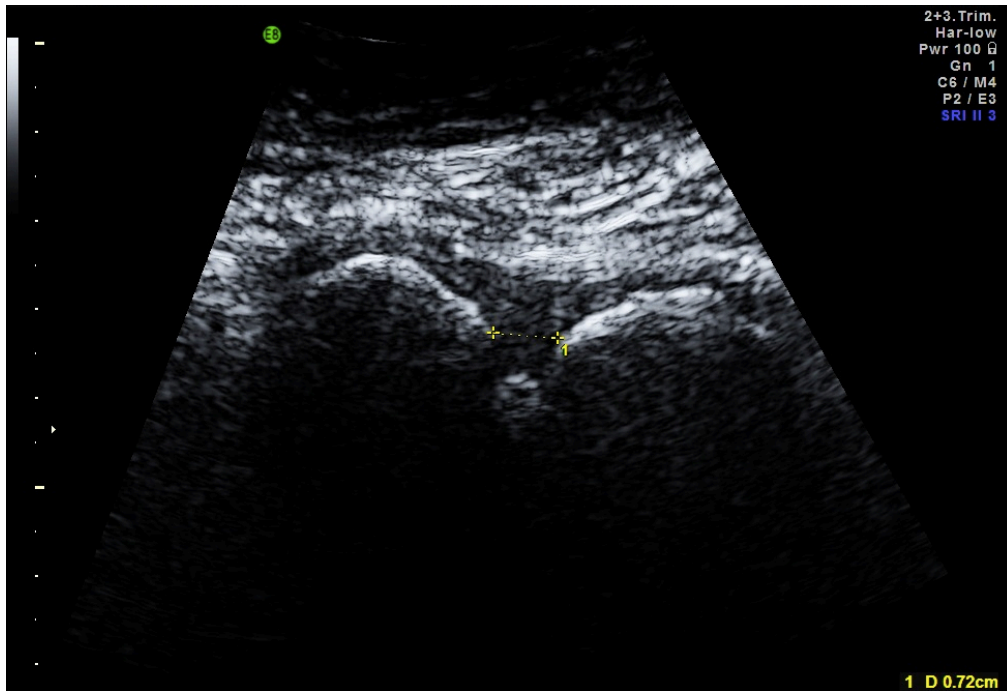


Abbildung 8: Messung der Symphysenweite, 24 j. I Gravida, 35+6 SSW, Symphysenweite 7,2mm



Abbildung 9: Messung der Symphysenweite bei 21 j. III Gravida, 30+4 SSW, Symphysenweite 11,2 mm

## 2.3 Datenerhebung

Die Befunde wurden mittels elektronischer Datenverarbeitung erfasst. Jeder Patientin wurde eine fortlaufende Nummer zugeordnet.

Zur Erstellung der Datensätze wurden folgende Parameter aufgenommen:

- Alter der Patientin
- $$\text{BMI} = \frac{\text{Körpergewicht [kg]}}{\text{Körpergröße [m]}^2}$$
- Anzahl der vorausgegangenen Schwangerschaften/Geburten
- Gestationsalter in Tagen
- Lage des Feten (1= SL, 0= andere Lagen)
- Vorliegen einer Geminigravidität (0= nein; 1= ja)
- Wehen (0= nein; 1= ja)
- Symphysenweite in mm

## 2.4 Datenerfassung und statistische Analyse

Die Daten wurden mit Hilfe der kommerziellen Software SPSS 17.0 (SPSS® Chicago, Illinois, USA) und der freien Software R 3.1.1 (GNU) erfasst und ausgewertet.

Die Studie wurde aufgrund ihres explorativen Typs deskriptiv mit Hilfe der üblichen statistischen Kenngrößen wie z.B. Mittelwerten, Standardabweichungen, Proportionen etc. ausgewertet. In Abhängigkeit der vorliegenden Verteilungen wurden bei normalverteilten Daten Mittelwert und Standardabweichung angegeben. Bei nicht-normalverteilten Daten wurde der Median und die Quartile zur Stichprobenbeschreibung genutzt. Weiterhin wurde das Modell der multiplen linearen Regression zur Untersuchung multivariater Zusammenhänge angewendet. Die Variablenselektion im Modell erfolgte dies mittels Akaike Information Criterion (AIC). Bei nicht normalverteilten Variablen wurden die Ergebnisse der multivariaten Analyse mit einer Robusten Regression nach Huber überprüft und bestätigt. Die Stärke der Korrelationen zwischen der Symphysenweite und anderen Parametern wurde mit dem Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten angegeben. Unabhängige Mittelwerte und Mediane wurde mit einem t-Test oder einer ANOVA bzw. einem Wilcoxon-Mann-Whitney-Test oder Kruskal-Wallis-Test verglichen.

Eine Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner als 0,05 ( $p < 0,05$ ) wurde als signifikant angesehen. Alle p-Werte wurden nicht-konfirmatorisch betrachtet. Eine alpha-Adjustierung erfolgte daher nicht.

### 3 Ergebnisse

Es wurden 692 Patientinnen in diese Studie eingeschlossen. Von diesen wurden alle der für die Studie vorgesehenen Parameter erhoben.

#### 3.1 Patientinnenkollektiv

Das mediane Alter der Patientinnen lag bei 29 Jahren (16-46 Jahre).

Vor der Schwangerschaft wurden Body-Mass-Indices (BMI) von  $16,0 \text{ kg/m}^2$  bis  $49,6 \text{ kg/m}^2$  erhoben. Der Median des Ausgangs-BMI (vor der Schwangerschaft) lag bei  $24,6 \text{ kg/m}^2$ . Unter Berücksichtigung der Altersverteilung waren 9,7% der Patientinnen untergewichtig mit einem BMI unter  $19 \text{ kg/m}^2$ . 53,7% der Frauen hatten Normalgewicht. 36,6% der Patientinnen waren mit BMI-Werten über  $26 \text{ kg/m}^2$  übergewichtig. 15,8% aller untersuchten Frauen waren mit einem BMI von über  $30 \text{ kg/m}^2$  stark übergewichtig.

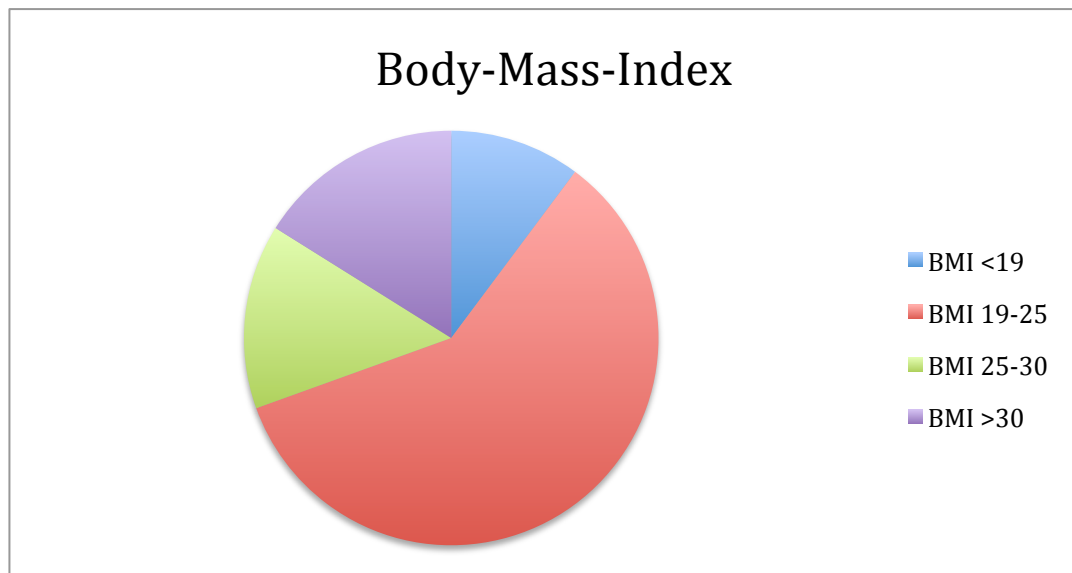
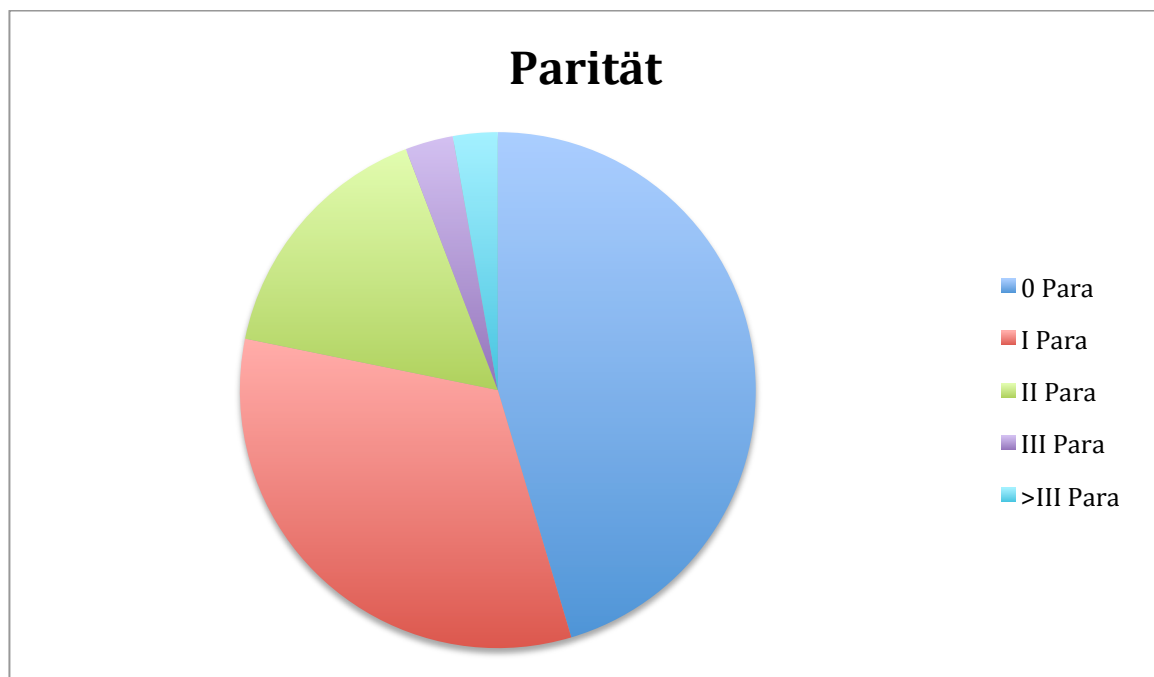


Abbildung 10: Tortendiagramm zu den Body-Mass-Indices der Patientinnen

45,4% der Patientinnen hatten noch kein Kind geboren. 32,8% der Frauen hatten bereits ein Kind geboren, 16% der Patientinnen hatten zwei Geburten in der Anamnese. 31 Frauen hatten 3 Kinder, 15 Patientinnen hatten vier Kinder geboren. 8 der Frauen hatten 5 Kinder, jeweils eine Patientin hatte 6, 7, 9 und 11 Kinder zur Welt gebracht (Abb. 11).



**Abbildung 11: Tortendiagramm zur Parität der Patientinnen**

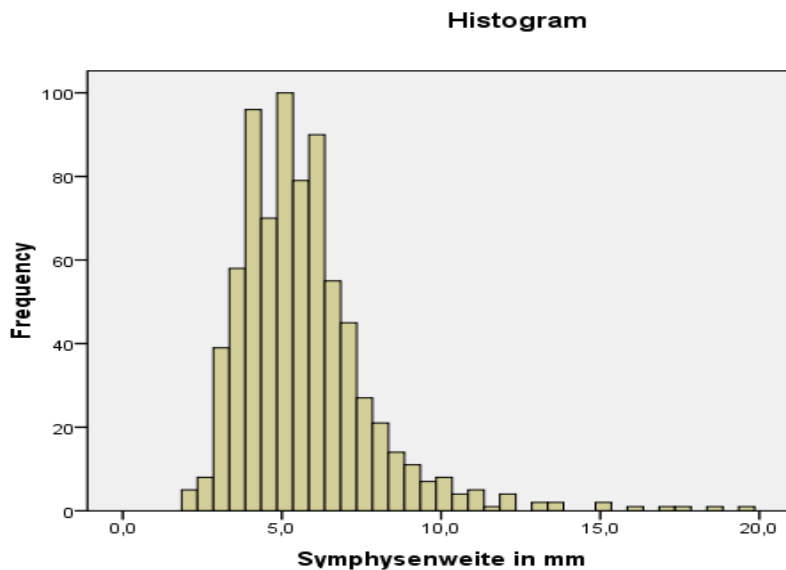
87% (602) der Kinder lag zum Zeitpunkt der Messung in Schädellage. Die anderen 90 Kinder lagen in Quer-oder Beckenendlage.

26 der Patientinnen, das entspricht 3,8% der untersuchten Frauen, waren mit Gemini schwanger, höhergradige Mehrlinge fanden sich nicht im Kollektiv.

68 Messungen wurden bei Frauen durchgeführt, bei denen regelmäßige Wehen eingesetzt hatten.

### 3.2 Symphysenweite

Betrachtet man die Ergebnisse aller Messungen wurden Symphysenweiten zwischen 2,1 mm und 19,7 mm ermittelt. Es lag keine Normalverteilung der Werte vor, daher wurden Median und Quartile ermittelt (Tabelle1). Der Median aller Messungen lag bei 5,3 mm.



**Abbildung 12: Histogramm zur Symphysenweite,**  
x-Achse: Symphysenweite in mm, y- Achse: Häufigkeit des Messergebnis

	Symphysenweite
	[mm]
Q5	3,2
Q25	4,3
Median	5,3
Q75	6,5
Q95	9,2

**Tabelle 1: Median und Quartile  
zur Symphysenweite**

### 3.3. Untersuchte Einflussfaktoren

Zunächst wurden die erhobenen Parameter in einer univariaten Analyse auf ihren Einfluss auf die Symphysenweite überprüft.

#### 3.3.1 Alter

Die Gruppe der Patientinnen unter 20 Jahren hatte im Median eine Symphysenweite von 5,95 mm, mit einem 25. Quartil bei 4,5 mm und einem 75. Quartil von 7,7 mm. Die Medianwerte der Gruppen von 21 bis 25 Jahre, 26 bis 30 Jahre und 31 bis 35 Jahren waren dann kontinuierlich sinkend mit Werten von 5,7 mm, 5,5 mm und 5,3 mm. Die Gruppe der Patientinnen im Alter über 35 Jahren hatte einen Medianwert der Symphysenweite von 5,0 mm mit einem 25. Quartil bei 4,1 mm sowie einem 75. Quartil von 6,1 mm. Trotz schwacher Korrelation von  $r = -0.13$  waren die Ergebnisse signifikant mit einem  $p < 0,001$ .

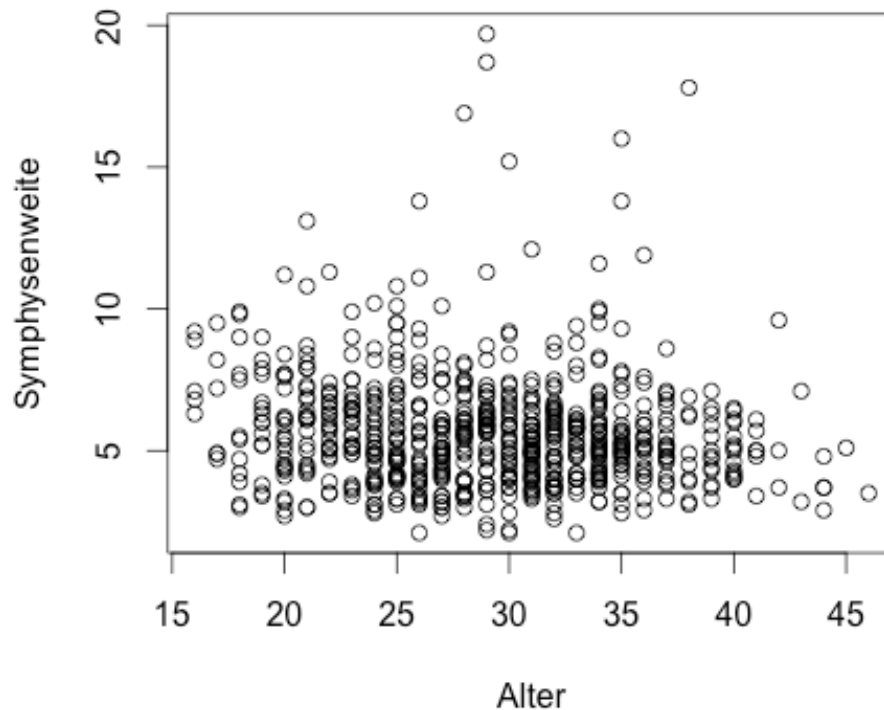
Tabelle 2 zeigt die Medianwerte der Symphysenweite nach den Altersgruppen der Patientinnen aufgeteilt.

	<20 Jahre n= 62	21-25 Jahre n= 150	26-30 Jahre n= 188	31-35 Jahre n= 196	>35 Jahre n= 96
25. Quartil	4,5	4,6	4,1	4,2	4,1
Median	5,9	5,7	5,5	5,2	5,0
75. Quartil	7,7	6,9	6,5	6,1	6,1

**Tabelle 2: Mediane der Symphysenweite nach Alter,  $p < 0,001$ , Korrelationskoeffizient:  $-0,13$**



Die meisten Messungen wurden bei Patientinnen zwischen dem 21. und 35. Lebensjahr durchgeführt, wie aus der Abbildung 13 mit einer deutlichen Verdichtung der Punktwolke in diesem Bereich ersichtlich wird.



**Abbildung 13: Abhängigkeit der Symphysenweite vom Alter**  
x-Achse: Alter in Jahren, y –Achse : Symphysenweite in mm

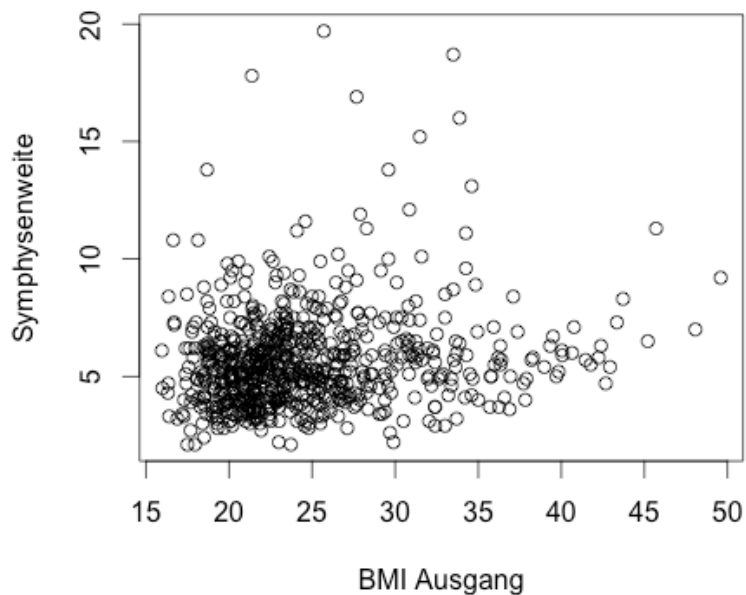
### 3.3.2 BMI

Die untergewichtigen Frauen mit einem BMI unter 19 sowie die Frauen mit Normalgewicht hatten einen Medianwert der Symphysenweite von 5,2 mm. Die Patientinnen mit einer Adipositas Grad I (BMI 26-30) hatten eine mediane Symphysenweite von 5,6 mm, mit zunehmendem Grad der Adipositas (BMI >30) wurde eine mediane Symphysenweite von 5,9 mm gemessen. Die Ergebnisse waren

signifikant mit einem  $p < 0,001$ . Tabelle 3 zeigt die Medianwerte dieser Messungen mit den 25. und 75. Quartilen.

	BMI <19 n= 67	BMI 19-25 n= 372	BMI 26-30 n= 143	BMI >30 n= 109
25. Quartil	4,1	4,1	4,3	5,0
Median	5,2	5,2	5,6	5,9
75. Quartil	6,3	6,4	6,8	7,0

**Tabelle 3: Mediane der Symphysenweite nach BMI, Korrelationskoeffizient 0,16,  $p < 0,001$**



**Abbildung 14: Abhängigkeit der Symphysenweite vom BMI**  
**x-Achse: BMI, y-Achse: Symphysenweite in mm**

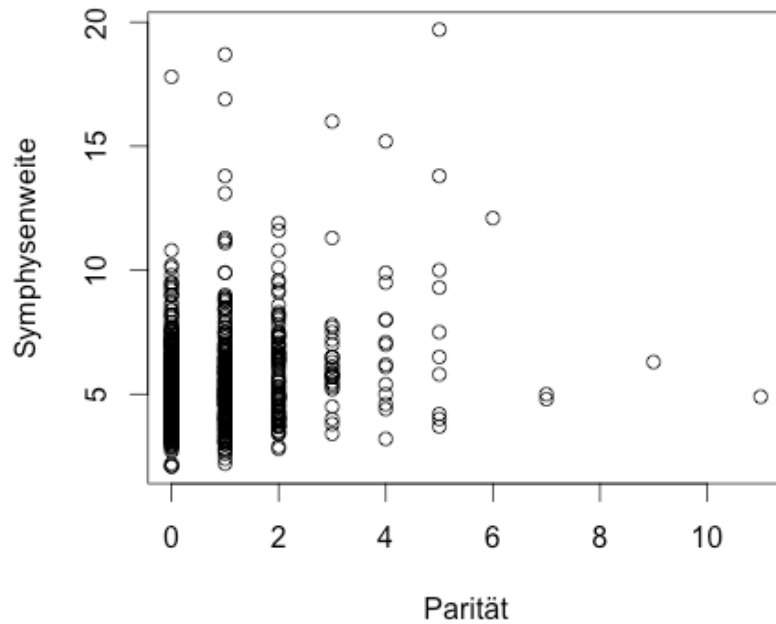
### 3.3.3 Parität

Die Symphysenweite Erstgebärender (0 Para) von 5,2 mm unterscheidet sich nicht signifikant von der medianen Symphysenweite Zweitgebärender (I Para) von 5,6 mm. Hat eine Frau zwei oder mehr Kinder geboren (II und >II Para), ist die Symphysenweite signifikant weiter, 6,1 mm, als bei Erstgebärenden ( $p < 0,001$ ). Tabelle 4 zeigt die Median Werte der Messungen bei Frauen die bisher noch kein Kind geboren haben, verglichen mit den Frauen, die bereits von einem Kind entbunden wurden und mit Frauen, die zwei oder mehr Kinder geboren haben. Mitangegeben ist jeweils das 25. und 75. Quartil der Symphysenweite in mm.

	0 Para n=314	I Para n=226	II und >II Para n=152
25. Quartil	4,2	4,6	4,8
Median	5,2	5,6	6,1
75. Quartil	6,1	6,8	7,4

**Tabelle 4: Median der Symphysenweite in mm, nach Parität**

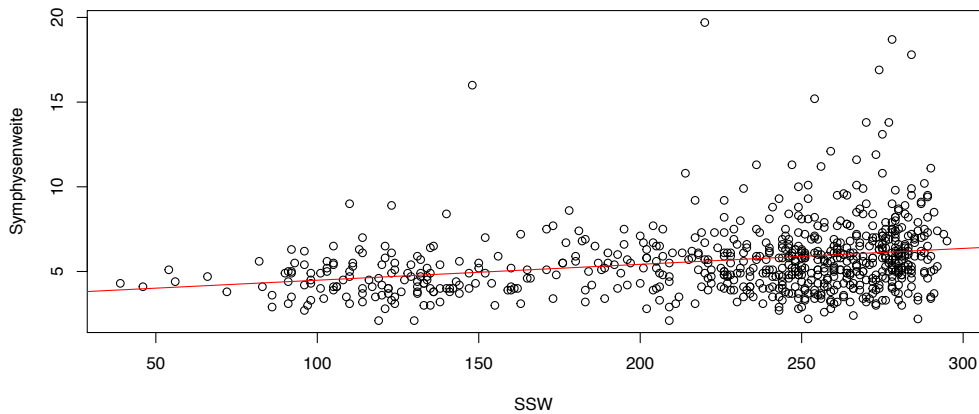
Entsprechend den Häufigkeiten im Patientinnenkollektiv stellt sich in Abbildung 15 dar, dass die meisten Messungen bei Patientinnen durchgeführt wurden, die noch kein Kind geboren hatten oder eine Geburt in der Anamnese hatten. Keine relevante Veränderung zeigen die Verteilungen in dieser Abbildung zwischen den Patientinnen der ersten und der zweiten Gruppe (0 Para und I Para).



**Abbildung 15: Darstellung der Symphysenweite in mm in Abhängigkeit der Geburtenanamnese**  
**x-Achse: Anzahl der Geburten , y –Achse: Symphysenweite in mm**

### 3.3.4 Gestationsalter

Es besteht ein linearer signifikanter Zusammenhang zwischen der Dauer der Schwangerschaft und der Erweiterung des Symphysenspaltes ( $p < 0,001$ ). Dieser lässt sich graphisch im Modell einer linearen Regression darstellen (Abb. 16).



**Abbildung 16: Korrelation der Symphysenweite zur Schwangerschaftsdauer in Tagen.**

**x-Achse: Schwangerschaftsdauer (SSW /Tagen), y-Achse: Symphysenweite in mm**

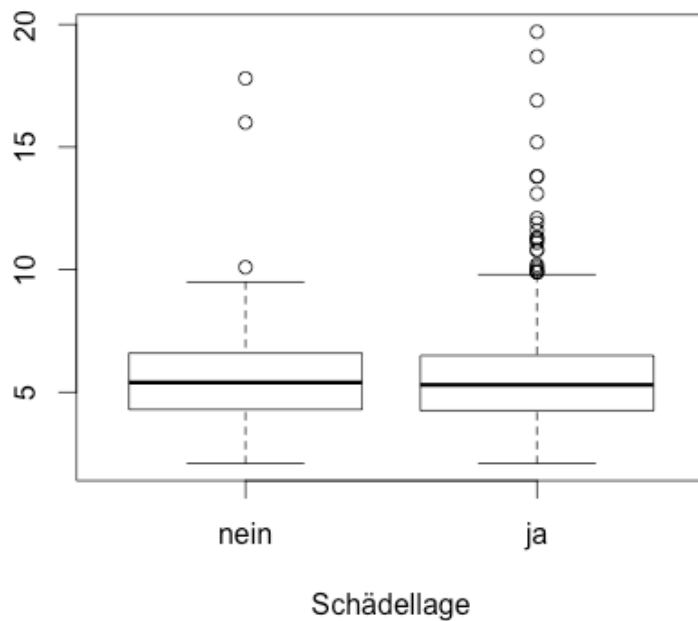
### 3.3.5 Lage des Feten

Die Lage des Feten hatte in der univariaten Analyse keinen signifikanten Einfluss auf die Weite der Symphyse mit einem  $p=0,69$ .

	Schädellage n=606	Andere Lage n=86
25. Quartil	4,3	4,1
Median	5,4	5,2
75. Quartil	6,5	6,6

**Tabelle 5: Median der Symphysenweite in mm, nach Lage des Feten**

In der Darstellung als Boxplot in der Abbildung 17 sieht man, dass es sich kein relevanter Unterschied in den Messergebnissen der beiden Gruppen zeigt.



**Abbildung 17: Boxplot Diagramm zum Vergleich der Symphysenweite bei Frauen mit Kind in Schädellage (ja) und Frauen mit Kind in einer anderen Lage (nein)**

### 3.3.6 Mehrlinge

Tabelle 6 zeigt die Mediane der Symphysenweite bei den Frauen mit Geminischwangerschaften und Einlingsschwangerschaften mit 25. und 75. Quartil. Der Unterschied war nicht signifikant.

	Einlingsgravidität n=668	Geminigravidität n=24
25.Quartil	4,2	4,3
Median	5,4	5,5
75.Quartil	6,5	6,7

**Tabelle 6: Median der Symphysenweite in mm, nach Gemini-/Einlingsschwangerschaft**

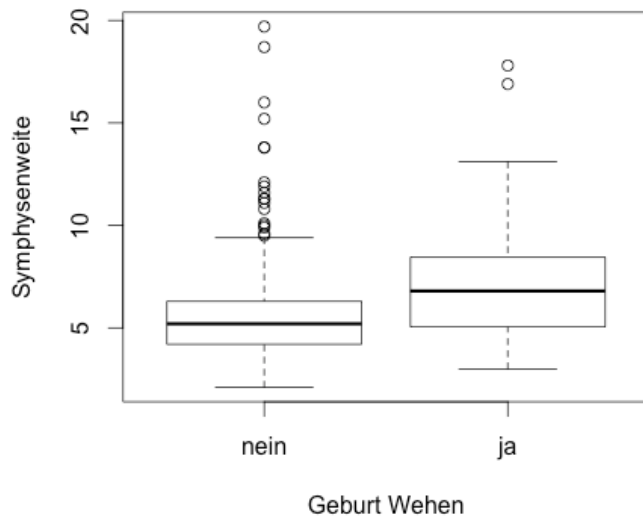
### 3.3.7 Wehen

In der univarianten Analyse sind die Messwerte der Symphysenweite bei Frauen mit Wehen und ohne Wehen signifikant unterschiedlich ( $p < 0,001$ ).

	Wehen n=68	Keine Wehen n=624
25. Quartil	4,3	4,1
Median	5,4	5,2
75. Quartil	6,6	6,5

**Tabelle 7: Median der Symphysenweite in mm, mit und ohne Wehen**

Abbildung 18 zeigt die Veränderung der Symphysenweite mit höheren Medianen und Quartilen in der Gruppe der Patientinnen mit Wehen.



**Abbildung 18: Boxplot mit Darstellung der Symphysenweite unter dem Einfluss von Wehen (ja) und ohne Wehen (nein)**

### 3.4 Multivariate Analyse

Um die Parameter, die als mögliche Einflussfaktoren auf die Symphysenweite erhoben worden waren, auf multiple Zusammenhänge zu überprüfen, wurde eine multiple Analyse der Ergebnisse durchgeführt.

Diese zeigte einen signifikanten Einfluss auf die Symphysenweite von Alter, Body-Mass-Index, Parität und dem Vorliegen von Wehen.

Ohne signifikanten Einfluss zeigten sich die Lage des Kindes und das Vorliegen einer Mehrlingsgravidität.



	Estimate	Standard error	T	p	Unteres CI	Oberes CI
Alter	-0,06	0,01	5,76	<0,001	-0,08	-0,04
BMI	0,06	0,01	5,38	<0,001	0,04	0,08
Parität (=1)	0,24	0,14	1,71	0,09	-0,04	0,51
Parität (>2)	0,76	0,16	4,62	<0,001	0,43	1,08
SSW	0,01	0,00	6,66	<0,001	0,01	0,01
Schädellage	-0,34	0,20	- 1,70	0,09	-0,73	0,05
Wehen	0,9	0,22	4,09	<0,001	0,47	1,32

**Tabelle 8: Aufstellung der erhobenen anamnestischen Parameter und Auswertung der multivariaten Analyse**

### 3.5 Symptomatische Patientinnen

8 der insgesamt 692 Patientinnen gaben Beschwerden einer symptomatischen Symphysenlockerung an.

Von diesen Patientinnen hatten 6 Frauen eine Symphysenweite von 4,3 mm bis 6,1 mm, die beiden anderen Patientinnen hatte eine Symphysenweite von 8,6 mm und 10,8 mm.

## **4 Diskussion**

Die Symphysenlockerung in der Schwangerschaft ist ein Phänomen, das seit Jahrtausenden von den Ärzten schwangerer Frauen beschrieben wird, weil es bei einem Teil der werdenden Mütter zu Beschwerden führt und sich so von der physiologischen Vorbereitung auf die Geburt zu einem pathologischen Prozess mit Krankheitswert wandelt.

In der vorliegenden Studie wurde der Symphysenspalt schwangerer Patientinnen ausgemessen, um eine Aussage über physiologische Symphysenweiten in der Schwangerschaft und ggf. eine Abgrenzung zu pathophysiologischen Prozessen festlegen zu können. Ausserdem sollten über anamnestische Angaben weitere Einflussfaktoren auf die Symphysenweite analysiert werden.

### **4.1 Wahl der Methode**

Seit den ersten Beschreibungen der Beschwerden einer Symphysenlockerung ist versucht worden, das Ausmaß der Symphysenerweiterung zu bestimmen. Dabei wurden mit dem Einzug der bildgebenden Verfahren in die Medizin zunächst Röntgenaufnahmen des Beckens durchgeführt, um den Symphysenspalt der Schwangeren auszumessen (Abramson, 1930; Barnes 1930). Als weitere bildgebende Verfahren wurde die Magnetresonanztomographie genutzt, um Veränderungen im Beckengürtel während Schwangerschaft und nach der Geburt zu beschreiben (Wurdinger 2002; Vsianska, 2007). Mit zunehmender Verwendung der Ultraschalltechnik wurde auch dieses Verfahren zur Messung herangezogen (Bahlmann, 1993; Björklund, 1999; Siegburg, 1996).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Sonographie eine effektive Methode darstellt, um eine Messung der Symphysenweite vorzunehmen. Mit ihr kann ausreichend exakt die Weite der Symphyse bestimmt werden, die Schwangere braucht

keiner Strahlenbelastung ausgesetzt zu werden oder sich einer aufwendigen und kostspieligen Untersuchung wie einer Magnetresonanztomographie zu unterziehen.

## **4.2 Patientinnen**

In der vorliegenden Studie lag das mediane Alter der Patientinnen bei 29 Jahren. In Deutschland liegt das Durchschnittsalter einer Frau bei der Geburt ihrer Kinder bei 30,6 Jahren (Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung, 2014), daher kann diesbezüglich von einem repräsentativen Patientinnenkollektiv ausgegangen werden.

In der vorliegenden Studie waren 9,8 % der Patientinnen untergewichtig, 36,6 % der Frauen waren übergewichtig, dabei waren insgesamt 16,1 % der Frauen des Kollektives stark übergewichtig. Nach Erhebungen der epidemiologischen Abteilung des Robert-Koch-Institutes sind bundesweit 3,4 % der Frauen untergewichtig, 53% der weiblichen Bevölkerung in Deutschland sind übergewichtig. 30,5 % der Frauen sind übergewichtig mit einem BMI von 25-30 und 22,5 % sind stark übergewichtig (Mensink, 2013). Damit waren im untersuchten Patientinnenkollektiv sowohl die Untergewichtigen überdurchschnittlich häufig repräsentiert, als auch weniger Frauen übergewichtig, als es in Deutschland dem Durchschnitt entspricht.

Es wurden bei 24 Patientinnen Messungen durchgeführt, bei denen eine Zwillingschwangerschaft vorlag. Nach der HELLIN´schen Regel, mit der die statistische Wahrscheinlichkeit für Mehrlingsschwangerschaften berechnet werden kann, wären nur etwa 7 Geminisschwangerschaften auf die Anzahl der untersuchten Graviditäten zu erwarten gewesen. Mit Zunahme der Fertilisationsverfahren, bei denen es deutlich häufiger zu Mehrlingsschwangerschaften und -geburten kommt, verliert diese Regel jedoch zunehmend an Gültigkeit. Zudem handelt es sich bei dem Studienort bzw. der Klinik, in der die Messungen durchgeführt wurden, um ein Perinatalzentrum Level I mit einer infolge hoher Regionalisierung und Zentralisierung höheren Prävalenz von Mehrlingsschwangerschaften.

### 4.3 Symphysenweite

Die Studie hatte zum Ziel, Werte der Symphysenweite in der Schwangerschaft zu untersuchen. Dabei wurde im Vergleich zu Nicht-Schwangeren eine Erweiterung der Symphysenweite von 4 mm auf durchschnittlich 5,3 mm während der Schwangerschaft ermittelt. Die Bandbreite der Symphysenweite der Schwangeren reichte dabei von 2,1 mm bis 19,7 mm bei insgesamt 692 Messungen.

Bei den Messungen am bislang größten Kollektiv von 171 Patientinnen hatte SIEGBURG einen höheren Wert der medianen Symphysenweite mit 6,3 mm ermittelt (Siegburg, 1996). Die Bandbreite der Messungen war zudem geringer mit 4,0 mm bis 12,25 mm. SIEGBURG hatte ihre Messungen ab der 20. Schwangerschaftswoche durchgeführt. Für die hier vorliegenden Ergebnissen sind Messungen ab der 7. Schwangerschaftswoche erfolgt. In den in dieser Studie bestimmten Median der Symphysenweite flossen also Messungen aus deutlich früheren Zeitpunkten der Schwangerschaft ein, mit dementsprechend schmalere Symphysenweiten, die den niedrigeren Medianwert erklären können. Die weite Bandbreite, die in den vorliegenden Messungen erhoben wurde, entspricht Ergebnissen, die ABRAMSON bei Beckenübersichtsaufnahmen schwangerer Patientinnen beschrieben hatte. Bei 111 schwangeren Frauen hatte er in den letzten zwei Monaten der Schwangerschaft Symphysenweiten zwischen 3 und 20 mm gemessen (Abramson et al., 1934).

Da die ermittelten Messwerte der Symphysenweite nicht normalverteilt sind, wurden Median und Quartile angegeben. Für die klinische Anwendung wird dennoch auch durch diese Angaben keine verbesserte Aussagekraft erreicht, weil die hohe Variabilität von 2 mm bis 19 mm auch durch den Medianwert 5,3 mm nur unzureichend abgebildet wird.

Bei dieser hohen Variabilität der Messwerte in der Schwangerschaft hat der Median einer solchen Messung nur eine bedingte Aussagekraft.

Bei SIEGBURG hatte sich eine zweigipflige Verteilung der Messwerte gezeigt mit einem Häufigkeitsgipfel bei 6 mm und einem weiteren bei 9 mm. Im eigenen Kollektiv waren die Werte auch nicht normalverteilt, aber ein Phänomen mit mehreren Häufigkeitsgipfeln trat nicht auf.

#### **4.4 Einflussfaktoren auf die Symphysenweite**

Verglichen mit den stabilen Messwerten der Symphyse außerhalb einer Schwangerschaft, die sehr konstant um einen Mittelwert von 4 mm liegen, ist die Ermittlung eines Medianwertes über die ganze Schwangerschaft wenig aussagekräftig. Daher wurden Einflussfaktoren auf die Symphysenweite analysiert.

##### **4.4.1 Alter**

Mit den erhobenen Daten konnte nachgewiesen werden, dass auch bei Schwangeren mit ansteigendem Lebensalter die Weite der Symphyse abnimmt. Die altersbedingte Abnahme der Symphysenweite bei Nichtschwangeren ist gut validiert und ist bei stabil ermittelbaren Mittelwerten von 4 mm gut interpretierbar. Angesichts der zuvor beschriebenen großen Bandbreite der Symphysenweite in der Schwangerschaft ist die Altersabhängigkeit klinisch vernachlässigbar. Im Umkehrschluss wäre in der Schwangerschaft die Verwendung der Symphysenweite zur Altersbestimmung (Forensik) kritisch zu betrachten.

#### 4.4.2 Body-Mass-Index

Die Auswertung der in dieser Studie erhobenen Daten hat einen signifikanten Zusammenhang zwischen Symphysenweite und Body-Mass-Index (BMI) zeigen können. Bei schwangeren Frauen ist der Symphysenspalt weiter, wenn sie einen hohen Body-Mass-Index vor der Schwangerschaft aufweisen. Einen Zusammenhang von BMI und Symphysenweite hatte ALICIOGLU in ihrer Arbeit untersucht, in der die Computertomographien nichtschwangerer Frauen und Männer ausgewertet wurden. Dabei hatte ALICIOGLU keinen Einfluss des Body-Mass Index auf die Weite des Symphysenspaltes nachweisen können (Alicioglu, 2008). Mit einer Fallzahl von 540 Patientinnen und Patienten hatte ALICIOGLU ein ausreichend grosses Patientenkollektiv untersucht.

Somit ist der Body-Mass-Index für die Symphysenweite dann relevant, wenn die Symphyse durch die Schwangerschaft verändert ist. Die vermehrte statische Belastung durch einen höheren Body-Mass-Index wird durch die hormonell bedingte Veränderung des Gelenkes relevant. Im nichtschwangeren Zustand weist die Symphyse eine ausreichende Festigkeit auf, um auch unter der Belastung eines hohen BMI keine Veränderung zu zeigen.

#### 4.4.3 Parität

Die Symphysenweite, die bei einer schwangeren Frau gemessen wird, ist abhängig von der Anzahl der bisherigen Geburten. Sowohl in der univariaten als auch in der multivariaten Analyse wurde diesbezüglich ein signifikanter Unterschied nachgewiesen. Dabei ist eine größere Erweiterung des Symphysenspaltes dann nachweisbar, wenn die Frau zwei oder mehr Kinder geboren hat. Zwischen Erstgebärenden und Zweitgebärenden war kein signifikanter Unterschied nachweisbar.

Einen Trend zu einer größeren Symphysenweite bei Frauen, die bereits Kinder geboren hatten, war auch in der Studie von SIEGBURG zu erkennen, allerdings waren in dieser Untersuchung die Ergebnisse nicht signifikant bei einer Fallzahl von 171 Patientinnen. Damit konnte die vorliegende Untersuchung mit deutlich mehr Patientinnen den Trend der Studie von SIEGBURG jetzt mit hoher Signifikanz bestätigen.

Trotzdem bleibt die Diskrepanz zu den Untersuchungsergebnisse der Nichtschwangeren von ALICIOGLU.

ALICIOGLU hatte in ihrer Studie Computertomographieuntersuchungen nichtschwangerer Frauen ausgewertet unter Berücksichtigung der Geburten in der Anamnese der Frauen. Die Anzahl der Geburten hatten in dieser Analyse keinen Einfluss auf die Symphysenweite. Es wurden 280 Patientinnen untersucht, damit eine deutlich geringere Fallzahl als in der vorliegenden Arbeit mit 692 Patientinnen.

Mit dem Wissen, das die Weite der Symphyse im Alter abnimmt, und die mehrgebärenden Schwangeren Frauen mit einem höheren Durchschnittsalter sind, scheinen sich auch diese Angaben zu widersprechen. Die multivariate Analyse hat jedoch bewiesen, dass die Einflussfaktoren Alter und Parität unabhängig einen Einfluss auf die Symphyse haben.

Daher können die Ergebnisse auch dahingehend interpretiert werden, dass die Symphyse eine Art "Erinnerungsvermögen" an vorangegangene Schwangerschaften und Geburten besitzt.

Hat die Symphyse also bereits mehrmals den Prozeß einer Erweiterung in der Schwangerschaft und während der Geburt durchlaufen, so reagiert sie auf den erneuten

hormonellen Einfluss stärker und erweitert sich mehr im Vergleich zu der Symphyse einer Frau, die sich in ihrer ersten oder zweiten Schwangerschaft befindet.

Damit ist auch erklärlich, weshalb die „nicht-schwangere“ Symphyse bei Frauen keine Abhängigkeit von der Geburtenzahl zeigt, wie in der Arbeit von ALICIOGLU beschrieben.

#### **4.4.4 Gestationsalter**

In der hier vorgestellten Studie korrelierte die Zunahme der Symphysenweite mit steigendem Gestationsalter. Es zeigte sich eine stetige Zunahme der Symphysenweite, die sich in einer robusten linearen Regression darstellen lässt. In den Untersuchungen von SIEGBURG und BAHLMANN hatten sich ebenfalls stetige Erweiterungen der Symphysenweite im Verlauf der Schwangerschaft gezeigt mit einer Zunahme der Symphysenweite von 4 mm auf 7 mm bei BAHLMANN sowie bei SIEGBURG von 5,5 mm in der 21. Schwangerschaftswoche auf 6,6 mm in der 40. Schwangerschaftswoche (Siegburg, 1996; Bahlmann, 1993). Mit einem deutlich kleineren Kollektiv von 49 Patientinnen hatte BJÖRKLUND 1999 Verlaufswerte der Symphysenweite während der Schwangerschaft ermittelt. Gemessen wurde in dieser Untersuchung jeweils in der 12. und 35. Schwangerschaftswoche. BJÖRKLUND ermittelte eine mediane Symphysenweite von 3,8 mm bei der ersten Messung und eine Erweiterung auf 4,6 mm bei der Messung in der 35. Schwangerschaftswoche (Björklund, 1999).

Da in dieser Studie Einzelmessungen durchgeführt wurden, ist es nicht möglich, die Verläufe bei einzelnen Patientinnen darzustellen. Für weitere Untersuchungen wäre es ein interessanter Ansatz, die individuellen Verläufe von Symphysenweiten zu betrachten, gerade im Hinblick auf möglicherweise auftretende klinische Beschwerden.

#### **4.4.5 Lage des Feten**

Die Lage des Feten hatte weder in der univariaten Analyse noch in der multivariaten Analyse einen Einfluss auf die Symphysenweite. Betrachtet man die anatomischen Verhältnisse, so ist dieses Ergebnis überraschend. Im Verlauf der Schwangerschaft



stellt sich der kindliche Kopf direkt an der Symphyse ins Becken ein, so dass hier eine mechanische Auswirkung auf die hormonell beeinflussten ligamentären Strukturen zu erwarten gewesen wäre.

Hierbei ist es allerdings auch interessant, sich den Zeitpunkt der Messungen anzuschauen. Von den ohnehin deutlich weniger Messungen in anderen Lage als der kindlichen Schädellage wurden die meisten zu einem früheren Zeitpunkt der Schwangerschaft gemessen. Zum Ende der Schwangerschaft befanden sich die meisten Kinder bei der Messung in Schädellage. Auch die multivariate Analyse, die den Faktor der unterschiedlichen Zeitpunkte korrigiert, hat keinen Einfluss bezüglich der Kindslage zeigen können.

#### **4.4.6 Mehrlingsschwangerschaft**

Bei der relativ kleinen Gruppe von 26 Frauen mit einer bestehenden Zwillingschwangerschaft konnte keine signifikante Veränderung der Symphysenweite zu den Frauen mit Einlingsschwangerschaften nachgewiesen werden. Dieses angesichts der vermehrten statischen Belastung eher unerwartete Ergebnis kann auf die geringe Fallzahl zurückzuführen sein.

#### **4.4.7 Wehen**

Unter dem Einfluß regelmäßiger Wehen nimmt die Symphysenweite noch einmal zu.

Dieses Resultat hatte auch SIEGBURG bei den Messungen unter der Geburt herausgefunden (Siegburg, 1996).

Diese neuerliche Erweiterung dient der Anpassung des Beckens an das Kind und ermöglicht in Kombination mit dem Abknicken des Steißbeines über die Erweiterung des Beckenumfangs den Durchtritt des Kindes.

#### 4.5 Symptomatische Patientinnen

Die bisherigen Untersuchungen zur Symphysenlockerung in der Schwangerschaft hatten häufig ein Kollektiv symptomatischer Patientinnen untersucht und hatten bei diesen höhere Symphysenweiten gefunden, so dass ab einer Erweiterung der Symphyse über 10 mm mit klinischen Beschwerden gerechnet wurde (Lindsey, 1988; Leadbetter, 2004). Auch SIEGBURG postulierte eine kritische Symphysenweite von 9,5 mm, ab der mit dem Auftreten von Symphysenbeschwerden zu rechnen sei (Siegburg, 1996).

In dieser Studie wurden jetzt bei 34 Frauen Symphysenweiten über 10 mm gemessen, ohne dass diese Patientinnen Beschwerden angaben. Demgegenüber wurden bei Symphysenweiten unter 10 mm von 6 Frauen Beschwerden angegeben.

Die Ergebnisse dieser Studie lassen den Schluss zu, dass die symptomatische Symphysenlockerung nicht auf einen absoluten Wert der Symphysenweite zurückzuführen ist. Vielmehr besteht eine große individuelle Bandbreite der Symphysenweite, die keinen Rückschluß auf einen pathologischen Prozeß zulässt.

Die klinische Relevanz eines einmalig erhobenen Messwertes ist gering.

Wahrscheinlich sagt weniger die absolute Erweiterung der Symphyse im Verlauf der Schwangerschaft etwas über das Ausmaß der Beschwerden aus als die individuellen Werte.

## 5 Zusammenfassung

Die für die Stabilität des Beckens notwendige Struktur der Symphyse unterliegt als Verbindung der Hüftbeine einer starken Beanspruchung.

In der vorliegenden Arbeit konnten aus Befunden, die zwischen Oktober 2007 und August 2013 an der Klinik für Geburtsmedizin der Charité-Universitätsmedizin Berlin, Campus Virchow-Klinikum erhoben wurden, Normwerte für die Symphysenweite von Schwangeren erstellt werden. Dafür wurden sonographische Messungen des Symphysenspaltes an 692 schwangeren Patientinnen durchgeführt.

Gemessen wurde die Weite des Symphysenspaltes, die anamnestisch erhobenen Parameter waren Alter, Body-Mass-Index, Parität, Gestationsalter in Tagen, Lage des Feten sowie das Vorliegen einer Mehrlingsgravidität. Ebenfalls wurde erhoben, ob die Patientinnen zum Zeitpunkt der Messung bereits Wehen hatten.

Resultat der Messergebnisse war eine weite Bandbreite der Symphysenweite im Verlaufe der Schwangerschaft, so dass die erzielten Medianwerte nur bedingt aussagekräftig sind. Eine klare Abgrenzung zu pathologischen Prozessen kann über diese Werte nicht erfolgen. Zumal das Auftreten von Beschwerden in dieser Studie unabhängig von einem absoluten Wert der Symphysenweite war, sondern sowohl bei schmalen, als auch bei dezent erweiterten Symphysen beobachtet wurde.

In der Studie konnte erstmalig gezeigt werden, dass es unabhängige anamnestische Faktoren gibt, die die Symphysenweite einer Schwangeren beeinflussen.

Signifikanten Einfluss auf die Symphysenweite hatte das Gestationsalter, die Parität der Patientin, das Alter der Patientin, der Body Mass Index sowie das Auftreten von Wehen.

Keinen Einfluss auf die Weite der Symphyse hat die Lage des Kindes oder das Vorliegen einer Mehrlingsschwangerschaft.

## 6 Literaturverzeichnis

Abramson D, Roberts SM, Wilson PD. *Relaxation of the pelvic joints in pregnancy*. Surg Gynecol Obstet (1934); 58: 595-613.

Abramowicz, JS. *Prenatal exposure to ultrasound waves: is there a risk?* Ultrasound Obstet Gynecol (2007); 29: 363–367.

Alicioglu B, Kartal O, Gurbuz H, Sut N. *Symphysis pubis distance in adults: a retrospective computedtomography study*. Surg Radiol Anat (2008); 30: 153-157.

Ang ES Jr, Gluncic V, Duque A, Schafer ME, Rakic P. *Prenatal exposure to ultrasound waves impacts neuronal migration in mice*. Proc Natl Acad. Sci. USA (2006); 103: 12903-12910.

Aslan E, Fynes M. *Symphysical pelvic dysfunction*. Curr Opin Obstet Gynecol (2007); 19(2): 133-139.

Bahlmann F, Merz E, Macchiella D, Weber G. *Sonographische Darstellung des Symphysenspaltes zur Beurteilung eines Symphysenschadens in der Schwangerschaft und post partum*. Zeitschrift für Geburtshilfe und Neonatologie (1993); 197: 27-30.

Barnes J. *The symphysis pubis in the female*. Am J Roentgenol (1934); 32: 333-352.

Barnett SB, Ter Haar GR, Ziskin MC, Rott HD, Duck FA, Maeda K. *International recommendations and guidelines for the safe use of diagnostic ultrasound in medicine*. Ultrasound in Medicine and Biology (2000); 26 (3): 355 – 366.

Becker I, Woodley SJ, Stringer MD. *The adult human pubic symphysis: a systematic review*. J Anat (2010); 217(5): 475-87.

Björklund K, et al.. *Sonographic assessment of symphyseal joint distention during pregnancy and post partum with special reference to pelvic pain*. Acta Obstet Gynecol Scand, (1999); 78: 125-130.

Björklund K, Bergström S, Lindgren PG, et al.. *Ultrasonographic measurement of the symphysis pubis: a potential method of studying symphyseolysis in pregnancy*. Gynecol Obstet Invest (1996); 42: 151-153.

Blum M, Orovana N. *Open rupture of the symphysis pubis during spontaneous delivery*. Acta Obstet Gynecol Scand (1976); 55: 77-79.

Bohndorf K. *Radiologische Diagnostik der Knochen und Gelenke*. 2. Ausgabe, Thieme Verlag (2006)

Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung: Durchschnittliches Alter der Mütter bei Geburt ihrer Kinder (in Jahren) in europäischen Ländern, 1960 bis 2012, erreichbar unter:[http://www.bib-demografie.de/DE/ZahlenundFakten/06/Tabellen/t\\_06\\_02\\_durchschnittl\\_alter\\_muetter\\_geburt\\_europ\\_laender\\_ab1960.html?nn=3073514](http://www.bib-demografie.de/DE/ZahlenundFakten/06/Tabellen/t_06_02_durchschnittl_alter_muetter_geburt_europ_laender_ab1960.html?nn=3073514)

Culligan P, Hill S, Heit M. *Rupture of the symphysis pubis during vaginal delivery followed by two subsequent uneventful pregnancies*. Obstet Gynecol (2002); 100: 1114-7

Delorme S, Debus J. *Physikalische und technische Grundlagen der Sonographie*. In Sonographie, Thieme Verlag (2005); 3-23

Dihlmann, W. *Pelvine Röntgenometrie der dritten Art: alters- und geschlechtsbezogene Messergebnisse im Erwachsenenalter*. Fortschr Röntgenstr (1992); 156(5): 420-424.

Drenckhahn D, Eckstein F. *Untere Extremität*. In Benninghoff Anatomie, Band 1. Urban & Fischer Verlag, München und Jena (2003); 234-238.

Gamble JG, Simmons SC, Freedman M. *The symphysis pubis. Anatomic and pathologic considerations*. Clin Orthop (1986); 203: 261-272.

Gemeinsamer Bundesausschuss über die ärztliche Betreuung während der Schwangerschaft und nach der Entbindung „*Mutterschafts-Richtlinien*“, Fassung vom 10. Dezember 1985, zuletzt geändert April 2014, veröffentlicht im Bundesanzeiger AT 27.06.2014 B3.

Hackelöer BJ, Arning. *Ultraschall bei Schwangeren ungefährlich*, Pressemitteilung der DEGUM, (Sept. 2006).

Hermann KG, Halle H, Reissbauer A, Schink T, Vsianska L, Mühler MR, Lembcke A, Hamm B, Bollow M. *Peripartum changes of the pelvic ring: usefulness of magnetic resonance imaging* Ro fo (2007); 179(12): 1243-1250.

Hisaw FL, *Experimental relaxation of the pubic ligament of the guinea pig* Proc Soc Exp Biol Med (1926); 23: 661-663.

Holzmüller W, Huber P, Helling HJ. *Ausgedehnte Verletzungen des Geburtskanal als Komplikation einer normalen Geburt*. Gynäkologe (1994); 27: 271-275.

Jaspers N, Michels G. *Sonographie organ-und leitersymptomorientiert. Grundlagen, Diagnostik, Differentialdiagnostik, Befundung, Dokumentation* Springer-Verlag (2012).

Kehrer E, *Symphysenlockerung und Symphysenruptur*. Mschr Geburtsh (1915); 42: 321-372.

Kobes R, Gölckel K. *Die Symphysenruptur und ihre Behandlung*. Zentralblatt für Gynäkologie (1949); 8: 786-792.

Koebke J und Bade H. *Anatomie, Biochemie und Physiologie des Nervensystems und des Bewegungsapparates*. In: R.F. Schmidt und K. Unsicker (Hrsg.): Lehrbuch der Vorklinik, Teil B. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln (2003); 487-510.

Lackner, KJ, *Technisch-physikalische Grundlagen*, Einführung in die Radiologie, Thieme Verlag (2006), 17-20.

Leadbetter R, Mawer D, Lindow S. *Symphysis pubis dysfunction: a review of the literature*. J Matern Fetal Neonatal Med (2004); 16: 349-345.

Lemberger F *Die Symphysenruptur und ihre Behandlung*. MMW. (1963); 8: 450-454.

Lindsey R, Leggon R, Wright D, Nolasco DR. *Separation of the symphysis pubis in association with child bearing*. J Bone Joint Surg (1988); 70: 289-292.

Loeschke H, *Untersuchungen über die Entstehung und Bedeutung der Spaltbildungen in der Symphyse, sowie über die physiologischen Erweiterungsvorgänge am Becken Schwangerer und Gebärender*. Archiv Gynaek (1912); 96: 525-560.

Mac Lennan AH. *The role of the hormone relaxin in human reproduction and pelvic girdle relaxation*. Scand J Rheumatol (1991); 88 Suppl: 7-15.

Martius G, Heidenreich W. *Hebammenlehrbuch 7. Auflage*. Hippokrates Verlag, Stuttgart (1999), 544-545.

Maurer H. *Becken, Pelvis, Beckenhöhle, Cavitas pelvis*. In: Fanghänel J, Pera F, Anderhuber F, Nitsch R (Hrsg): Waldeyer Anatomie des Menschen, 17. Auflage de Gruyter Verlag (2003), 1027-1096.

Mensink GBM, Schienkiewitz A, Haftenberger M, Lampert T, Ziese T, Scheidt-Nave C. *Übergewicht und Adipositas in Deutschland: Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1)*. Bundesgesundheitsbl (2013); 56:786–794

Newnham JP, Evans SF, Michael CA, Stanley FJ, Landau LL. *Effects of frequent ultrasound during pregnancy: a randomised controlled trial*. The Lancet (1993); 342 (8876): Pages 887-891.

Newnham JP, Doherty DA, Kendall GE, Zubrick SR, Landau LL, Stanley FJ. *Effects of repeated prenatal ultrasound examinations on childhood outcome up to 8 years of age: follow-up of a randomised controlled trial*. The Lancet (2004); 364(9450): 2038-2044.

Offergeld H. *Verletzungen und Sprengungen des Beckenringes*. Archiv für klinische Chirurgie (1932); 162: 331-345.

Owens K, Pearson A, Mason G. *Symphysis dysfunction-a cause of significant obstetric morbidity*. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol (2002); 105: 143-146.

Putschar WGJ. *The structure of the human symphysis pubis with special consideration of parturition and its sequelae*. Am J Phys Anthropol (1976); 45: 589-594.

Putscher W. *Entwicklung, Wachstum und Pathologie der Beckenverbindungen des Menschen unter besonderer Berücksichtigung von Schwangerschaft, Geburt und ihren Folgen*. G Fischer Verlag Jena (1931).

Putz und Pabst. *Sobotta Atlas der Anatomie des Menschen*, 21. Aufl. Urban & Fischer, (2000).

Quiel V. *Der geburtshilfliche Symphysenschaden*. Zentralblatt für Gynäkologie (1993); 115: 458-460.

Roberts RE. *Discussion on the physiology and pathology of the pelvic joints in relation to childbearing. A radiological investigation*. Proc R Soc Med (1934); 27: 1217-1225.

Schoellner C, Szöke N, Siegburg K. *Der schwangerschaftsassozierte Symphysenschaden aus orthopädischer Sicht – Untersuchungen zu Veränderungen an der Symphysis pubica in der Schwangerschaft, unter der Geburt und post partum*. Z Orthop Ihre Grenzgebiete (2001); 139 (5): 458-462.



Schwartz Z, Katz Z, Lancet M. *Management of puerperal separation of the symphysis pubis*. Int J Gynecol Obstet (1985); 23: 125-128.

Siegburg K. *Sonographische Untersuchungen zu Veränderungen an der Symphysis pubica in der Schwangerschaft, unter der Geburt und post partum*. Inaugural-Dissertation der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster (1996)

Snow RE, Neubert AG. *Peripartum Pubic Symphysis Separation: A Case Series and Review of the Literature*. Obstetrical & Gynecological Survey (1997); 52(7): 438- 443.

Steinmetz BG, O'Byrne EM, Butler MC et al.. *Hormonal regulation of connective tissue of the symphysis pubis*. In: Bigazzi M, Greenwood SC, Gaspari F: *Biology of relaxin and its role in the human*. Excerpta Med Amsterdam (1983); 71-92.

Tank PW, Gest TR. *The Lower Limb*. In Lippincott Williams & Wilkins Atlas of Anatomy, 1st Edition (2009); Lippincott Williams & Wilkins.

Taylor RN, Sonson RD. *Separation of the pubic symphysis. An underrecognized peripartum complication*. J Reprod Med (1986); 31(3): 203-206.

Todd, TW. *Age changes in the pubic symphysis*. VII. The anthropoid strain in human pubic symphysis of the third decade. In: J Anat (1923); 57: 274-294.

Unemori EN, Amento EP. *Relaxin modulates synthesis and secretion of procollagenase and collagen by human dermal fibroblasts*. J Biol Chem (1990); 265(18): 10681-10685.

Vermani E, Mittal R, Weeks, A. *Pelvic Girdle Pain and Low Back Pain in Pregnancy: A Review*. Pain Practice (2010); 10: 60–71.

Vix VA, Ryu CY. *The adult symphysis pubis: normal and abnormal*. Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med (1971); 112: 517-525

Vsianska L. *Peripartale Veränderung des Beckenrings im MRT*. Inaugural-Dissertation der medizinischen Fakultät der Ruhr-Universität Bochum (2007)

Wahl LM, Blanden R, Page R. *Effect of hormones on collagen metabolism and collagenase activity in the pubic symphysis ligament of the guinea pig.* Endocrinology (1997); 100: 571-579.

Wist A. *Treatment of the symphysiolysis with hydrocortisone procaine injections.* Ann Chir Gynecol Fenn (1968); 57: 98-100.

Wolff HD. *Ein einfacher Beckengurt.* Manuelle Medizin (1986); 24: 132-133.

Workshop of European Anthropologists. *Recommendations for age and sex diagnosis of skeletons.* In: J Human Evolution 9 (1980); 517-549

Wurdinger S, Humbsch K, Reichenbach JR, Peiker G, Seewald HJ, Kaier WA. *MRI of the pelvic joints postpartum: normal and pathological findings.* J Magn Reson Imaging (2002); 15(3): 324-329.

Young J. *Relaxation of the pelvic joints in pregnancy: pelvic arthropathy of pregnancy.* J Obstet Gynecol (1940); 47: 493.

## 7 Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Anne-Katrin Oligmüller, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Sonographische Messung der Symphysenweite in der Schwangerschaft und Analyse ihrer Einflussgrößen“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE -[www.icmje.org](http://www.icmje.org)) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Betreuer/in, angegeben sind. Sämtliche Publikationen, die aus dieser Dissertation hervorgegangen sind und bei denen ich Autor bin, entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

## **8 Lebenslauf:**

*Aus datenschutzrechtlichen Gründen wird der Lebenslauf nicht mit veröffentlicht.*

Berlin, den 05.09.2014

*Anne-Katrin Oligmüller*

## 9 Danksagung

Hiermit möchte ich mich bei Herrn Universitätsprofessor Dr. Wolfgang Henrich, Klinikleiter der Geburtsmedizin Charité Berlin, für die Möglichkeit bedanken, unter seiner Betreuung zu promovieren.

Für ihre unkomplizierte und motivierende Art danke ich herzlich Frau Dr. von Weizsäcker, die mir den Abschluß der Arbeit ermöglicht hat.

Für ihre bereichernde Kritik und unermüdlichen Diskussionsbeiträge, die mich wiederholt in die thematischen Bahnen gelenkt haben, gilt mein besonderer Dank Drs. Jan und Nina Siedentopf.

Für die Mitarbeit bei der Datenerhebung bin ich Dr. Frank Chen und Dr. Nina Siedentopf zu Dank verpflichtet.

Bedanken möchte ich mich ebenfalls bei Alexander Krannich für seine unendliche Geduld bei der Einführung in die Welt der Statistik.

Lotte und Jürgen danke ich für die stete Motivation und Unterstützung, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat.

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie, die mich immer unterstützt und mit liebevollem Verständnis diese Arbeit mitgetragen hat.