

Aus dem Universitätsklinikum Münster

Klinik und Poliklinik für Technische Orthopädie und Rehabilitation

- Direktor: Univ.-Prof. Dr. Hans Henning Wetz -

**FORM- UND GRÖßENVERÄNDERUNG DES FUBES WÄHREND  
DER SCHWANGERSCHAFT**

**- eine klinische Studie -**

INAUGURAL – DISSERTATION

zur Erlangung des doctor medicinae dentium

der Medizinischen Fakultät

der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von

Hentschel, Johannes Christian

aus Gütersloh

2006

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Heribert Jürgens

1. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Hans Henning Wetz

2. Berichterstatter: PD Dr. W. Klockenbusch

Tag der mündlichen Prüfung: 06. März 2006

Aus dem Universitätsklinikum Münster  
Klinik und Poliklinik für Technische Orthopädie und Rehabilitation

- Direktor: Univ.-Prof. Dr. Hans Henning Wetz -

Referent: Univ.-Prof. Dr. Hans Henning Wetz

Koreferent: PD Dr. W. Klockenbusch

### **ZUSAMMENFASSUNG**

#### **FORM- UND GRÖßENVERÄNDERUNG DES FUßES WÄHREND DER SCHWANGERSCHAFT**

Johannes Christian Hentschel

Diese Arbeit möchte die Dimensionsänderungen untersuchen und beschreiben, welche die Füße von schwangeren Frauen während dieser neun Monate erfahren. Nach einer Feldstudie in Münsteraner Kindergärten in denen die Mütter zunächst auf ihre Erfahrungen bezüglich größerer Füße / Schuhgröße während ihrer Schwangerschaft befragt wurden, und sich hierbei eine eindrucksvolle Tendenz ergab, wurde eine Untersuchungsmethode und Messgeräte entwickelt, um folgende Fragen zu beantworten: Verändern sich die Füße während der Schwangerschaft in Länge, Breite, Höhe und Volumen? Die klinisch-physikalischen Messungen wurden in der Risikoschwangeren-Sprechstunde der Uni-Klinik Münster und in einer Gynäkologischen Praxis durchgeführt. Es wurden insgesamt 40 Frauen über die Schwangerschaft begleitet. Im Ergebnis nahmen die Fußlänge, -breite und -volumen zu, während die Höhe abnahm. Die Untersuchungsergebnisse wurden statistisch durch das Institut für medizinische Informatik und Biomathematik der Westf. Wilhelms- Universität Münster abgesichert.

Tag der mündlichen Prüfung: 06. März 2006

Diese Arbeit widme ich meinem Vater,  
Dr. med. Christian Günther Hentschel.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Titel:</b>	<b>Seite:</b>
<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>5</b>
<b>I. EINLEITUNG / AUFGABEN DER ARBEIT</b> .....	<b>6</b>
<b>II. FELDSTUDIE</b> .....	<b>13</b>
<b>II.1 UNTERSUCHUNGSGUT UND METHODE -1.</b> <b>FELDSTUDIE</b> .....	<b>13</b>
<b>II.2 ERGEBNISSE</b> .....	<b>13</b>
<b>III. KLINISCHE STUDIE</b> .....	<b>16</b>
<b>III.1 AUSWAHL DER PROBANDEN</b> .....	<b>16</b>
<b>III.2 DAS UNTERSUCHUNGSTRUMENTARIUM</b> .....	<b>18</b>
1. <i>Messung der Fußlänge</i> .....	<i>18</i>
2. <i>Messung der Fußbreite</i> .....	<i>20</i>
3. <i>Messung der Fußhöhe</i> .....	<i>22</i>
4. <i>Messung des Fußvolumens</i> .....	<i>24</i>
<b>III.3 MESSPROTOKOLL</b> .....	<b>27</b>
<b>IV. ANZAHL UND ZEITLICHER ABSTAND DER</b> <b>UNTERSUCHUNGSEINHEITEN</b> .....	<b>29</b>
<b>V. ERGEBNISSE</b> .....	<b>32</b>
<b>V.1 DARSTELLUNG DER MESSERGEBNISSE</b> .....	<b>32</b>
<b>V.2 AUSWERTUNG DER MESSERGEBNISSE</b> .....	<b>37</b>
<b>V.3 STATISTIK</b> .....	<b>45</b>
<b>VI. DISKUSSION</b> .....	<b>47</b>
<b>VII. ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>54</b>
<b>VIII. LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>56</b>
<b>IX. DANKSAGUNG</b> .....	<b>60</b>
<b>X. CURRICULUM VITAE</b> .....	<b>61</b>
<b>XI. ANHANG</b> .....	<b>I</b>
<b>XI.1 MESSWERTÄNDERUNGEN</b> .....	<b>I</b>

## I. Einleitung / Aufgaben der Arbeit

Frauen berichten allgemein, dass ihre Füße während der Schwangerschaft größer werden und sie während der Schwangerschaft größere Schuhe kaufen müssen. Auch können viele Frauen nach der Geburt eines Kindes nie wieder die Schuhe tragen, die ihnen vor der Schwangerschaft gepasst hatten. Viele Theorien über Wasser in den Beinen und Füßen, anschwellende Füße, „falsches Schuhwerk“, zusätzliches Körpergewicht, welches auf die Füße der Schwangeren einwirkt und hormonelle Veränderungen im Körper, sind in Umlauf. In der Literatur wurde jedoch nur wenig zu dem Thema beschrieben. Mechanische Belastung (siehe auch Abb.I.1) hat gezeigt, dass diese zu einer Umbildung des Gewebes [21,34] führt, wie zum Beispiel dem Spreizfuß (Abb.I.2) oder Plattfuß.

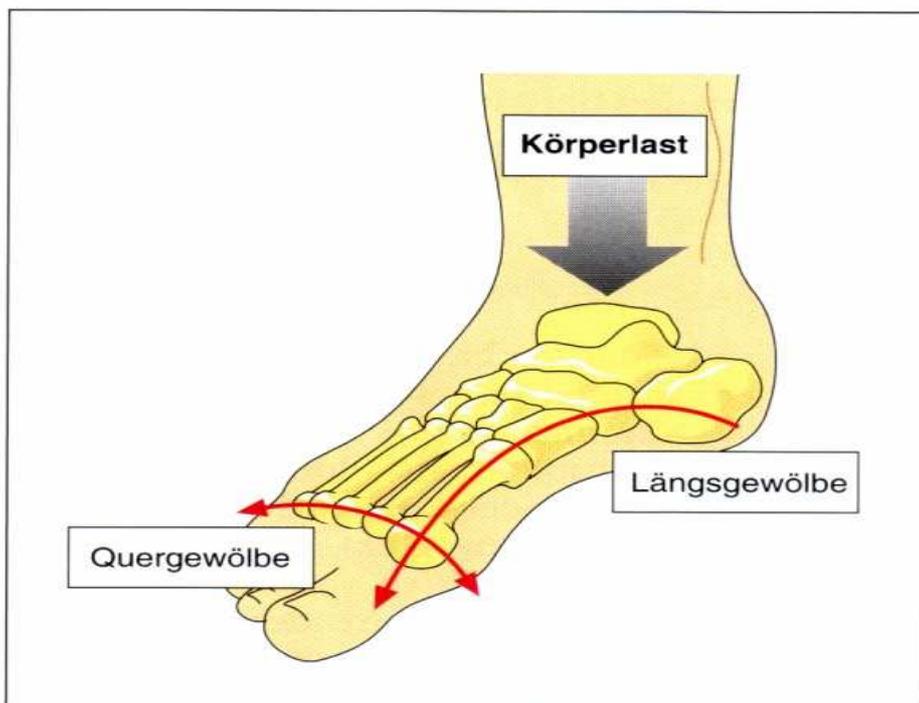


Abb.I.1 Die Gewölbekonstruktion des Fußes

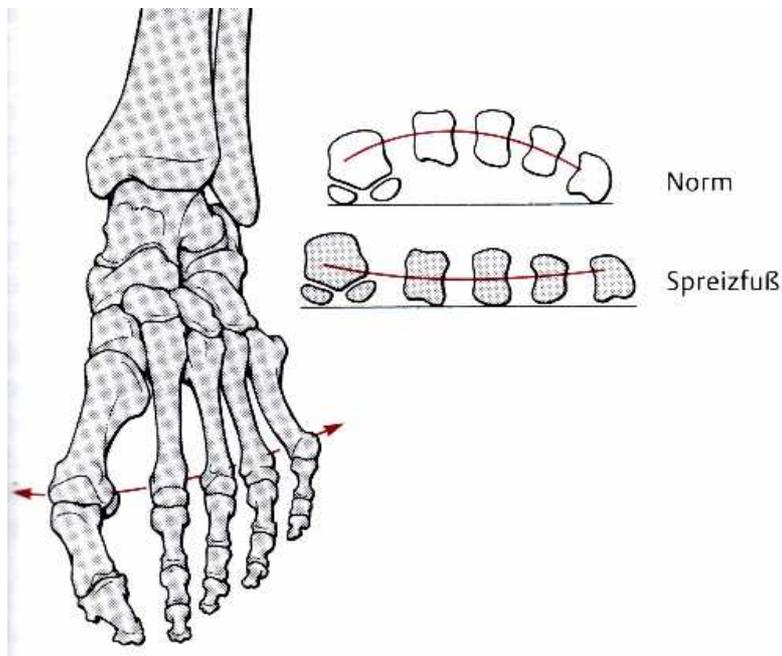


Abb.I.2 Der Spreizfuß

Auch ist es möglich, dass die Änderungen der Fußgröße Nebenerscheinungen der Flüssigkeitseinlagerung während der Schwangerschaft sind. Die Menge des gespeicherten Wassers zum Zeitpunkt der Geburt beträgt im Mittel 6,5 Liter [18,28]. Der Flüssigkeitsgewinn [1,2] setzt sich zusammen aus Flüssigkeit im Fetus, Plazenta, Uterus, Brüsten und Zellzwischenräumen, Fruchtwasser und vermehrtem Blutvolumen. Frauen, die an schwangerschaftsinduziertem Bluthochdruck leiden, beinhalten noch größere Mengen zusätzlichen Wassers [10,28]. Viele Schwangere haben besonders abends, aber auch mitunter permanent Ödeme an den Knöcheln und Beinen, welches unter anderem auf die Kompression des venösen Systems [1,2] durch den Uterus zurückzuführen ist. Dieser Ausdruck des orthostatischen Ödems

ist die eine Seite, gravierender hingegen sind Ödeme, wenn sie sich im Rahmen einer so genannten Gestose, auch Schwangerschaftsvergiftung ausbilden. Diese Erkrankung ist gekennzeichnet durch eine Symptom-Trias [37] aus Ödemen (Edema), Proteinausscheidung mit dem Urin und Hypertonie und wird deshalb auch abgekürzt als EPH-Gestose bezeichnet. Die EPH-Gestose ist eine gravierende Schwangerschaftskomplikation und macht eine strikte, ärztliche Überwachung und gegebenenfalls auch eine vorzeitige Entbindung per Kaiserschnitt erforderlich. Die durchschnittliche Gewichtszunahme einer Frau zum Ende der Schwangerschaft beträgt ungefähr zwölf Kilogramm [18]. *Dennis* und *Bytheway* [14] fanden heraus, dass ungefähr 75 % dieser Gewichtszunahme zum Zeitpunkt acht Wochen nach der Geburt wieder verschwunden ist. Jedoch gelangen viele Frauen niemals wieder zu ihrem ursprünglichem Gewicht, welches sie vor der Schwangerschaft hatten. *Dennis* und *Bytheway* berichten von schneller rapider Harnabsonderung nach der Geburt, und dass Erstgebärende acht Wochen nach der Geburt im Mittel ungefähr zwei Kilogramm mehr wiegen als vor der Schwangerschaft, unabhängig davon, ob sie klinisch evidente Ödeme während der Schwangerschaft entwickelten. Abschließend schreiben die Autoren diese Änderung im Gewicht der beibehaltenen Zunahme von Fett zu und nicht von Flüssigkeit. Eine weitere Theorie geht davon aus, dass auch die zunehmende Schlaffheit der Ligamente und Bänder [1,2] ursächlich für eine Größenzunahme der Füße ist.

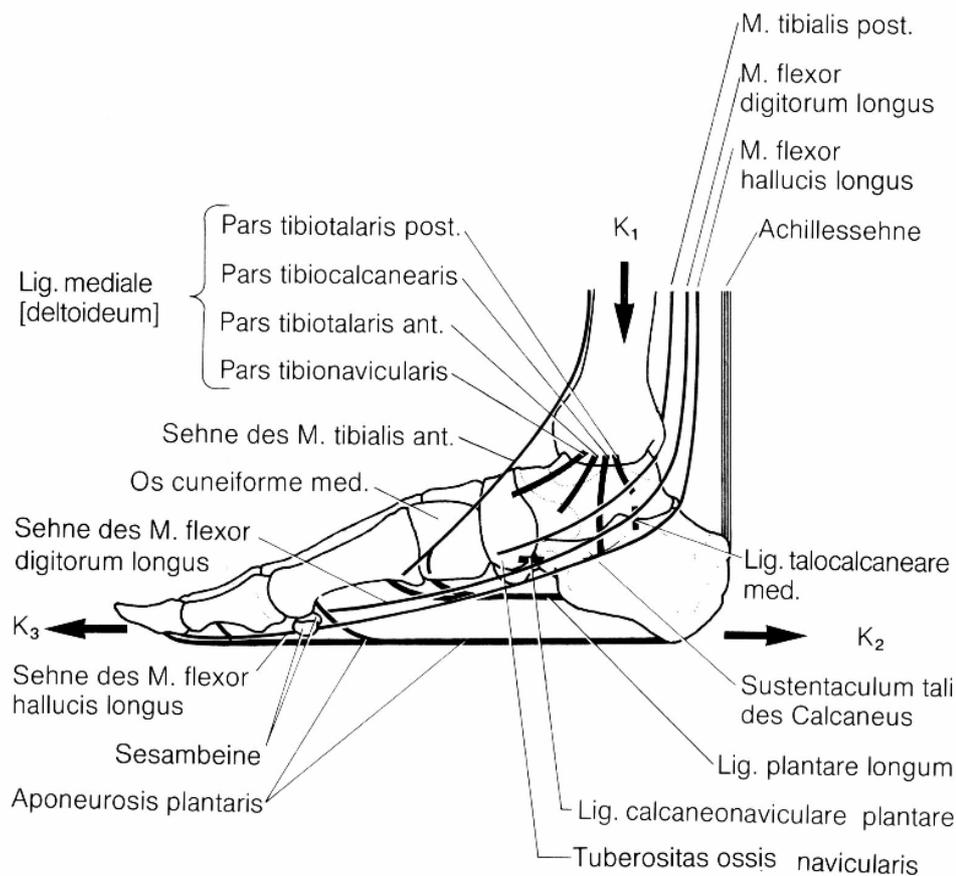


Abb. I.3 Ansicht des rechten Fußes von medial mit Bändern und Muskeln (Endsehnen) als Verspannungseinrichtung für den Fußlängsbogen

Die Ligamente könnten während der Schwangerschaft durch hormonelle Veränderungen entspannen [8]. Relaxin, ein Polypeptidhormon, welches von *Hisaw* identifiziert wurde und vor allem im Uterus und in der Plazenta während der Schwangerschaft gebildet wird, entspannt die Symphysis pubica von manchen Säugetieren wie auch dem Menschen und kann ein Umbilden des Kollagens bewirken [33,39]. *Bird et al.* fanden bei Schwangeren eine zunehmende „Laschheit“ oder Entspanntheit der metacarpophalangealen Gelenke, was auf die periphere Wirkung des Relaxins hindeutet. Eine äquivalente Wirkung in den

Fußgelenken wie oberem und unterem Sprunggelenk und den Amphiarthrosen ist anzunehmen (Abb. I.3 u. I.4). Die vermehrte Laschheit war bei Gravida-II Frauen größer als bei Gravida-I Frauen, jedoch gab es bei weiteren Schwangerschaften nur noch ein geringes Ansteigen.

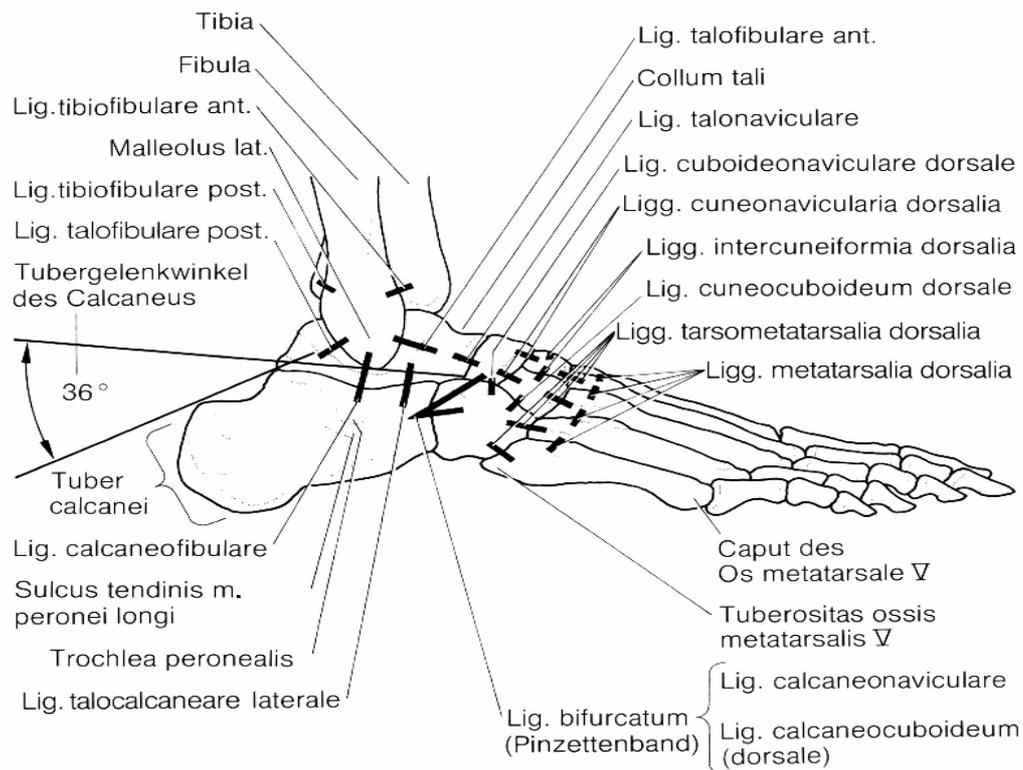


Abb. I.4 Bänder der Fußgelenke, Ansicht von lateral

In einer Arbeit von *Alvarez* aus dem Jahre 1988 wurden schwangere Frauen bezüglich ihrer Fußlänge, Fußbreite und ihres Fußvolumens untersucht. Diese Studie kam zu dem Ergebnis, es gäbe keine Veränderung in der Länge und Breite, jedoch eine Volumenveränderung um durchschnittlich 57,2 ml. Diese Arbeit basierte allerdings auf einem Probandinnenkollektiv von nur 17 Frauen, wobei bei Teiluntersuchungen nur 12 Frauen untersucht wurden. Die vorliegende Studie will diese Aussagen überprüfen und erhebt den Anspruch, sowohl in der Anzahl der

Probandinnen, als auch in der Meßmethode zu einer höheren statistischen Genauigkeit zu gelangen.

Grundsätzlich steckt hinter dieser Arbeit die Fragestellung, ob sich im Laufe der Schwangerschaft, welche mit physischen, psychischen und hormonellen Belastungen vergesellschaftet ist und nicht zuletzt auch mit anatomischen Umbildungen des Körpers verbunden ist, eine messbare Dimensionsänderung des Fußes / der Füße beobachten lässt.

Die Fragen, die sich diese Arbeit gestellt hat, lauten:

1. Verändert sich die Länge der Füße während der Schwangerschaft?
2. Verändert sich die Breite der Füße während der Schwangerschaft?
3. Verändert sich die Höhe der Füße während der Schwangerschaft?
4. Verändert sich das Volumen der Füße während der Schwangerschaft?

Die Ausgangshypothese ist, dass es keine Dimensionsänderung gibt, das Untersuchungsgut, also die Füße der schwangeren Probandinnen in den drei Dimensionen, der Länge, der Breite, der Höhe und damit auch dem Volumen konstant bleiben. Um dies zu untersuchen, sollte ein einfacher Untersuchungsaufbau ohne aufwändige Hilfsgeräte entwickelt werden, sodass

1. die Untersuchungen untersucherunabhängig durchgeführt werden können,
2. kostengünstige Wiederholungsuntersuchungen durchführbar sind
3. die Untersuchungen für die Probandinnen nicht belastend sind.

Ferner sollten die von *Martin* (1957) aufgestellten Forderungen [22] für somatische anthropologische Messungen erfüllt werden:

1. Alle Messungen am Lebenden haben sich auf das praktisch Erreichbare zu beschränken.
2. Es sollen nur solche Maße eingeführt werden, deren Abnahme nicht zu viel Zeit in Anspruch nimmt.

Aufgrund der geringen Literatur zu diesem Thema und der bis dato unbekanntem Qualität und Quantität von faktischen Auswirkungen der Schwangerschaft auf das Fußgewölbe und die Gewebsstrukturen der Füße wurde zunächst in einer Feldstudie versucht, einen diesbezüglichen Anhaltspunkt zu erlangen. Die folgende Studie / Feldstudie soll eine Voruntersuchung darstellen, um eine Datenbasis für die Analyse kausaler Faktoren zu generieren.

## **II. Feldstudie**

### **II.1 Untersuchungsgut und Methode -1. Feldstudie**

Aufgrund der spärlichen Literatur zum Thema schwangerschaftskorrelierter Größenveränderung des Fußes, wurde beschlossen vor der Aufnahme der umfangreichen klinischen Studie noch eine Feldstudie voranzustellen, um eine Übersicht über Häufigkeit und Ausmaß zu erlangen. Um dieser Theorie bezüglich der Form- und Größenveränderung des Fußes während der Schwangerschaft nachzugehen wurden also in der Zeit vom 08.09.00 bis zum 11.09.00 in zwei zufällig ausgewählten Kindergärten in Münster (NRW) junge Mütter in einer Feldstudie befragt. Dies geschah auch mit dem Ziel die nachfolgenden Messungen besser planen zu können. Diese Probandinnen (Mütter) waren nicht mit den Probandinnen (Schwangere) der klinischen Studie identisch. Die Mütter wurden nicht nach ihrem Alter, ihrem Körpergewicht oder sonst irgendeinem Kriterium klassifiziert.

Die Mütter wurden gefragt, ob sie während der Schwangerschaft eine Größenzunahme der Füße erfahren haben und welche Schuhgröße vor Beginn der Schwangerschaft und nach der Geburt des Kindes oder der Kinder getragen wurde.

### **II.2 Ergebnisse**

Die Ergebnisse der Befragung aus der Feldstudie werden in Tabelle II.1 dargestellt.

<u>Probandin</u>	<u>Gößenveränderung</u>		<u>Schuhgröße</u>
Probandin 1	nicht vergrößert		
Probandin 2		vergrößert	Gr. 41 zu 42
Probandin 3	nicht vergrößert		
Probandin 4		vergrößert	Gr. 37 zu 38 zu 37
Probandin 5	nicht vergrößert		
Probandin 6		vergrößert	Gr. 40 zu 41 zu 40
Probandin 7	nicht vergrößert		
Probandin 8	nicht vergrößert		
Probandin 9		vergrößert	Gr. 38 zu 39
Probandin 10		vergrößert	Gr. 39 zu 40
Probandin 11		vergrößert	
Probandin 12	nicht vergrößert		
Probandin 13		vergrößert	Gr. 38 zu 39
Probandin 14		vergrößert	Gr. 40 zu 42
Probandin 15	nicht vergrößert		
Probandin 16		vergrößert	Gr. 40 zu 41
Probandin 17		vergrößert	
Probandin 18	nicht vergrößert		
Probandin 19		vergrößert	Gr. 39 zu 40
Probandin 20	nicht vergrößert		
Probandin 21		vergrößert	
Summe:	9x	12x	1 - 2 Gr.

Tabelle II.1: Antworten der befragten Mütter bzgl. Schuhgrößenänderung durch Schwangerschaft

Bei diesen Daten ergibt sich, dass etwas über 57 % der Befragten angaben, eine Vergrößerung der Füße während der Schwangerschaft erfahren zu haben. Hierbei ist jedoch zu erwähnen, dass es sich bei diesen Daten um subjektive Antworten, und wie aus den Größenangaben zu ersehen, zum Teil auch um reversible Veränderungen handelt, wenn zum Beispiel angegeben wurde, dass sich die Ausgangschuhgröße 37 durch eine Schwangerschaft auf 38 erhöht hatte, jedoch nach einiger Zeit wieder Größe 37 getragen werden konnte. Dennoch ist eindeutig zu ersehen, dass es einen Zusammenhang zwischen Schwangerschaft und Fußgröße zu geben scheint, der sich zumindest bei mehr als der Hälfte der Frauen manifestiert. Ferner ergibt sich, dass die Veränderungen von einem solchen Ausmaß sind, dass die Probandinnen teilweise nach der Schwangerschaft eine Schuhgröße um ein bis zwei Nummern vergrößert trugen. Durch diese Feldstudie bestärkt, wurde es nun zum Ziel, diese subjektiven Empfindungen und Beobachtungen der Frauen zu messen und zu belegen.

### III. Klinische Studie

#### III. 1 Auswahl der Probanden

Die Probandinnen wurden aus der Schwangerensprechstunde des Universitätsklinikums Münster (UKM) der Westfälischen Wilhelms-Universität (WWU) rekrutiert. Die Messungen wurden im Zeitraum von Januar 2001 bis Juli 2002 vorgenommen. Aus praktischen Gründen wurden die weiteren Probandinnen aus dem Patientenklientel einer gynäkologischen Praxis in Mönchengladbach rekrutiert. Dort wurden die Messungen im Zeitraum März bis Oktober 2003 durchgeführt. Insgesamt 41 zustimmende Patienten wurden vermessen. Eine Patientin wurde nach einer erlittenen Frühgeburt nicht weiter für die Studie beobachtet. Eingrenzungen zur Zulassung der Probandinnen zur klinischen Untersuchung bezüglich Alter, Körpergröße, Gewicht oder Anzahl der vorherigen Schwangerschaften wurden nicht vorgenommen, auch wenn diese Daten vermerkt wurden.

Tabelle III.1: Gewichts- und Alterskorrelation

	Alter	Körpergewicht	
Probandinnen (n=40 davon 20 Erstgebärende)	29,2 Jahre	73,85 kg	Durchschnitt
	19 - 41 Jahre	52 - 173,5 kg	Bandbreite

Das Durchschnittsalter der Probandinnen betrug 29,2 Jahre und das durchschnittliche Körpergewicht der Probandinnen betrug 73,85 Kilogramm, wie in Tabelle III.1 zu ersehen ist. 20 der Frauen waren erstmals schwanger, und für 20 Frauen war es die zweite oder eine mehrfache Schwangerschaft. Es wurde versucht, die Schwellung der Füße, welche über den Verlauf des Tages auftreten können, zu kontrollieren, indem die Messungen am Vormittag zwischen 9:00 Uhr und 13:00 vorgenommen wurden und bei der einzelnen Probandin der Zeitpunkt der Messung bei jedem Besuch wenn möglich zur gleichen Uhrzeit vorgenommen wurde.

## III.2 Das Untersuchungsinstrumentarium

### 1. Messung der Fußlänge

Für die Fußlänge wurde ein Messgerät entwickelt, welches sich das internationale Fußmessgerät und das WMS Fußmessgerät (weit-mittelschmal-System) zum Vorbild nimmt. Aus Gründen der Genauigkeit wurde dieses im Original aus Kunststoff bestehende Gerät jedoch aus Stahl nachgebaut und auf einem Holzbrett montiert. Die Längenskalierung wurde nicht wie üblich in Schuhgrößen angegeben, sondern in Millimetern (eine Schuhgrößendifferenz entspricht  $\frac{2}{3}$  Zentimeter). Dieses geschah ebenfalls aus Gründen der größeren Genauigkeit. Der Messbereich wurde auf 120 Millimeter bis 300 Millimeter festgelegt. Die Probandinnen wurden aufgefordert sich im Beidbeinstand, also unter Belastung des Fußes mittels des eigenen Körpergewichts, wie in Abb. III.2 zu ersehen auf das Messgerät zu stellen. Die Füße wurden unter Kontakt der Ferse mit der Rückwand des Messgeräts parallel mit der sagittallinie ausgerichtet. Durch das Heranschieben des Längenmesszeigers bis an den ersten Kontaktpunkt ohne Druckausübung an den ventralsten Punkt (meist Phalanx I oder II = Digitus primus [Hallux] oder Digitus secundus) des Probandinnenfußes wurde die Fußlänge in Millimetern gemessen und an der Millimeterskalierung abgelesen. Die Ablesung erfolgte durch den Versuchsleiter, der sich zur besseren Sicht und Einstellung des Längenmesszeigers auf den Fußboden kniete. Hierdurch wurde durch direkte Aufsicht eine immer gleiche Ableseposition erreicht. Die

Dokumentation der Messwerte erfolgte sogleich durch Übertragung in den Messbogen.

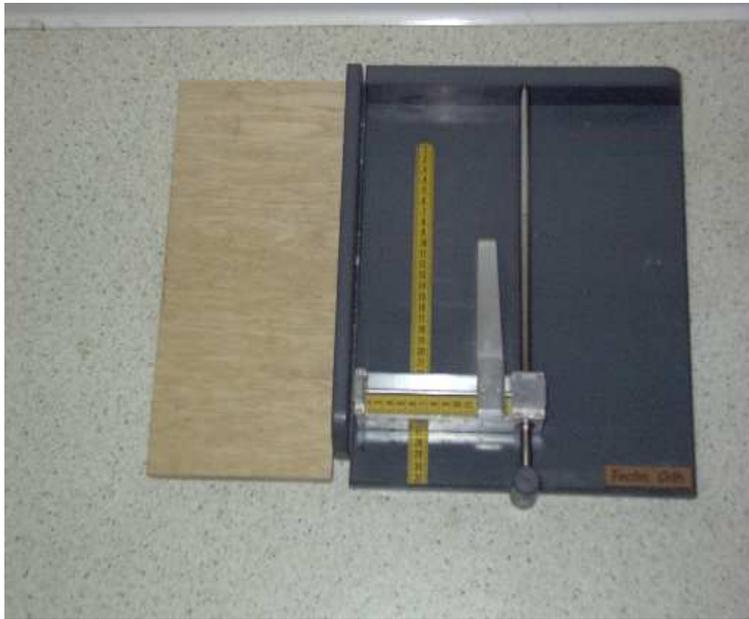


Abb.III.1



Abb.III.2



Abb.III.3

## 2. Messung der Fußbreite

In das unter Punkt III.2.1. beschriebene Gerät für die Fußlänge wurde wie bei dem internationalen Fußmessgerät und dem WMS System üblich auch die Messeinheit für die Fußbreitenmessung integriert. Diese ist ebenfalls mit einer Millimeterskalierung versehen worden und ist für den Messbereich zwischen 40 Millimeter und 140 Millimeter eingerichtet. Für die Fußbreitenmessung ist der jeweilige Fuß (rechter oder linker) an die seitliche Bande anzustellen, wie in Abschnitt III.2.1 auszurichten und der Messzeiger auf Kontakt mit der lateralsten Vorwölbung des Fußes und zwar der Hautoberfläche lateral des Caput

metatarsale des Corpus metatarsale heranzuschieben. Es wird folglich die maximale Breite des Fußes zwischen der Hautoberfläche lateral der Tuberositas ossis metatarsalis quinti und der im vorigen Satz beschriebenen anatomische Struktur im 90 Grad Winkel zur Sagittallinie gemessen. Sonderfälle, die sich zum Beispiel durch extreme Adipositas ergeben könnten, wurden nicht beobachtet.

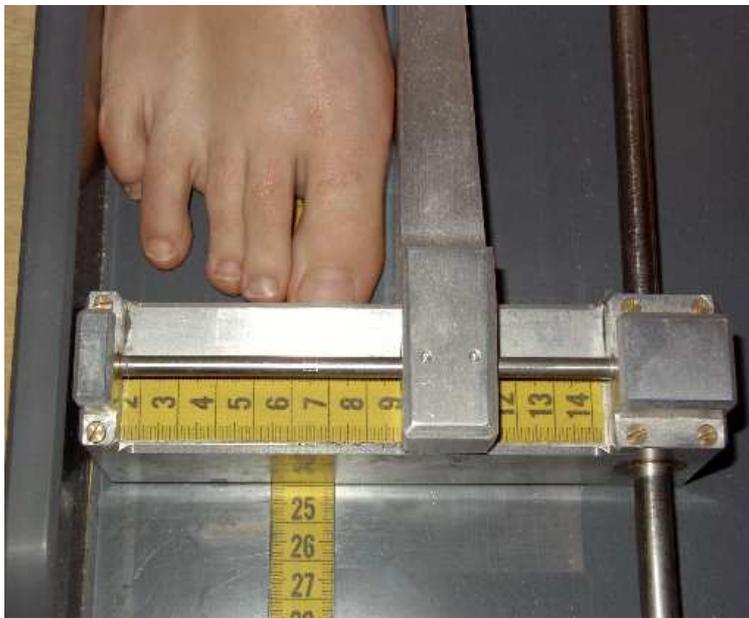


Abb.III.4



Abb.III.5

### 3. Messung der Fußhöhe

Für die Messung der Fußhöhe wurde ein Messgerät entwickelt. Dazu wurde eine Skala welche so an einem Ständer montiert wurde, dass der Nullpunkt auf Höhe des Bodens angelegt wurde, konstruiert und zur Messung an die Innenseite des Fußes gestellt. Die Probandinnen standen im Beidbeinstand, wodurch sich die Füße in Belastung befanden. Die maximal messbare Höhe beträgt bei diesem Messständer 115 Millimeter. Gemessen wird die Distanz bis zum prominentesten Punkt an der Haut in Höhe des Malleolus medialis der Tibia. Hierzu wurde der nackte Fuß an besagter Stelle mit einem Stift markiert und die Distanz dieser Markierung bis zum Boden mit Hilfe der Messskala gemessen (siehe Abb.III.6-III.8). Durch die durchsichtige Kunststoffmessskala ist der markierte Punkt gut sichtbar abzulesen.



Abb.III.6



Abb.III.7



Abb.III.8

#### 4. Messung des Fußvolumens

Für die Volumenmessung wurde ein Messbecken und ein Überlaufbecken konstruiert. Das Messbecken ist so ausgelegt, dass der Fuß hereingestellt werden kann. Dieses Becken wird anfangs mit Wasser gefüllt, wie in Abb.III.9 zu sehen. Das größere der beiden Becken misst im Innenraum 330 x 220 x 120 Millimeter. Das kleinere der beiden Becken dient dazu, das durch den Fuß verdrängte Wasser aufzufangen. Für die Volumenmessung wird das größere Becken bis zum Überlauf mit Wasser von ca. 20° Celsius angefüllt und mittels eines Tropfens Spülmittel die Oberflächenspannung herabgesetzt. Die nun schon überlaufende Menge Wasser wird verworfen. Nun wird ein Fuß der Probandin langsam in das Becken eingetaucht, und unter Belastung (Körpergewicht) auf den Grund gestellt, wie Abb.III.10 verdeutlicht. Die

Messhöhe beträgt folglich 120 mm. Das nun überlaufende Wasser wird in dem kleineren Becken aufgefangen und nachdem kein weiteres Wasser aus dem größeren Becken verdrängt wird, wird das aufgefangene Wasser in einen Messbecher umgefüllt und dessen Menge in Millilitern gemessen (siehe Abb.III.11). Diese Messung wurde abweichend zu den vorher in Kapitel III.2.1.-3. beschriebenen Messungen nur einmal pro Fuß und Untersuchungstag durchgeführt.



Abb.III.9



Abb.III.10



Abb.III.11

### III.3 Messprotokoll

Zu Beginn wurde den Probandinnen in der ersten Untersuchungssitzung das Vorgehen der Messungen und die Notwendigkeit von Folgeuntersuchungen erklärt. Nach der Aufklärung darüber, dass die bei diesen Untersuchungen gewonnenen Stammdaten und Ergebnisse nicht an Dritte weitergegeben würden, unterschrieben die Probandinnen eine Einverständniserklärung an der vorliegenden Studie mitzuwirken.

Als erstes wurden nun die Füße von jeglicher Kleidung befreit. Begonnen wurde nun mit der Längenmessung des rechten Fußes und der Breitenmessung des rechten Fußes. Hiernach folgte die Längen- und Breitenmessung des linken Fußes. Bei jeder Messung wurde der abgelesene Wert sogleich in den Messbogen eingetragen. Diese Untersuchung wurde anschließend zweimal wiederholt, sodass man insgesamt zwölf Messwerte erhielt. Durch das abwechselnde Messen von rechtem und linken Fuß sollte die exakte Positionierung und Ablesung, auch statistisch, gesichert werden.

Als zweites wurde die Höhe gemessen. Hierbei wurden dreimal der rechte und linke Fuß im Wechsel gemessen. Auch bei der Höhenmessung wurden die Messwerte direkt nach jeder Einzelmessung in den Messbogen eingetragen.

Als drittes erfolgte die Volumenmessung. Zunächst wurde der rechte Fuß in das Messbecken gestellt und die verdrängte Flüssigkeit aus dem Überlaufbecken in den Messbecher gegossen und abgelesen. Dieser Wert wurde dann in den Messbogen eingetragen. Sobald das Überlaufbecken von dem Messbecken entfernt worden war, durfte die Probandin den Fuß

aus dem Messbecken entfernen und mit einem Handtuch abtrocknen. Das selbe Vorgehen erfolgte nun noch mit dem linken Fuß.

Die beiden Folgesitzungen wurden in der gleichen Reihenfolge und mit gleichem Vorgehen durchgeführt.

#### **IV. Anzahl und zeitlicher Abstand der Untersuchungseinheiten**

Die Probandinnen wurden zu Beginn ihrer Schwangerschaft bei Routinevoruntersuchungen um die Mitarbeit bei dieser Studie gebeten und wurden darüber aufgeklärt, dass ihre Daten nicht an Dritte weitergegeben würden. Hiernach wurde die erste Untersuchungsreihe vorgenommen. Es wurden insgesamt drei Untersuchungsreihen vorgenommen, bei deren erster zunächst die Stammdaten wie Name und Alter erfasst wurden, darüber hinaus jedoch auch das Körpergewicht, die Anzahl vorheriger Schwangerschaften, aktuelle Schwangerschaftswoche und die aktuelle Schuhgröße erfragt und notiert wurde. Die Einheit der Schuhgröße ist das französische Stichmaß, es entspricht  $\frac{2}{3}$  cm oder 6,7 mm. Im Anschluss wurde mit den Messungen begonnen. Hierbei ist anzumerken, dass der erste Messtermin aus nachvollziehbaren Gründen nicht zum Beginn der Gravidität erfolgen konnte, da die Probandinnen erst mit einer nachgewiesenen Schwangerschaft in unsere Studie aufgenommen wurden. Die drei Untersuchungsreihen wurden soweit möglich auf das erste bis dritte Trimenon verteilt.

Auch der letzte Messtermin wurde nicht unmittelbar vor der Geburt, sondern in der Regel ca. im mittleren dritten Trimenon vorgenommen. Der Zeitstrahl der Abb. IV.1 veranschaulicht die Mittelwerte der Untersuchungstermine bezogen auf die Dauer der Schwangerschaft inklusive der Standardabweichungen. Der erste Untersuchungstermin fand im Mittel nach 2,25 Monaten Schwangerschaft statt, mit einer Standardabweichung von 0,63 Monaten.

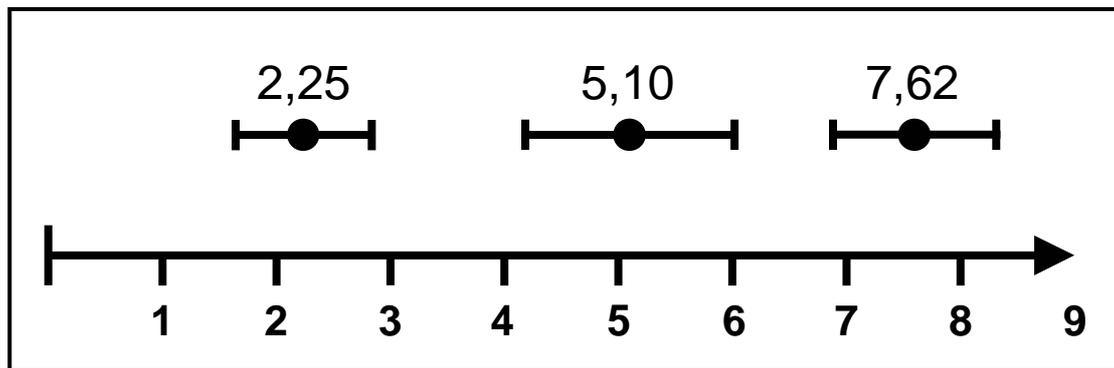


Abb. IV.1: Mittelwerte und Standardabweichungen d. Messtermine  
bezogen auf die Schwangerschaftsdauer

Der zweite Untersuchungstermin fand im Mittel nach 5,10 Monaten mit einer Standardabweichung von 0,95 Monaten statt, und der dritte Untersuchungstermin nach 7,62 Monaten mit einer Standardabweichung von 0,75 Monaten.

Aus der oben dargestellten Systematik kann angenommen werden, dass eine gemessene Größenveränderung, auf die gesamte Schwangerschaft bezogen, von einem größeren Ausmaß sein dürfte, als in dieser Studie angegeben wird.

Zunächst wurde die Fußlänge des rechten und linken Fußes jeweils dreimal im Beidbeinstand gemessen. Die Wiederholung der Messungen wurde vorgenommen, um eventuelle Messfehler zu minimieren. Danach wurde die Fußbreite des rechten und linken Fußes ebenfalls im Beidbeinstand dreimal gemessen. Nun wurde die Fußhöhe beider Füße dreimal im Beidbeinstand gemessen. Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass es bei einer sehr adipösen Frau nicht möglich war, die Skala auf Kontakt an den Messpunkt heranzuschieben, da das Bein oberhalb des

Messpunktes mehr vorstand, als dies bei normalgewichtigen Frauen der Fall war. Hier wurde dann die Skala etwas vor dem Messpunkt positioniert und der Messpunkt durch den durchsichtigen Kunststoff der Messskala anvisiert. Schließlich wurde das Fußvolumen des rechten und linken Fußes ermittelt. Die auf diese Weise erhaltenen Werte wurden in die dafür vorgesehenen Messbögen eingetragen.

## V. Ergebnisse

### V.1 Darstellung der Messergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der klinischen Messungen einer Probandin beispielhaft dargestellt und erläutert. Die Messergebnisse aller weiteren Probandinnen werden im Anhang aufgelistet. Die Auswertung erfolgt im entsprechenden Kapitel.

Name B.	Vorname Bettina	Alter 41
Gravida 3	Schwangerschafts- -woche 7. SW	Gewicht bei Erstuntersuchung 55,0 kg
Schuhgrösse bei Erstuntersuchung 39		

#### Messergebnisse

Datum	rechter Fuß			linker Fuß		
	21.05.01	17.08.01	19.10.01	21.05.01	17.08.01	19.10.01
Fußlänge:	245 mm	246 mm	246 mm	244 mm	245 mm	246 mm
	245 mm	245 mm	248 mm	246 mm	246 mm	247 mm
	246 mm	247 mm	247 mm	244 mm	246 mm	247 mm
Fußbreite:	88 mm	88 mm	89 mm	90 mm	91 mm	90 mm
	88 mm	89 mm	88 mm	89 mm	90 mm	91 mm
	87 mm	89 mm	90 mm	89 mm	90 mm	91 mm

Fußhöhe:	84 mm	86 mm	85 mm	82 mm	83 mm	82 mm
	85 mm	85 mm	85 mm	83 mm	82 mm	82 mm
	86 mm	86 mm	85 mm	84 mm	82 mm	83 mm
Volumen:	860 ml	910 ml	950 ml	840 ml	900 ml	940 ml

Tabelle V.1: Messbogen Pat. 3 mit drei Messungen pro Termin  
(Ausnahme bei Volumen)

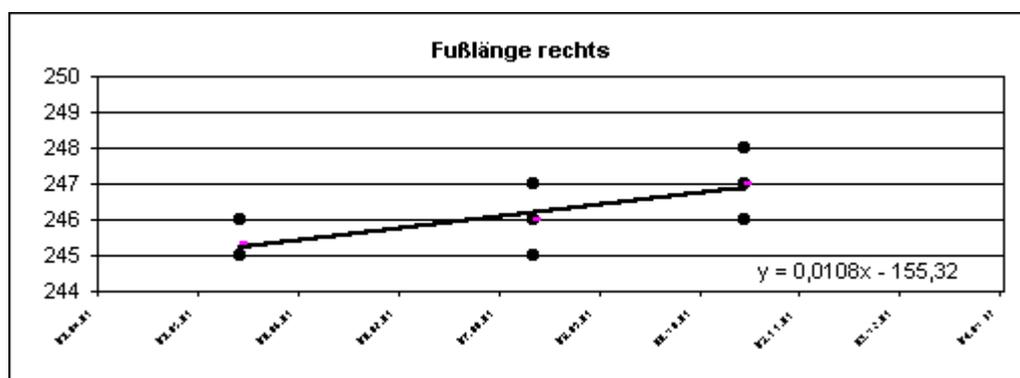


Diagramm V.1: Fußlänge rechter Fuß

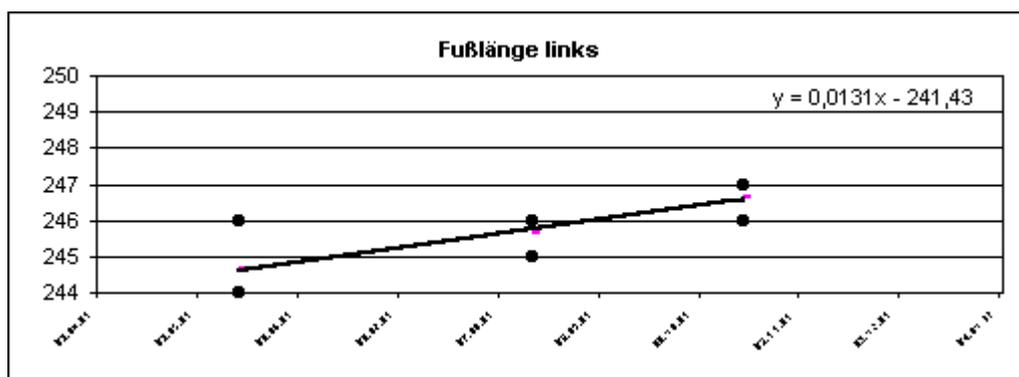


Diagramm V.2: Fußlänge linker Fuß

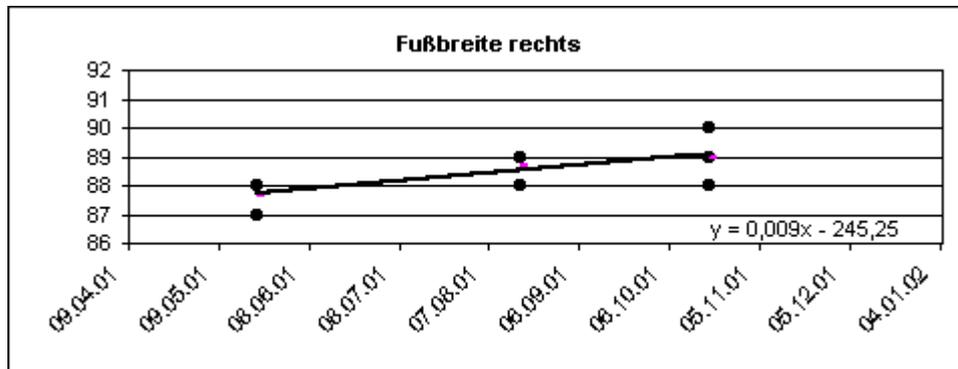


Diagramm V.3: Fußbreite rechter Fuß

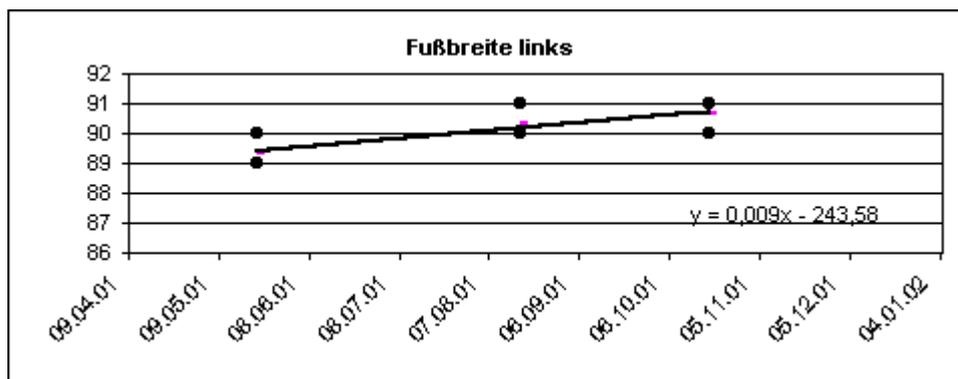


Diagramm V.4: Fußbreite linker Fuß

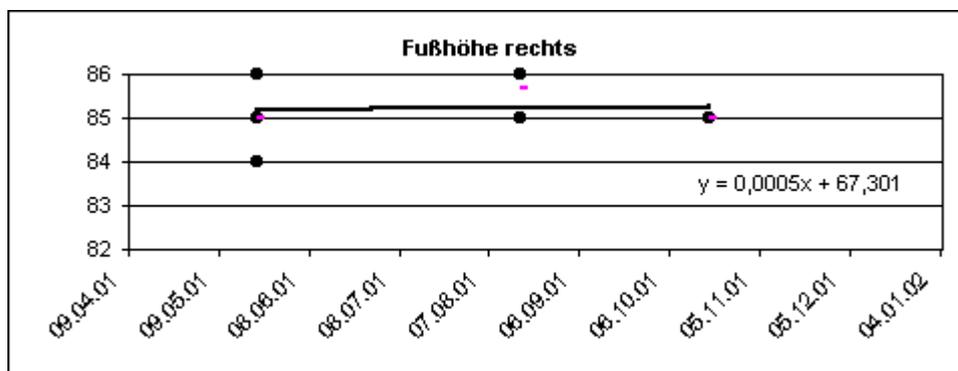


Diagramm V.5: Fußhöhe rechter Fuß

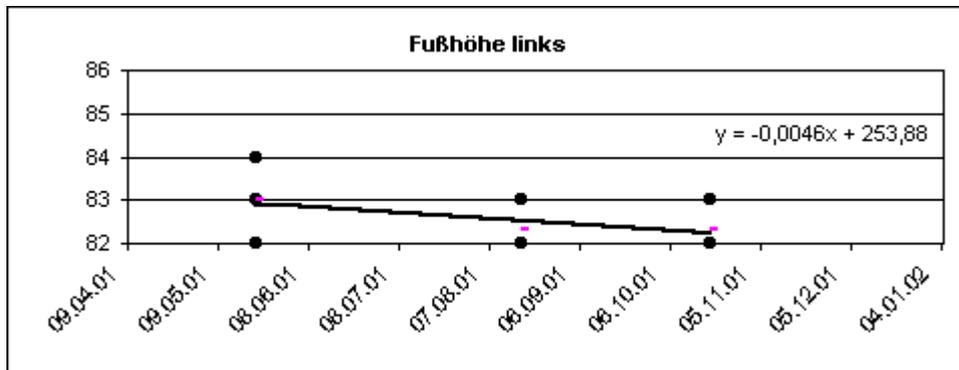


Diagramm V.6: Fußhöhe linker Fuß

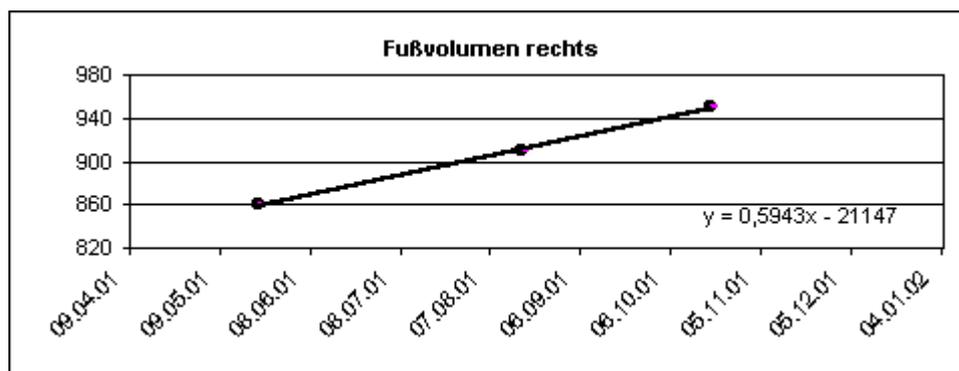


Diagramm V.7: Fußvolumen rechter Fuß

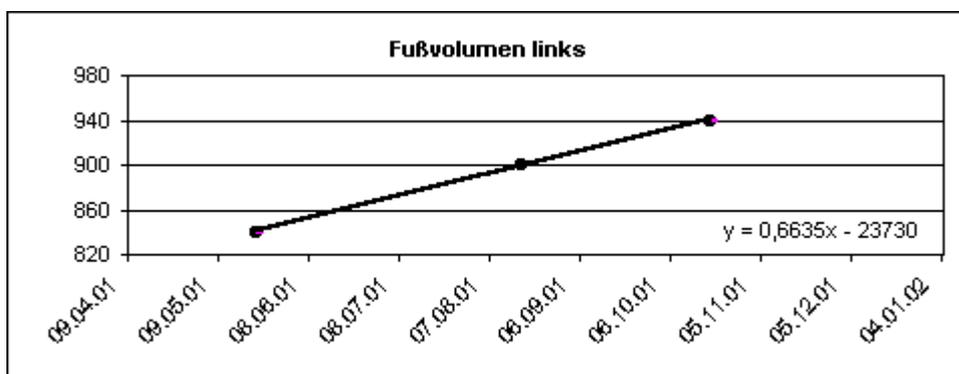


Diagramm V.8: Fußvolumen linker Fuß

Bei der Probandin 3 wurden in der ersten Untersuchungssitzung am 21.05.2001 für die Fußlänge des rechten Fußes die Messwerte 245 Millimeter, 245 Millimeter und 246 Millimeter gemessen. Nach der Formel für das arithmetische Mittel  $x = 1/n (x_1 + x_2 + \dots + x_n) = 1/n \sum_{i=1}^n x_i$  ergibt sich gerundet der Wert 245,3, also der Mittelwert. Am 17.08.2001 in der zweiten Untersuchungssitzung wurden die Werte 246 Millimeter, 245 Millimeter und 247 Millimeter gemessen. Nach oben genannter Formel ergibt sich ein Mittelwert von 246,0. Am 19.10.2001 schließlich wurden die Messwerte 246 Millimeter, 248 Millimeter und 247 Millimeter festgestellt. Hierbei ergibt sich ein Mittelwert von 247,0 Millimeter. Diese neun Messwerte wurden zur besseren Veranschaulichung in ein Punktdiagramm eingegeben und eine Ausgleichsgrade errechnet. Da mehrere Messpunkte zusammenfallen können, sind nicht immer drei Messpunkte sichtbar. Die Mittelwerte in den Diagrammen sind durch ein rotes Minus (-) gekennzeichnet. Genauso wurde mit den Werten für den linken Fuß verfahren und danach auch mit den Messwerten für die Fußbreite, Fußhöhe und das Fußvolumen. Es zeigt sich hier für die Probandin 3 eine Veränderung der Fußlänge rechts über den untersuchten Zeitraum von 245,3 Millimeter zu 247,0 Millimeter, also ein Anstieg von 1,7 Millimeter. Anders ausgedrückt entspricht diese Längenzunahme ungefähr einer viertel Schuhgröße. Wie aus der Tabelle und dem entsprechenden Diagramm zu ersehen ist, ist die Fußlängenveränderung des linken Fußes über den beobachteten Zeitraum noch eindrucksvoller. Hierbei beobachteten wir einen Längenzuwachs von ca. 2,0 Millimeter, von 244,7 auf 246,7 Millimeter, welches sogar ungefähr einer drittel Schuhgröße entspricht. Bei der Fußbreite ergaben sich in der ersten Messreihe der Mittelwert 87,7 Millimeter für den

rechten Fuß, bei der zweiten Messreihe 88,7 Millimeter und in der dritten Messreihe 89,0 Millimeter. Bei dem linken Fuß ergaben sich die Mittelwerte 89,3, 90,3 und 90,7 Millimeter. Also bei der Fußbreite rechts eine Breitenzunahme von 1,3 Millimeter und links eine Breitenzunahme von 1,4 Millimeter. Die Messungen der Fußhöhe rechts ergaben als arithmetisches Mittel 85,0, 85,7 und 85,0 Millimeter und für den linken Fuß 83,0, 82,3 und 82,3 Millimeter. Die negative Differenz von 0,7 Millimeter für den linken Fuß beschreibt eine Abnahme der Fußhöhe. Die Höhe des rechten Fußes blieb trotz einer Zwischenspitze auf die Gesamtuntersuchung betrachtet konstant. Das Fußvolumen der Probandin 3 wurde am ersten Messtermin mit 860 Milliliter für den rechten Fuß und 840 Milliliter für den linken Fuß gemessen. Am zweiten Messtermin wurden die Werte 910 ml und 900 ml festgestellt und beim dritten Termin 950 ml und 940 ml.

## **V.2 Auswertung der Messergebnisse**

Nach der Erfassung der gesamten Daten wurden die Werte der einzelnen Probandinnen miteinander verglichen und in Abhängigkeit vom Schwangerschaftsabschnitt (SS-Abschnitt) in Beziehung gebracht. Die Veränderungen werden einmal absolut in Millimetern und zum zweiten in Prozent angegeben. Dieses verdeutlicht Tabelle V.2. Es handelt sich auch bei diesen Zahlen wieder um Werte, die nach dem Arithmetischen Mittel errechnet und auf zwei Stellen nach dem Komma gerundet wurden. Werte, die sich vergrößert haben, wo also der Fuß sich vergrößert hat, wurden mit positivem Vorzeichen angegeben und Werte, die sich

verkleinert haben, das Fußgewölbe sich folglich abgeflacht hat, wurden mit negativem Vorzeichen versehen.

	SS-Abschnitt	Größe im Ø	Abweichung im Ø		Veränderung im Ø	Veränderung Ø in %
Fußlänge rechts	1. Trimenon	245,27 mm	1,05 mm	1.T-2.T	" + 0,94 mm	" + 0,38 %
	2. Trimenon	246,21 mm	1,00 mm	2.T-3.T	" + 0,99 mm	" + 0,40 %
	3. Trimenon	247,20 mm	0,98 mm	1.T-3.T	" + 1,92 mm	" + 0,78 %
Fußlänge links	1. Trimenon	246,37 mm	0,91 mm	1.T-2.T	" + 0,83 mm	" + 0,34 %
	2. Trimenon	247,20 mm	1,06 mm	2.T-3.T	" + 0,82 mm	" + 0,33 %
	3. Trimenon	248,02 mm	1,00 mm	1.T-3.T	" + 1,65 mm	" + 0,67 %
Fußbreite rechts	1. Trimenon	91,80 mm	1,24 mm	1.T-2.T	" + 1,33 mm	" + 1,45 %
	2. Trimenon	93,13 mm	1,08 mm	2.T-3.T	" + 0,87 mm	" + 0,93 %
	3. Trimenon	94,00 mm	1,12 mm	1.T-3.T	" + 2,20 mm	" + 2,39 %
Fußbreite links	1. Trimenon	91,43 mm	1,08 mm	1.T-2.T	" + 0,45 mm	" + 0,49 %
	2. Trimenon	91,88 mm	1,03 mm	2.T-3.T	" + 1,23 mm	" + 1,34 %
	3. Trimenon	93,11 mm	1,08 mm	1.T-3.T	" + 1,68 mm	" + 1,84 %
Fußhöhe rechts	1. Trimenon	82,41 mm	1,10 mm	1.T-2.T	" - 0,14 mm	" - 0,17 %
	2. Trimenon	82,28 mm	0,72 mm	2.T-3.T	" - 0,13 mm	" - 0,16 %
	3. Trimenon	82,15 mm	1,22 mm	1.T-3.T	" - 0,26 mm	" - 0,32 %
Fußhöhe links	1. Trimenon	81,62 mm	1,03 mm	1.T-2.T	" - 0,12 mm	" - 0,15 %
	2. Trimenon	81,50 mm	0,86 mm	2.T-3.T	" + 0,21 mm	" + 0,26 %
	3. Trimenon	81,71 mm	0,96 mm	1.T-3.T	" + 0,09 mm	" + 0,11 %
Fußvolumen rechts	1. Trimenon	908,88 ml		1.T-2.T	" + 32,37 ml	" + 3,56 %
	2. Trimenon	941,25 ml		2.T-3.T	" + 53,00 ml	" + 5,63 %
	3. Trimenon	994,25 ml		1.T-3.T	" + 85,37 ml	" + 9,39 %
Fußvolumen links	1. Trimenon	905,50 ml		1.T-2.T	" + 34,25 ml	" + 3,78 %
	2. Trimenon	939,75 ml		2.T-3.T	" + 51,25 ml	" + 5,45 %
	3. Trimenon	991,00 ml		1.T-3.T	" + 85,50 ml	" + 9,44 %

Tabelle V.2: Mittelwerte (für n=40)

Die durchschnittliche Fußlänge des rechten Fußes der 40 untersuchten Probandinnen betrug zum ersten Messtermin im ersten Trimenon der Schwangerschaft 245,27 mm, beim zweiten Messtermin im zweiten Trimenon 246,21 mm und beim letzten Messtermin im dritten Trimenon 247,20 mm. Hierbei ist eine durchschnittliche Längenzunahme von 0,94 mm vom ersten zum zweiten Untersuchungstermin und von 0,99 mm vom zweiten zum dritten Untersuchungstermin festzustellen gewesen. Damit ergibt sich eine gesamte durchschnittliche Längenzunahme für den rechten Fuß von 1,92 mm auf den untersuchten Zeitraum. Rechnet man die soeben genannten Längenveränderungen für den rechten Fuß um in Prozent auf den Ausgangswert des ersten Untersuchungstermins, so ergibt sich für den Zeitraum vom ersten zum zweiten Trimenon eine Längenzunahme von 0,38 %. Für die zweite Hälfte der Schwangerschaft, also vom zweiten Trimenon bis zum dritten Trimenon ergeben sich als Längenzunahme 0,40 %. Somit erhält man für den untersuchten Zeitraum eine Längenzunahme von 0,78 % auf den Ausgangswert.

Bei gleicher Vorgehensweise für den linken Fuß ergaben sich die Fußlängen 246,37 mm, 247,20 mm und 248,02 mm. Daraus resultiert eine Längenzunahme von 0,83 mm oder 0,34 % vom ersten zum zweiten Untersuchungstermin und eine Längenzunahme von 0,82 mm oder 0,33 % vom zweiten zum dritten Messtermin. Zusammengerechnet ergibt sich folglich eine Längenzunahme für den linken Fuß auf den untersuchten Zeitraum von 1,65 mm oder 0,67 %. Die Asymmetrie welche schon 1943 von *Wartenweiler* [35] berichtet wurde (der Autor nennt es allerdings „Assymmetrieverhältnis“, ein Begriff, der mathematisch anders belegt ist) konnte zwischen dem linken und rechten Fuß bestätigt werden. Der

linke Fuß ist im Mittel bis zu 1 Millimeter länger, als der rechte. Die individuellen Unterschiede können jedoch deutlich variieren und auch größer ausfallen.

Bei der Breite des rechten Fußes ergeben sich beim Mittelwert der 40 Probandinnen die Werte 91,80 mm für den ersten Untersuchungstermin, 93,13 mm für den zweiten und 94,00 mm für den dritten Untersuchungstermin. Somit beträgt die durchschnittliche Breitenzunahme für den rechten Fuß vom ersten zum zweiten Trimenon 1,33 mm oder 1,45 % und für den Bereich vom zweiten zum dritten Trimenon 0,87 mm oder 0,93 %. Diese Werte zur Addition gebracht erhält man für den Untersuchungszeitraum 2,20 mm oder 2,39 %, was einen größeren Wert, sowohl prozentual als auch absolut, ausmacht, als in der Längenveränderung gemessen wurde. Das bedeutet, dass die Breite des Fußes stärker ansteigt, als die Länge des Fußes. Zu den Hintergründen im Bezug auf die Anatomie des Fußgewölbes wird an anderer Stelle noch eingegangen.

Ebenso verhält es sich mit den Veränderungen des linken Fußes. Hier errechnen sich, wie in Tabelle V.2 zu ersehen, die Werte 91,43 mm für den ersten Messzyklus, 91,88 mm für den zweiten und 93,11 mm für den dritten. Die Differenzen betragen 0,45 mm oder 0,49 % für den ersten Abschnitt und 1,23 mm oder 1,34 % für den zweiten Abschnitt des Untersuchungszeitraums, womit man als Gesamtveränderung in der Breite des linken Fußes 1,68 mm oder 1,84 % auf den untersuchten Zeitraum erhält. Die durchschnittliche Fußhöhe zu Beginn der Messreihen betrug für den rechten Fuß 82,41 mm, beim zweiten Messtermin 82,28 mm und beim dritten Messtermin im dritten Trimenon 82,15 mm. Damit nahm die Fußhöhe im Schnitt um 0,14 mm oder 0,17 %

im ersten Messintervall und um 0,13 mm oder 0,16 % im zweiten Messintervall ab. Für den linken Fuß zeigte sich diese Entwicklung mit 81,62 mm, 81,50 mm und 81,71 mm nur eingeschränkt. Jedoch ist auch hier eine Abnahme der Höhe im ersten Messintervall von 0,12 mm oder 0,15 % zu verzeichnen.

Am eindruckvollsten veränderte sich sicherlich das Fußvolumen, da hierbei die Wertveränderung aller drei Dimensionen berücksichtigt wird. Das Fußvolumen des rechten Fußes der 40 untersuchten schwangeren Frauen stieg im Untersuchungszeitraum von 908,88 ml über 941,25 ml auf 994,25 ml, was eine Zunahme von 85,37 ml oder 9,39 % ausmacht. Bei der Betrachtung der linken Extremität erhält man mit den Werten 905,50 ml, 939,75 ml und 991,00 ml eine Volumenzunahme von 85,50 ml oder 9,44 %, die also mit der des rechten Fußes nahezu identisch ist.

In der Tabelle V.3 wurden die Mittelwerte des linken und rechten Fußes kombiniert. Hierbei ist zu ersehen, dass sowohl die Fußlänge als auch die Fußbreite ca. 1 mm pro Untersuchungsabschnitt zunimmt (vergleiche auch Tabelle V.2). Die Fußhöhe nimmt geringfügig ab. Das Fußvolumen nimmt stark zu. Dies macht noch einmal deutlich, dass auch das Weichgewebe in der Schwangerschaft massiv an Volumen zunimmt.

	Fußlänge in Millimeter	Fußbreite in Millimeter	Fußhöhe in Millimeter	Volumen in Milliliter
1. Trimenon n = 40	245,82 ± 0,98	91,62 ± 1,16	82,02 ± 1,07	907,19
2. Trimenon n = 40	246,71 ± 1,03	92,51 ± 1,05	81,89 ± 0,79	940,5
3. Trimenon n = 40	247,61 ± 0,99	93,56 ± 1,10	81,93 ± 1,09	992,63

Tabelle V.3: Mittelwerte für n=40 (mit Standardabweichung)

Die Daten der Tabelle V.3 werden in den Diagrammen V.9 bis V.12 noch einmal veranschaulicht.

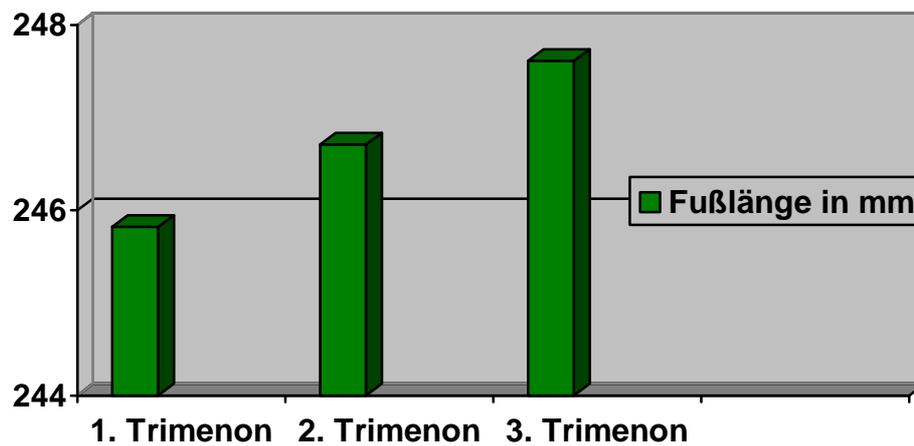


Diagramm V.9: Die Fußlänge in Millimeter (n=40)

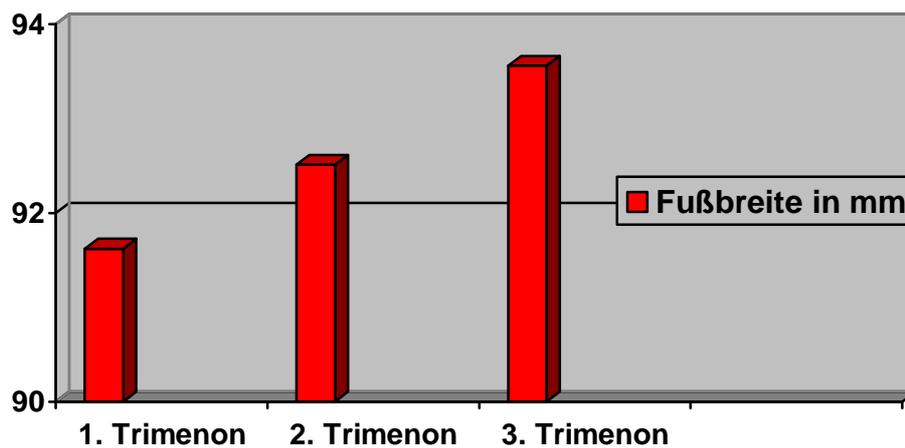


Diagramm V.10: Die Fußbreite in Millimeter (n=40)

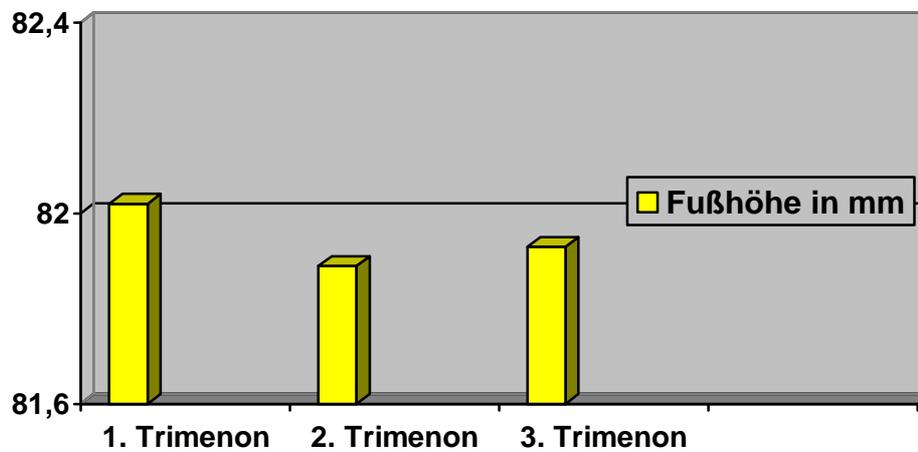


Diagramm V.11: Die Fußhöhe in Millimeter (n=40)

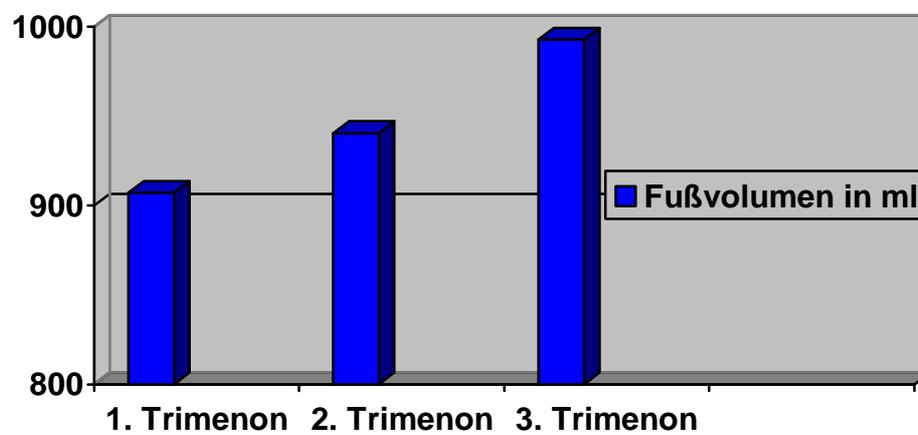


Diagramm V.12: Das Fußvolumen in Milliliter (n=40)

In der Tabelle V.4 werden die absoluten Größenveränderungen der Tabelle V.3 dargestellt. Auch in dieser Tabelle kann noch einmal deutlich

ersehen werden, dass die Größenzunahmen von Länge und Breite in ähnlichen Dimensionen verlaufen, wobei die Bezugsgröße der Fußlänge im Ausgangswert natürlich immer größer ist als die der Fußbreite. Somit nimmt die Fußbreite im Verhältnis zur Fußlänge stärker zu.

	Fußlänge Veränderung in Millimeter	Fußbreite Veränderung in Millimeter	Fußhöhe Veränderung in Millimeter	Volumen Veränderung in Milliliter
1. - 2. Trimenon	+ 0,89	+ 0,89	- 0,13	+ 33,31
2. - 3. Trimenon	+ 0,90	+ 1,05	+ 0,04	+ 52,13
1. - 3. Trimenon	+ 1,79	+ 1,94	- 0,09	+ 85,44

Tabelle V.4: Durchschnittliche Dimensionsänderung (für n=40)

### V.3 Statistik

Die Messergebnisse wurden statistisch untersucht, um eine Aussage bezüglich der Signifikanz zu machen. Dazu wurden die Ergebnisse mit freundlicher Unterstützung des Instituts für medizinische Informatik und Biomathematik der Westf. Wilhelms- Universität Münster anhand des Wilcoxon-Tests ausgewertet. Die Rechenleistungen wurden mit dem Statistikprogramm SPSS ausgeführt [24], welches in den meisten aktuellen Arbeiten seine Anwendung findet. Zu den eingangs erklärten Zielen dieser Studie muss an dieser Stelle noch hinzugefügt werden, dass auch versucht werden sollte eine möglichst geringe Standardabweichung bei den Messungen zu erzielen, um die Signifikanz und die Aussagekraft der Ergebnisse zu erhöhen.

Damit eine Größenänderung, also eine Abweichung von der Prüfhypothese, als eindeutig signifikant anerkannt werden kann muss die asymptotische Signifikanz einen Wert von  $p < 0,05$  aufweisen.

Wilcoxon - Test	P-Wert	Signifikanz
Fußlänge rechts	0,000	Signifikant
links	0,001	Signifikant
Fußbreite rechts	0,000	Signifikant
links	0,001	Signifikant
Fußhöhe rechts	0,753	nicht Signifikant
links	0,684	nicht Signifikant
Fußvolumen rechts	0,000	Signifikant
links	0,000	Signifikant

Tabelle V.5: Wilcoxontest und Signifikanzprüfung

Wie in der Tabelle V.5 zu ersehen ist dies bei den Werten der Fußlänge, der Fußbreite und dem Fußvolumen eindeutig der Fall. Somit kann bei diesen Werten von einer statistisch signifikanten Dimensionsänderung ausgegangen werden. Lediglich bei den Werten der Fußhöhe sind die Veränderungen zu klein um als signifikant zu gelten bzw. haben sich nur bei ca. der Hälfte der Probandinnen als signifikant gezeigt.

## VI. Diskussion

Bei der Sichtung der Literatur ist festzustellen, dass empirische Studien zur Dimensionsänderung der Füße von Schwangeren international selten entstanden sind. Zur Einordnung der ermittelten Ergebnisse kann beinahe ausschließlich die Arbeit von *R. Alvarez* [1] von der University of Vermont College of Medicine herangezogen werden. In der klinischen Studie aus dem Jahre 1988 von *Alvarez et. al.* wird von der Beobachtung von 17 schwangeren Frauen zwischen der 13. Schwangerschaftswoche und acht Wochen nach der Geburt berichtet. Zwölf dieser Frauen wurden auch in der 35. Schwangerschaftswoche untersucht. Wo es sinnvoll erscheint, werden die Ergebnisse mit denen der vorliegenden Studie in Beziehung gebracht. *Alvarez* maß eine durchschnittliche Zunahme der Fußlänge von 0,75 mm zwischen der 13. und 35. Schwangerschaftswoche. Bei den Frauen, die *Alvarez* bis zum Zeitpunkt acht Wochen nach der Geburt beobachtete, wurde eine Längenzunahme von 0,24 mm gemessen. Bei der Fußbreite verzeichnet die Arbeit eine Abnahme um 0,20 mm auf den Zeitraum 13. bis 35. Schwangerschaftswoche, eine Zunahme von 0,30 mm zwischen der 35. Woche und acht Wochen nach der Geburt und eine Vergrößerung in der Breite um 0,21 mm auf das Messintervall von 13. Schwangerschaftswoche bis acht Wochen nach der Geburt. Bei den Messwerten der Fußlänge und -breite gibt *Alvarez* eine Standardabweichung an, die seine Ergebnisse, wie von dem Autor angemerkt, als nicht signifikant ausweisen. Die Volumensteigerung jedoch wird mit durchschnittlich 57,2 ml angegeben. Acht Wochen nach der Geburt waren die Länge und die Breite der von *Alvarez* untersuchten

Frauenfüße nahezu auf den zu Beginn der Messungen erhaltenen Wert „zurückgeschrumpft“, wobei das Volumen nur um durchschnittlich 8,4 ml (nicht signifikant) im Vergleich zur 35. Schwangerschaftswoche zurückging, und sich somit ein verbleibendes zusätzliches Volumen im Vergleich zur 13. Schwangerschaftswoche von 48,8 ml errechnet. Dies bedeutet, dass die von *Alvarez* untersuchten Frauen zum Zeitpunkt der 35. Schwangerschaftswoche einen durchschnittlichen Volumenanstieg jedes Fußes von 8,53% und acht Wochen nach der Geburt immer noch von 7,28% aufweisen.

In der vorliegenden klinischen Studie wurde versucht die Untersuchung an einem größeren Probandinnenkollektiv von 40 Frauen in Europa im Gegensatz zur amerikanischen Studie zu überprüfen. Es wurde versucht den Messaufbau durch das Erstellen eines Messgerätes nach dem Vorbild des internationalen Fußmessgerätes und des WMS Fußmessgerätes zu standardisieren und eine Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu vereinfachen. Auch sollte die Hinzunahme der Messgröße Fußhöhe eine weitere Information in Bezug auf das Fußgewölbe erbringen und dem Fuß als dreidimensionalem Körper auch in Betrachtung des Wertes Fußvolumen Rechnung tragen.

Die gemessene Fußlänge der 40 Probandinnen beträgt bei der ersten Messung im Mittel 245,27 mm für den rechten Fuß, und 246,37 mm für den linken Fuß. Das Asymmetrieverhältnis zwischen dem linken und rechten Fuß, welches schon 1943 von *Wartenweiler* [23,27,35] berichtet wurde, konnte bestätigt werden. Der linke Fuß ist im Mittel bis zu 1 Millimeter länger, als der rechte. Die individuellen Unterschiede können jedoch deutlich variieren und auch größer ausfallen. Auch bei den

Messungen im zweiten und dritten Trimenon ergab sich dieses Asymmetrieverhältnis mit 246,21 mm bzw. 247,20 mm (re. bzw. li.) und 247,20 mm bzw. 248,02 mm (re. bzw. li.). Die Fußlänge des rechten Fußes nimmt bei den 40 Probandinnen im Untersuchungszeitraum folglich um durchschnittlich 1,92 mm und beim linken Fuß um durchschnittlich 1,65 mm zu.

Hierbei ist anzumerken, dass der erste Messtermin aus nachvollziehbaren Gründen nicht zum Beginn der Gravidität erfolgen konnte, da die Probandinnen erst mit einer nachgewiesenen Schwangerschaft in unsere Studie aufgenommen wurden. Auch wurde der letzte Messtermin nicht unmittelbar vor der Geburt, sondern in der Regel ca. im mittleren dritten Trimenon vorgenommen. Aus diesen Gründen kann angenommen werden, dass eine gemessene Größenveränderung, auf die gesamte Schwangerschaft bezogen, von einem größeren Ausmaß sein dürfte, als an dieser Stelle angegeben wird.

Die gemessene Fußbreite der 40 Probandinnen beträgt bei der ersten Messung im Mittel 91,80 mm für den rechten Fuß, und 91,43 mm für den linken Fuß. Das Asymmetrieverhältnis, wie schon von *Wartenweiler* beschrieben, bestätigt sich auch hier wiederum, insofern, dass die Vorfußbreite bei weiblichen Probandinnen am rechten Fuß größer ist als am linken, im Gegensatz zu männlichen Probanden.

Auch bei den Messungen im zweiten und dritten Trimenon ergab sich dieses Asymmetrieverhältnis mit 93,13 mm bzw. 91,88 mm (re. bzw. li.) und 94,00 mm bzw. 93,11 mm (re. bzw. li.). Die Fußbreite des rechten Fußes nimmt bei den 40 Probandinnen im Untersuchungszeitraum folglich um durchschnittlich 2,20 mm und beim linken Fuß um durchschnittlich 1,68 mm zu.

Die Fußhöhe hingegen, welche von *Alvarez et. al.* nicht untersucht worden war, verändert sich nur minimal bis nicht signifikant. Wir erhielten Mittelwerte von 82,41 mm, 82,28 mm und 82,15 mm für den rechten Fuß, und 81,62 mm, 81,50 mm und 81,71 mm für den linken Fuß. Somit reduzierte sich die Fußhöhe beim rechten Fuß im Mittel um 0,26 mm und blieb beim linken Fuß mit + 0,09 mm nahezu konstant. Rechter und linker Fuß zusammengerechnet und gemittelt ergibt ein absinken um 0,09 mm, wie in der Tabelle VI.1 zu ersehen. Im Gegensatz zu unserer ursprünglichen Annahme, nämlich dass eine Dimensionsänderung der Füße der schwangeren Probandinnen nicht beobachtet werden kann, scheint es sich so zu verhalten, dass die Höhe die Tendenz aufweist abzunehmen, während die übrigen Dimensionen zunehmen.

	Alvarez et al.	Eigene Untersuchung
Fußlänge	+ 0,75 mm	+ 1,79 mm
Fußbreite	+ 0,30 mm	+ 1,94 mm
Fußhöhe	/	- 0,09 mm
Fußvolumen	+ 57,2 ml	+ 85,44 ml
Probandenzahl	12	40

Tabelle VI.1: Ergebnisvergleich der Alvarez-Studie mit d. eigenen Ergebnissen

Zu der Volumenmessung muss mit Blick auf die Fußhöhenentwicklung angeführt werden, dass ein Absinken der Fußhöhe einen größeren Teil des Fußes/ des Beins in das Messbecken eintauchen lässt. Hierdurch lässt

sich ein Faktor für die Volumenzunahme identifizieren. Bei der Betrachtung des Fußvolumens ergab sich mit 85,44 ml eine größere Zunahme als in der Studie von *Alvarez* mit 57,2 ml. Dies könnte unter anderem damit zusammenhängen, dass von uns keine Einschränkung der Probandinnen bezüglich des Körpergewichts vorgenommen worden war, während bei *Alvarez* lediglich eine Streuung von  $\pm 20\%$  des städtischen Standardwertes [7] zugelassen worden war. Im Unterschied zu *Alvarez* kommen wir jedoch bei der Betrachtung der Fußlänge und der Fußbreite sehr wohl zu einer signifikanten Veränderung. Diese Werte nehmen nämlich mit durchschnittlich 1,79 mm für die Fußlänge und 1,94 mm für die Fußbreite über den betrachteten Zeitraum der Schwangerschaft deutlich messbar zu. Eine weitere Asymmetrie, wie schon von *Wartenweiler* [35] beschrieben, bestätigt sich auch hier wiederum, insofern, dass die Vorfußbreite bei weiblichen Probandinnen (im Gegensatz zu männlichen [35]) am rechten Fuß größer ist.

Umso erstaunlicher als diese Ergebnisse ist jedoch, dass die Fußbreite sowohl prozentual als auch absolut mehr anstieg als die Fußlänge. Dies lässt bei der Größenzunahme der Füße der Schwangeren eine Tendenzentwicklung zum Spreizfuß erkennen. Diese Erkenntnis müsste allerdings noch am Knochen- und Gelenkgerüst, beispielsweise mit bildgebenden Verfahren wie der Sonographie, überprüft werden, auch um die Ursache der Fußbreiten- und Fußlängenzunahme besser differenzieren zu können. Denn immer noch können wir nicht beantworten, ob die gemessene Entwicklung eher auf einer Weichgewebezunahme oder einer Erschlaffung der Ligamente durch Hormone wie beispielsweise dem Relaxin und der damit verbundenen Spreizung der Fußgelenke und des Fußgewölbes basiert, oder einer

Kopplung dieser Faktoren. Jedenfalls scheint das Hormon Relaxin zur Beckenvorbereitung für die Geburt beizutragen, mit einer Remodulierungswirkung auf Kollagen und Wirkung auch in peripheren Gelenken [33]. Eine Reihenuntersuchung der schwangeren Frauen mittels radiologischer Untersuchungsmethoden schließt sich schon aufgrund der schädigenden Wirkung auf den Embryo oder Fötus aus.

Die Beobachtung, dass während der Entwicklung des Mädchens eine Korrelation zwischen der jährlichen [32] Längenzunahme der Füße und der Beckenbreite besteht, könnte auch für zukünftige Studien einen Anlass bieten, ist doch die Umbildung des Beckens eine der Hauptvorbereitungen auf die Geburt. Denn wenn es so ist, dass im Kindesalter, und da im besonderen bei den Mädchen [32] eine Parallelität zwischen der Beckenbreitenentwicklung und der Fußlänge beobachtet wird [32], so könnte auch bei der erwachsenen schwangeren Frau ein Zusammenhang dieser beiden Körpermaße vermutet werden.

Werden diese Ergebnisse entsprechend beachtet, so könnten neben den Orthopäden auch Beratungen für Schwangere diese Informationen weitergeben, sodass die Frauen schon zu Beginn ihrer Schwangerschaft darüber aufgeklärt werden, dass es wahrscheinlich ist, dass sie in wenigen Monaten größere Schuhe benötigen. Hierdurch könnte eine weitere Belastung (schmerzende Füße) durch die Schwangerschaft reduziert werden. Aufgrund von Nervschädigung und / oder Durchblutungsstörungen können Diabetiker beim „Diabetischen Fuß“ teilweise nicht mehr spüren, ob ein Schuh passend ist, oder zu eng ist. Die auf solche Art vorerkrankten Frauen, die ohnehin schon in eine Risikoschwangerschaft eingeteilt werden, können für dieses Thema zu Beginn der Schwangerschaft sensibilisiert werden, auf das durch die

wachsenden Füße nicht zusätzliche Durchblutungsstörungen bis hin zu Dekubiti oder Thrombosen entstehen. Und selbst ein Denkanstoß für die Industrie wie beispielsweise der „mitwachsende Schwangerschaftsschuh“ oder „elastische größenübergreifende Schwangerschaftssocken“ wären denkbar.

## **VII. Zusammenfassung**

Diese Arbeit möchte die Dimensionsänderungen untersuchen und beschreiben, welche die Füße von schwangeren Frauen während dieser neun Monate erfahren. Für die Unterstützung der Relevanz einer solchen Studie wurden junge Mütter in Münsteraner Kindergärten zunächst auf ihre Erfahrungen bezüglich größerer Füße / Schuhgröße während ihrer Schwangerschaft befragt. Hierbei ergab sich eine eindrucksvolle Tendenz, welche den Anlass gab, eine Untersuchungsmethode und Messgeräte zu entwickeln, um folgende Fragen zu beantworten:

1. Verändert sich die Länge der Füße (signifikant) während der Schwangerschaft
2. Verändert sich die Breite der Füße (signifikant) während der Schwangerschaft
3. Verändert sich die Höhe der Füße (signifikant) während der Schwangerschaft
4. Verändert sich das Volumen der Füße (signifikant) während der Schwangerschaft

Die klinisch-physikalischen Messungen wurden in der Risikoschwangeren-Sprechstunde der Uni-Klinik Münster und in einer Gynäkologischen Praxis in Mönchengladbach durchgeführt. Es wurden insgesamt 40 Frauen über die Schwangerschaft begleitet, wobei die Untersuchungen im ersten, zweiten und dritten Trimenon vorgenommen wurden.

Für die Maße der Fußlänge ergab sich eine signifikante Zunahme für den rechten und linken Fuß über den Untersuchungszeitraum.

Die Fußbreite nahm ebenfalls sehr eindrucksvoll und hochsignifikant für beide Füße zu.

Die Fußhöhe sank unwesentlich bis nicht signifikant ab.

Das Fußvolumen nahm sehr deutlich und hochsignifikant über die untersuchten Monate zu.

Die Untersuchungsergebnisse wurden statistisch durch das Institut für medizinische Informatik und Biomathematik der Westf. Wilhelms-Universität Münster abgesichert.

## VIII. Literaturverzeichnis

1. Alvarez, R., Stokes, I. A. F., Asprinio, D. E., Trivino, S., and Braun, T.: Dimensional Changes of the Feet in Pregnancy; The Journal of Bone and Joint Surgery, 1988
2. Anderson, M., Blois, M., Green, W. T.: Growth of the normal Foot during Childhood, Am. J. Phys. Anthrop. 14, 1958
3. Anderson, R. R.: Relaxin. New York, Plenum, 1982
4. Anthropometry Research Project: NASA Anthropometric Source Book. Vol. 2, A Handbook of Anthropometric Data. Reference Publication 1024, p. 291. Houston, Texas, National Aeronautics and Space Administration, 1978.
5. Appleton, A. B., Postural Deformity and Bone Growth, Lancet 1, 1934
6. Bateman, J. E.: Foot Science, W. B. Saunders Company Philadelphia, 1976
7. Beeson, P. B.; McDermont, Walsh; and Wyngaarden, J. B.: Cecil Textbook of Medicine. Ed. 15, p. 1692. Philadelphia, W. B. Saunders, 1979.
8. Bird, A., Menz, H. u. Hyde, C.; The effect of pregnancy on footprint parameters. A prospective investigation. Am. Podiatr. Med. Assoc. 1999
9. Bird, H. A.; Calguneri, M.; and Wright, V.: Changes in Joint Laxity Occuring during Pregnancy [abstract]. Ann. Rheumat. Dis., 40: 209, 1981.
10. Chesley, L. C.: Weight Changes and Water Balance in Normal and Toxic Pregnancy. Am. J. Obstet. And Gynec., 48: 565-593, 1944.

11. Davenport, C. B.: The Growth of the Human Foot, *Am. J. Phys. Anthropol.* 17, 1932
12. Debrunner, H. U.: Wachstum und Entwicklung des Fusses beim Jugendlichen, F. Enke Verlag 1965
13. Debrunner, H. U.: Orthopädisches Diagnostikum, Thieme Verlag Stuttgart 1973
14. Dennis, K. J., and Bytheway, W. R.: Changes in Body Weight after Delivery. *J. Obstet. and Gynec. British Commonwealth*, 72: 94-102, 1965.
15. Eveleth, P. B.: Differences between Populations in Body Shape of Children and Adolescents, *Am. J. Phys. Anthropol.* 49, 1978
16. Hisaw, F. L.: Experimental Relaxation of the Pubic Ligament of the Guinea Pig. *Proc. Soc. Exper. Biol. And Med.*, 23: 661-663, 1926.
17. Hohmann, G.: Fuss und Bein, Bergmann München 1951
18. Hytten, F. E., and Chamberlain, Geoffrey: *Clinical Physiology in Obstetrics*, pp. 193-233. Oxford, Blackwell Scientific, 1980.
19. Jones, B. S.: Flat Foot, *J. Bone Joint Surg.* 57-B, 1975
20. Klenermann, L.: *The Foot*, Blackwell S. P. Oxford London 1976
21. Mann, R. A., and Thompson, F. M.: Rupture of the Posterior Tibial Tendon Causing Flat Foot. Surgical Treatment. *J. Bone and Joint Surg.*, 67-A: 556-561, April 1985.
22. Martin, R., Saller, K.: *Lehrbuch der Anthropologie*, Fischer Verlag Stuttgart 1962
23. Morton, D. J.; zit. nach Wartenweiler, G.; Wachstum und Formgestaltung des menschlichen Fusses, *Arch. Jo. Klaus Stiftung* 18, 1943

24. Nei, N. H. et al; SPSS-Statistical Package for the Social Sciences, Mc Graw Hill, New York 1975
25. Netter, F. H.; Netters Orthopädie, Thieme, 2001
26. Niethard, F. U., Orthopädie, Hippokrates Verlag, 1997
27. Niggli zit. nach Wartenweiler, G.; Wachstum und Formgestaltung des menschlichen Fusses, Arch. Jo. Klaus Stiftung 18, 1943
28. Pritchard, J. A.; MacDonald, P. C.; and Gant, N. F.: Williams Obstetrics. Ed. 17, p. 189. Norwalk, Connecticut. Appleton-Century-Crofts, 1985.
29. Pschyrembel, W.: Klinisches Wörterbuch, 258. Auflage, Berlin: de Gruyter, 1988.
30. Rabe, F.; Orthopädie des Fusses, Enke Verlag Stuttgart 1982
31. Rössler, H., Rüter, W.; Orthopädie, Urban & Fischer
32. Schilling, F. W.: Wachstum und Entwicklung des Fußes im Kindesalter, 1985
33. Schwabe, C.; Steinetz, B.; Weiss, G.; Segaloff, A.; McDonald, J. K.; O'Byrne, E.; Hochmann, J.; Carriere, B.; and Goldsmith, L.: Relaxin. Rec. Prog. Horm. Res., 34: 123-211, 1978.
34. Tipton, C. M.; Vailas, A. C.; and Matthas, R. D.: Experimental Studies on the Influences of Physical Activity on Ligaments, Tendons and Joints. A Brief Review. Acta Med. Scandinavica, Supplementum 711, pp. 157-168, 1986.
35. Wartenweiler, G.; Wachstum und Formgestaltung des menschlichen Fusses, Arch. Jo. Klaus Stiftung 18, 1943
36. Vetter, C.; Fußdeformitäten, Repetitorium, Zahnärztliche Mitteilungen, 2003

37. Vetter, C.; Rund um die Ödeme, Repetitorium, Zahnärztliche Mitteilungen, 2004

## **IX. Danksagung**

Unterstützung, Hilfe und Ermutigung sind sehr wichtig. Ich danke den Menschen, die mir dies alles so großzügig geschenkt haben. Doch es gibt einige, die ich namentlich nennen möchte. Ich danke Herrn Univ.- Prof. Dr. Hans Henning Wetz für die Überlassung des Themas und seine regelmäßigen Ermutigungen. Herrn Univ.- Prof. Dr. Burkhard Drerup danke ich für seine Betreuung und Hilfestellungen in jeder Phase der Studie. Ferner danke ich Frau Dr. Nani Osada für ihre Hilfe bei den statistischen Auswertungen. Ich danke Herrn Beitzel für die Anfertigung der Messinstrumente. Und ich danke meiner Familie für jedwede Unterstützung, die natürlich selbstverständlich sein sollte, die ich jedoch nicht als selbstverständlich ansehe. Danke.

## **X. Curriculum Vitae**

Name: Johannes Christian Hentschel

Geburtsdatum: 30.08.1973  
Geburtsort: Gütersloh  
Konfession: evangelisch  
Familienstand: ledig

Eltern: Christa Anna Helene Hentschel, geborene Benecke,  
geboren am 28.07.1928  
Dr. med. Christian Günther Hentschel,  
geboren am 17.02.1926, verstorben am 06.11.1984

Geschwister: Dr. med. Juliane Barbara Hentschel,  
geboren am 20.08.1955  
Dr. med. Matthias Ulrich Hentschel,  
geboren am 06.03.1961

Bildungsweg:

1980 - 1984 Städt. Grundschule Sundern in Gütersloh

1984 - 1994 Gymnasium Collegium Johanneum in Ostbevern  
10.06.1994 Abitur am Gymnasium Collegium Johanneum  
in Ostbevern

09.11.1994 Test für medizinische Studiengänge (TMS)

Nov. '94- Zivildienst im St. Elisabeth-Hospital in Gütersloh  
Dez. '95 (Chirurgische Ambulanz und Sonographie)

Okt. 1995 Beginn des Zahnmedizinstudiums an der Westf.  
Wilhelms-Universität in Münster

Sept. 1996 Naturwissenschaftliche Vorprüfung (Vorphysikum)  
Aug. 1998 Zahnärztliche Vorprüfung (Physikum)  
18.12.2002 Zahnärztliche Prüfung (Staatsexamen)  
23.12.2002 Approbation als Zahnarzt

Jan. 2003 Assistenz Zahnarzt in Zahnarztpraxis in Düsseldorf  
Seit April 2003 Assistenz Zahnarzt in Zahnarztpraxis in Osnabrück

## XI. Anhang

### XI.1 Messwertänderungen

Name	Alter	Gravidä	Längenänderung		Breitenänderung		Höhenänderung		Volumenänderung	
			Rechts	Links	Rechts	Links	Rechts	Links	Rechts	Links
A. Claudia	29		2	4,3 mm / 7,7 mm	0,0 mm / -3,6 mm	1,4 mm / 1,4 mm	10 ml / 40 ml			
B. Mandy	24		3	3,7 mm / 8,7 mm	2,7 mm / 2,3 mm	-1,3 mm / -0,7 mm	50 ml / - 30 ml			
B. Bettina	41		3	1,0 mm / -3,6 mm	5,7 mm / 11,3 mm	-2,0 mm / -2,4 mm	360 ml / 180 ml			
B. Vanessa	24		1	1,7 mm / 2,0 mm	1,3 mm / 1,4 mm	0,0 mm / -0,7 mm	90 ml / 100 ml			
B. Margaret	27		1	1,0 mm / 0,6 mm	2,0 mm / 2,0 mm	1,6 mm / -1,0 mm	70 ml / 110 ml			
B. Selda	26		4	1,0 mm / -1,4 mm	1,6 mm / -2,3 mm	2,0 mm / 4,0 mm	100 ml / 70 ml			
B. Sabine	29		1	1,6 mm / 3,4 mm	1,0 mm / 0,7 mm	3,0 mm / 5,0 mm	60 ml / 120 ml			
B. Sandra	29		1	1,7 mm / 0,7 mm	1,7 mm / 1,0 mm	-0,7 mm / -1,0 mm	70 ml / 80 ml			
E. Sabine	31		4	3,0 mm / 0,4 mm	0,7 mm / 1,4 mm	-7,4 mm / -7,7 mm	20 ml / 20 ml			
E. Eda	--		1	6,3 mm / 1,0 mm	3,6 mm / 2,0 mm	1,4 mm / 1,0 mm	100 ml / 30 ml			
E. Nicole	27		1	2,0 mm / 0,3 mm	0,7 mm / 1,0 mm	-1,3 mm / -1,4 mm	80 ml / 100			
F. Anja	32		2	1,7 mm / 0,8 mm	1,6 mm / 2,0 mm	-1,7 mm / -2,3 mm	80 ml / 70 ml			
H. Nicole	30		1	-7,7 mm / -0,4 mm	2,3 mm / -5,7 mm	-3,0 mm / -2,0 mm	240 ml / 80 ml			
H. Heike	30		3	0,6 mm / 0,0 mm	-3,4 mm / -9,0 mm	-8,0 mm / -12,6 mm	-70 ml / - 40 ml			
H. Silvia	33		2	3,4 mm / -2,6 mm	3,3 mm / -2,6 mm	-6,7 mm / -0,6 mm	0 ml / - 20 ml			
H. Susanne	30		1	1,7 mm / 4,0 mm	1,8 mm / 0,5 mm	-1,7 mm / -3,0 mm	80 ml / 90 ml			
H. Beate	32		2	0,6 mm / 3,0 mm	0,6 mm / 3,8 mm	7,0 mm / 4,7 mm	210 ml / 250 ml			
J. Julia	27		1	-0,8 mm / -3,0 mm	0,0 mm / 4,0 mm	4,3 mm / 8,0 mm	10 ml / 0 ml			
K. Julia	24		1	2,5 mm / 2,0 mm	7,0 mm / -0,5 mm	1,5 mm / 0,6 mm	30 ml / 20 ml			
L. Jessica	19		1	4,5 mm / 6,0 mm	4,0 mm / 7,5 mm	1,0 mm / 7,0 mm	140 ml / 110 ml			
M. Simone	26		1	2,0 mm / 1,5 mm	1,8 mm / 0,5 mm	3,0 mm / 3,0 mm	120 ml / 150 ml			
M. Samire	24		1	2,0 mm / 0,0 mm	1,0 mm / 8,0 mm	1,0 mm / 1,0 mm	80 ml / 100 ml			
M. Evelyn	25		1	1,0 mm / 0,5 mm	1,5 mm / 0,5 mm	-0,4 mm / -1,5 mm	10 ml / 170 ml			
O. Sevtap	24		1	3,0 mm / 3,0 mm	1,0 mm / 1,5 mm	1,5 mm / 1,5 mm	80 ml / 90 ml			
Ö. Emine	30		4	2,5 mm / 2,5 mm	2,0 mm / 3,0 mm	-1,5 mm / -0,6 mm	130 ml / 150 ml			
Ö. Asuman	24		1	2,0 mm / -1,5 mm	1,5 mm / 1,0 mm	0,5 mm / 1,0 mm	80 ml / 100 ml			
P. Astrid	33		2	3,0 mm / 6,0 mm	1,5 mm / 1,0 mm	1,5 mm / 4,0 mm	100 ml / 120 ml			
R. Silvia	31		3	-1,0 mm / 2,0 mm	3,0 mm / 1,0 mm	2,0 mm / 2,5 mm	140 ml / 110 ml			
R. Ana	29		1	0,5 mm / 1,0 mm	0,7 mm / 2,0 mm	-0,5 mm / -0,8 mm	105 ml / 90 ml			
S. Christine	35		6	2,8 mm / 1,0 mm	2,0 mm / 1,5 mm	-3,0 mm / -2,0 mm	70 ml / 110 ml			
S. Bettina	37		1	2,0 mm / 3,5 mm	5,0 mm / 4,0 mm	2,0 mm / 3,5 mm	80 ml / 70 ml			
S. Helene	30		2	2,5 mm / 0,0 mm	3,0 mm / 1,0 mm	-0,5 mm / -1,0 mm	120 ml / 140 ml			
S. Ines	29		4	1,2 mm / 1,8 mm	2,0 mm / 2,7 mm	-2,4 mm / -0,9 mm	80 ml / 50 ml			
S. Beate	35		6	3,0 mm / 4,5 mm	4,0 mm / 3,5 mm	-2,0 mm / -2,3 mm	80 ml / 110 ml			
T. Susanne	31		2	3,0 mm / -3,0 mm	1,5 mm / 5,0 mm	1,3 mm / 0,0 mm	180 ml / 80 ml			
T. Barbara	30		3	1,0 mm / 0,5 mm	0,5 mm / 0,5 mm	-2,0 mm / 0,0 mm	70 ml / 60 ml			
Ü. Tanja	24		2	5,0 mm / 4,5 mm	7,5 mm / 4,0 mm	1,5 mm / 1,0 mm	120 ml / 100 ml			
W. Andrea	32		1	4,0 mm / 3,5 mm	3,5 mm / 3,0 mm	3,0 mm / 2,0 mm	20 ml / 80 ml			
W. Petra	35		3	2,0 mm / 1,6 mm	3,0 mm / 1,0 mm	-1,5 mm / -1,0 mm	110 ml / 80 ml			
Z. Sonja	32		1	1,0 mm / 1,5 mm	1,5 mm / 1,8 mm	-3,5 mm / -0,5 mm	50 ml / 80 ml			

Tab. XI.1: Messwertänderungen und Stammdaten für n = 40