

Aus der Abteilung Orthopädie  
(Prof. Dr. med. W. Schultz)  
im Zentrum Chirurgie  
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

**Haltungsveränderungen bei SchülerInnen der 5. Klasse  
durch das Tragen von unterschiedlich schweren Schulranzen**

INAUGURAL-DISSERTATION  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizinischen Fakultät  
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Sonja Wagner

aus

Kassel

Göttingen 2013

---

Dekan: Prof. Dr. rer. nat. H. K. Kroemer

1. Berichterstatterin: Prof. Dr. med. A. K. Hell

2. Berichterstatter/in: Prof. Dr. rer. biol. hum. Dipl.-Psych. M. Pfingsten

3. Berichterstatter/in: Prof. Dr. med. P. Virsik-Köpp

Tag der mündlichen Prüfung: 02.04.2014

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>3</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Wirbelsäule und Körperhaltung.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 Transportmöglichkeiten für Unterrichtsmaterial.....</b>	<b>11</b>
<b>1.3 Rückenschmerzen und Haltungsschäden .....</b>	<b>14</b>
<b>1.4 Zielsetzung der Arbeit .....</b>	<b>20</b>
<b>2 Material und Methoden.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1 Material .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2 Studienablauf .....</b>	<b>26</b>
<b>2.3 Statistische Methoden .....</b>	<b>29</b>
<b>3 Ergebnisse .....</b>	<b>30</b>
<b>3.1 Allgemeine Messdaten.....</b>	<b>30</b>
<b>3.2 Auswertung des Schmerzanamnesefragebogens.....</b>	<b>33</b>
<b>3.3 Schulranzengewicht .....</b>	<b>36</b>
<b>3.4 Körperliche Untersuchung.....</b>	<b>37</b>
<b>3.5 Messungen mit dem L.A.S.A.R.-Posture-Gerät .....</b>	<b>52</b>
<b>4 Diskussion .....</b>	<b>60</b>
<b>4.1 Interpretation der Messdaten und der Methodik.....</b>	<b>60</b>
<b>4.2 Interpretation Schmerzanamnesefragebogen .....</b>	<b>61</b>
<b>4.3 Schulranzengewichte .....</b>	<b>63</b>
<b>4.4 Auswertung körperliche Untersuchung.....</b>	<b>64</b>
<b>4.5 Untersuchung des Finger-Boden-Abstandes, des Schober- und des Ott-Zeichens .....</b>	<b>65</b>
<b>4.6 Interpretation Messungen mit dem L.A.S.A.R.-Posture-Gerät.....</b>	<b>66</b>
<b>4.7 Technische Probleme der Messung.....</b>	<b>69</b>
<b>4.8 Fehleranalyse und Ausblick .....</b>	<b>70</b>
<b>5 Zusammenfassung .....</b>	<b>72</b>
<b>6 Literaturverzeichnis .....</b>	<b>75</b>
<b>7 Anhang.....</b>	<b>79</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Wirbelsäule und Körperhaltung

### 1.1.1 Die Entwicklung der Wirbelsäule

Der Mensch hat durch die Erlangung des aufrechten Ganges eine artspezifische Körperhaltung ausgebildet. Unter allen Lebewesen ist diese einzigartig, da sich nur der Mensch dauerhaft auf zwei Beinen fortbewegen und auch stehen kann. Diese Körperhaltung wurde im Laufe der Evolution nötig, um sich den neuen funktionellen Erfordernissen anzupassen. Die Aufrichtung des Körpers ermöglichte die Freigabe der Hände für andere, neue Tätigkeiten als lediglich dem Zwecke der Fortbewegung zu dienen. [Hefti 2006]

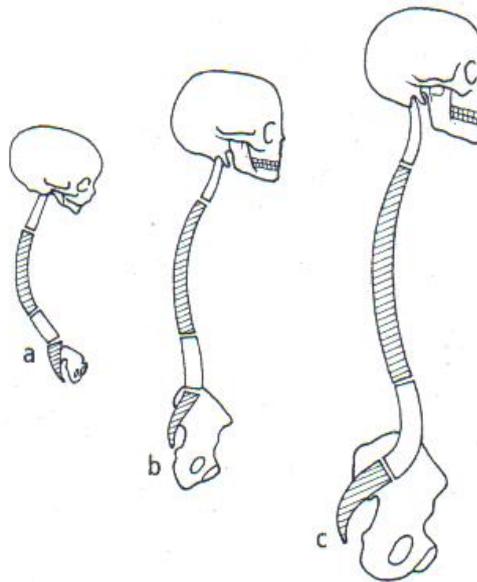
Durch die Aufrichtung ergab sich auch eine Verlagerung der Augen nach vorne, was einen neuen und umfassenderen Blickwinkel ermöglichte. Dies brachte dem Menschen eine bessere Möglichkeit zur optischen, akustischen und taktilen Orientierung im Raum. [Hefti 2006]

Die Wirbelsäule hat einen doppelt s-förmigen Verlauf. Dieser ist phylogenetisch durch die Aufrichtung von der Bewegung eines Vierbeiners zum aufrecht gehenden Menschen entstanden. Die Thorakalkyphose ist ein phylogenetisch schon lange in dieser Form bestehender Bereich der Wirbelsäule, der durch den Rippenthorax stabilisiert wird. Der Bewegungsumfang ist in diesem Abschnitt nur klein. Durch die Lordose der Halswirbelsäule wird die Aufrichtung des Kopfes ermöglicht. Dieser Bereich der Wirbelsäule ist sehr beweglich, was dem Menschen ein großes Blickfeld ermöglicht, aber auch eine gewisse Instabilität. Die Lordose der Lendenwirbelsäule ermöglicht letztendlich die Aufrichtung des Oberkörpers. Sie besitzt auch einen größeren Bewegungsumfang. [Debrunner 2005]

Die menschliche Aufrichtung erfolgte phylogenetisch gesehen nicht nur als rechtwinklige Drehung der Hüftgelenke, sondern hauptsächlich erst im lumbosakralen Übergangsbereich durch die keilförmige Ausbildung des 5. Lenden- und des 1. Sakralwirbels. Die Drehung erfolgte um das Kreuzbein als ruhenden Pol. [Hefti 2006]

„Der aufrechte Gang des Menschen bedeutet eine große phylogenetische und ontogenetische Leistung, aber auch eine erhöhte mechanische Beanspruchung.“

[Benninghoff und Drenkhahn 2008, S.776]. Die doppelt s-förmig geschwungene Wirbelsäule kann Stöße besser abfedern als eine gerade Wirbelsäule. Ohne diese Wirbelsäulenkrümmung würde eine starke Stauchungsbelastung der einzelnen Wirbelsäulenabschnitte beim aufrechten Gang entstehen. Auch Instabilitäten, die aufgrund degenerativer oder traumatischer Veränderungen entstehen können, stellen eine Gefahr für die funktionelle Einheit der Wirbelsäule als Ganzes dar. Folgen können Schmerzen, neurologische Ausfälle bis hin zu bleibenden Deformitäten sein [Debrunner 2005].



- a Bei Geburt ist die gesamte Wirbelsäule noch weitgehend kyphotisch.
- b Mit Ende des 1. Lebensjahres ist die Wirbelsäule bereits etwas aufgerichtet. Eine Lordosierung ist im zervikalen und im lumbalen Abschnitt (weiß) erkennbar.
- c Die Wirbelsäule des Erwachsenen ist doppelt s-förmig gekrümmt. Thorakalwirbelsäule und Sakrum haben ihre ursprüngliche Kyphose behalten (schraffiert), während die beweglichen Abschnitte Hals- und Lumbalwirbelsäule (weiß) durch eine kräftige Lordosierung die Aufrichtung ermöglicht haben.

Abbildung 1: Die Aufrichtung der Wirbelsäule im Laufe der normalen Entwicklung,  
aus: Debrunner 2005, S.776

### 1.1.2 Der Aufbau der Wirbelsäule

„Der Aufbau des menschlichen Rückens steht in engem Zusammenhang mit dem aufrechten Gang. Er fordert vom Rücken gleichzeitig Stabilität und Beweglichkeit. Erreicht wird dies durch Zusammenwirken der beiden wesentlichen Bauelemente des Rückens, der Wirbelsäule und der Rückenmuskulatur.“ [Schiebler 2004, S.189].

Die Wirbelsäule besteht beim Menschen in der Regel aus 33 Wirbeln. Diese lassen sich unterteilen in 7 Halswirbel, 12 Brustwirbel, 5 Lendenwirbel, 5 Sakralwirbel, die verschmolzen sind zum Kreuzbein (*Os sacrum*) und 4 rudimentären Steißwirbeln, welche das Steißbein bilden. [Schiebler 2004]

Die Wirbellöcher, die *Foramina vertebralia* der Wirbelkörper, fügen sich zum Wirbelkanal, dem *Canalis vertebralis*, zusammen. Dieser enthält das Rückenmark mit seinen Hüllen, die Wurzeln der Spinalnerven und Blutgefäße, eingebettet in Fettgewebe. Zwischen benachbarten Wirbeln befinden sich die Zwischenwirbellöcher, welche die Öffnungen der Wirbelsäule für Nerven vom und zum Rückenmark bilden. [Schiebler 2004]

Die Zwischenwirbelgelenke (*Articulationes zygapophysiales*) verbinden die Wirbelbögen miteinander, weshalb man sie auch als Wirbelbogengelenke bezeichnet. In den Einzelgelenken ist der jeweilige Bewegungsumfang sehr gering, sie wirken jedoch durch Summation ihrer Bewegungen. Die Zwischenwirbelgelenke gehören somit zu den Bewegungssegmenten der Wirbelsäule. [Schiebler 2004]

Diese besteht insgesamt aus 25 solcher Bewegungssegmente, die Funktionseinheiten entsprechen. Jedes Bewegungssegment besteht wiederum aus zwei benachbarten Wirbeln mit der dazwischenliegenden Bandscheibe und den dazugehörigen Wirbelbogengelenken. Die Bewegung der Segmente erfolgt jeweils um den zentral gelegenen Anteil der Bandscheibe, dem *Nucleus pulposus*, als Drehpunkt. [Schiebler 2004]

Da ein einzelner Wirbel sowohl Bestandteil des nach oben als auch des nach unten benachbarten Bewegungssegmentes ist, wirken benachbarte Bewegungssegmente funktionell zusammen. [Schiebler 2004]

Der Bandapparat der Wirbelsäule besteht aus den Längsbändern, die sich an der Vorderseite (*Ligamentum longitudinale anterius*) und an der Rückseite der Wirbelkörper (*Ligamentum longitudinale posterius*) befinden, außerdem den *Ligamenta Flava*, diese sind elastische Bänder zwischen benachbarten Wirbelbögen, und diversen Einzelbändern, die sich zwischen den Querfortsätzen, zwischen den Dornfortsätzen und zwischen den Spitzen der Dornfortsätze aufspannen und als *Ligamentum nuchae* das Hinterhaupt mit den Halswirbeln verbinden. Die *Ligamenta sacrococcygea* verbinden das Kreuzbein mit dem Steißbein. [Schiebler 2004]

Die Wirbelsäule als Ganzes besitzt eine doppelt gekrümmte Eigenform. Diese wird durch die Form der Wirbelkörper, der Bandscheiben und durch den Bandapparat bedingt. Es handelt sich um eine Lordose im Hals- und im Lenden-

bereich, das heißt eine ventral konvexe Krümmung, und um eine Kyphose, eine ventral konkave Krümmung, im Brust- und Sakralbereich. [Schiebler 2004]

Die Rückenmuskulatur gliedert sich in eine oberflächliche Muskulatur und in paravertebrale Muskeln. Zu den oberflächlichen Muskeln zählen als markanteste Muskeln der große Rückenmuskel (Musculus latissimus dorsi) und der Trapezmuskel (Musculus trapezius). Diese nach dorsal eingewanderten Muskeln wirken nur unmittelbar auf den Rücken. Sie verknüpfen als spinokostale Muskulatur Wirbelsäule und Thorax und als spinokapsuläre bzw. spinohumerale Muskeln Wirbelsäule und Schultergürtel bzw. Oberarm. [Schiebler 2004]

Die paravertebrale Muskulatur wird auch als Musculus erector spinae oder als autochthone Muskulatur bezeichnet. Sie hat vor allem haltende und aufrichtende Funktion. Die Muskeln entspringen an der Rückfläche, der Facies dorsalis des Kreuzbeines (Os sacrum) und am Beckenkamm (Crista iliaca) des Hüftbeins, von denen sie sich bis zum Hinterhaupt erstrecken. Man kann die autochthone Muskulatur unterteilen in einen oberflächlich gelegenen lateralen Trakt, der aus spinotransversalem, intratransversalem und sakrospinalem System besteht, und in einen in der Tiefe gelegenen medialen Trakt, bestehend aus interspinalem, spinalem und transversospinalem System. Alle paravertebralen Muskeln wirken direkt oder indirekt auf die Zwischenwirbelgelenke, die sie entweder in Ruhe halten und dadurch die Wirbelsäule stabilisieren oder bewegen können. Die ausgeprägte Nackenmuskulatur dient zusätzlich dazu, den Kopf in der gewünschten Stellung zu halten und zu stabilisieren. Durch kurze Nackenmuskeln wird die Feinsteuerung der Bewegungen in den Kopfgelenken beim Rückwärtsneigen, beim Seitneigen und bei der Drehung des Kopfes reguliert. [Schiebler 2004]

Die autochthone Rückenmuskulatur wird von Faszien, die sie führen, umhüllt. Sie bilden eine eigene Muskelloge. [Schiebler 2004]

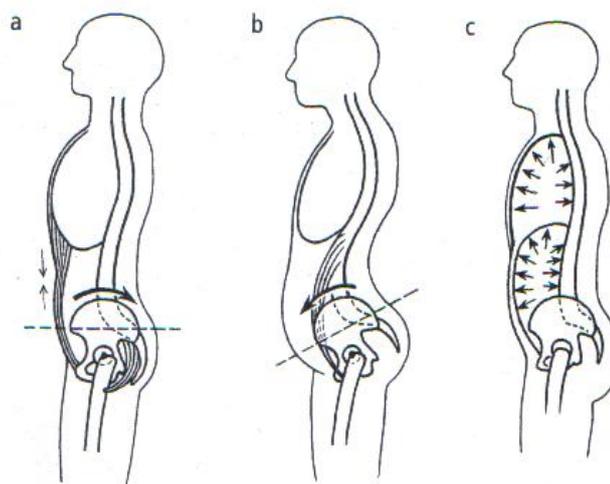
### **1.1.3 Die Körperhaltung**

„Die aufrechte Haltung ist ein klar definiertes Artmerkmal, das heißt ein Charakteristikum des Menschen, das ihn von Tieren unterscheidet und Grundlage war für die Entwicklung von handwerklichen Fähigkeiten und der Intelligenz.“ [Wirth et al. 2004, S.66].

Die aufrechte Körperhaltung des Menschen wird erst durch ein Gleichgewicht zwischen der auf den Körper wirkenden Schwerkraft und den Haltemuskeln ermöglicht. Jede Schwerpunktverlagerung erfordert eine muskuläre Gegenregulation zur Aufrichtung der Wirbelsäule.

Der Fetus im Uterus befindet sich in einer flektierten Körperhaltung, die Wirbelsäule ist in ihrer gesamten Länge kyphotisch. Dieses Überwiegen der Flexionsstellung bleibt auch beim Neugeborenen noch erhalten, welches Schultern, Ellbogen, Hüften und Kniegelenke weitgehend gebeugt hält. Bis auf die Halswirbelsäule ist die Wirbelsäule ebenfalls kyphotisch wie beim Vierfüßler. Auch mit dem Erwerb der Sitzfähigkeit bleibt die Totalkyphose des Rückens erhalten. Mit dem Gehbeginn bildet sich durch die kräftiger werdende Muskulatur die lumbale Lordose zunehmend aus. Die Schwerkraft bedingt, dass sich hieraus im Lendenwirbelsäulenbereich zunächst eine Hyperlordose entwickelt. Oft wird diese beim Kleinkind aufgrund der noch schwachen Muskulatur nicht durch eine Hyperkyphose der Brustwirbelsäule kompensiert, wodurch der kindliche Hohlflachrücken entstehen kann. Etwa mit dem 6. Lebensjahr hat die Brustkyphose ihr volles Ausmaß erreicht. Erst vor der Pubertät findet der endgültige Übergang von der kindlichen Rückenform zu der oben beschriebenen Rückenform des Erwachsenen statt. [Hefti 2006]

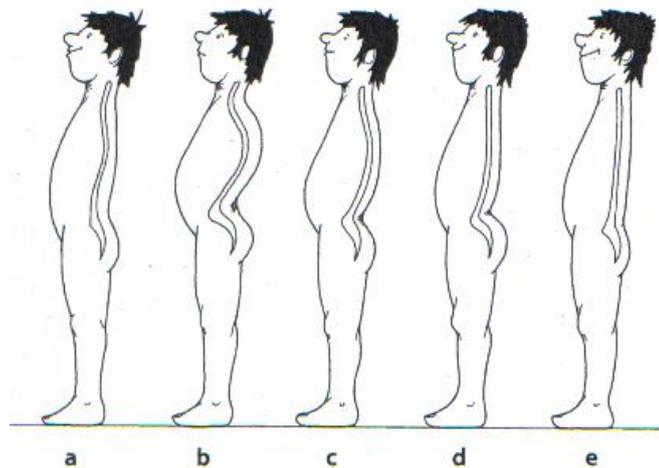
Neben der beschriebenen Rückenmuskulatur ist auch die Bauchmuskulatur für die Aufrichtung der Wirbelsäule essentiell. Sie wirkt einer übermäßigen Lendenlordose und einer zu starken Kippung des Beckens entgegen. Durch Anspannung der Bauchmuskulatur erhöht sich auch der intraabdominelle Druck, der durch seine hydrostatische Wirkung den Rumpf zusätzlich aufrichtet, die Wirbelsäule stabilisiert und entlastet. [Benninghoff und Drenkhahn 2008]



- a Durch Einziehen des Bauches Beckenaufrichtung und Ausgleich der Lordose.
- b Erschlafft die Bauchmuskulatur, drückt der Inhalt des Bauches nach vorne. Die Lendenwirbelsäule wird lordotisch, das Becken kippt nach vorne ab.
- c Die Bauchmuskulatur wirkt über die Bauchpresse. Durch den hydrostatischen Druck im Abdomen wird die Wirbelsäule stabilisiert.

Abbildung 2: **Bedeutung der Bauchmuskulatur für Haltung und Wirbelsäule**, aus: Debrunner 2005, S.728

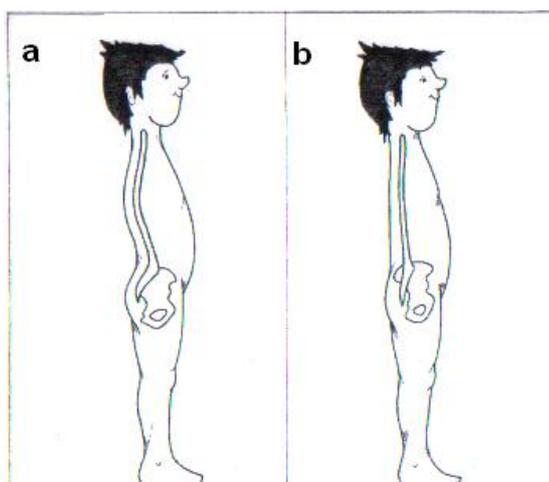
Nach Staffel (1889) werden fünf Haltungstypen bzw. Rückenformen unterschieden. Zu ihnen gehören: normaler (physiologischer) Rücken, Hohlrücken (vermehrte thorakale Kyphose und lumbale Lordose), Totalrundrücken (Kyphose bis in den lumbalen Bereich), Hohlflachrücken (Hyperlordose der LWS, verminderte Kyphose der BWS) und Flachrücken (sowohl verminderte Kyphose der BWS als auch Lordose der LWS). [Debrunner 2005]



**a** normaler (physiologischer) Rücken, **b** Hohlrundrücken,  
**c** Totalrundrücken, **d** Hohlflachrücken, **e** Flachrücken

Abbildung 3: **Haltungstypen**,  
aus: Hefti 2006, S.58

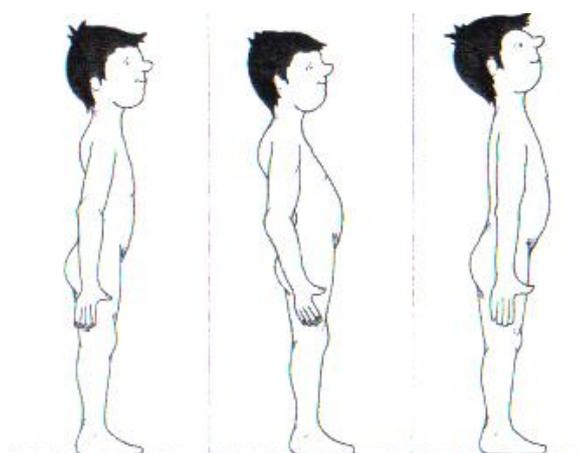
Die Grundstruktur der Wirbelsäule wird folglich zu einem großen Teil durch die Form des knöchernen Skeletts bestimmt. Hierbei hat die Stellung des Kreuzbeines bedingt durch die Kippung des Beckens einen besonders großen Einfluss. Mit einer steileren Stellung des Kreuzbeines nimmt die Ausprägung der Lordosen und Kyphosen ab. [Hefti 2006]



- a Normale Beckenkipfung mit Neigung des Beckens um ca. 20° nach vorne/kaudal
- b Aufhebung der Beckenkipfung und damit Verminderung der Lendenlordose und der Brustkyphose

Abbildung 4: **Normale Beckenkipfung / Aufhebung der Beckenkipfung**,  
aus: Hefti 2006, S.69

Die Haltung ist zudem abhängig vom Zustand der Rumpfmuskulatur, die einerseits konstitutionellen Faktoren unterworfen ist, andererseits aber auch vom körperlichen Trainingszustand beeinflusst wird. Eine kräftige Muskulatur ist in der Lage, eine aktiv aufgerichtete Körperhaltung über eine längere Zeit aufrecht zu erhalten. Bei Erschlaffung der Muskulatur wird der Bandapparat beansprucht, der versuchen muss, den Körper in einer aufrechten Position zu halten. [Hefti 2006]



Habituelle Haltung    Passive Haltung    Aktiv aufgerichtete Haltung

Abbildung 5: **Haltung**,  
aus: Hefti 2006, S.70

## 1.2 Transportmöglichkeiten für Unterrichtsmaterial

### 1.2.1 Schulranzen und Rucksäcke

Die ersten Schulranzen in den 50er Jahren bestanden aus Leder. Sie waren relativ schwer und unflexibel. Sie besaßen keinerlei Polsterungen z. B. an den Schulterriemen sowie keinerlei Sicherheitsausstattung in Form von Reflektoren oder Ähnlichem. Dafür boten sie Schutz und waren ein geeignetes Transportmittel für Schulbücher und Schulhefte.



Abbildung 6: Lederschulranzen aus den 50er Jahren  
(Ansicht von vorne)



Abbildung 7: Lederschulranzen aus den 50er Jahren  
(Ansicht von hinten)

Schulranzen im klassischen Sinn, d.h. gefertigt aus Leder, finden heutzutage bei Schülern so gut wie keine Verwendung mehr.

Der Lederschulranzen wurde in den 70er Jahren durch leichtere Kunststoffmodelle abgelöst. Diese wiesen deutlich verbesserten Tragekomfort sowie bessere Sicherheitsvorkehrungen auf. Seit 1990 gibt es auch eine DIN-Norm (Deutsches Institut für Normung) für Schulranzen (Schulranzen DIN 58124), in der Eigenschaften und Sicherheitsvorkehrungen für Schulranzen geregelt wurden.



Abbildung 8: Kunststoffschulranzen aus den 70er Jahren



Abbildung 9: aktuelles Modell eines Schulranzens,  
aus: Sternjakob 2011

Mittlerweile hat sich unter den Schülerinnen und Schülern eine Vorliebe für Rucksäcke entwickelt. Diese gibt es in jeglicher Ausführung und Design. Allen gemeinsam ist die Tatsache, dass die Last über zwei Riemen auf beide Schultern verteilt werden kann. Zusätzlich sind Rucksäcke mit ergonomisch geformtem Rückenteil und Polsterungen z.B. im Lendenbereich sowie Beckengurten erhältlich.

### 1.2.2 Umhängetaschen

Eine weitere Möglichkeit zum Transport des Unterrichtsmaterials ist die Verwendung einer Umhängetasche. Hierbei wird die Last auf nur einer Schulter getragen. Eine gleichmäßige Verteilung des Taschengewichtes auf beide Schultern ist somit nicht möglich, die Folge ist eine kompensatorische, asymmetrische Körperhaltung. Dieses beschreibt auch eine Querschnittsstudie, in der eine Stichprobe von 1263 Schülerinnen und Schülern im Alter von 12 bis 18 Jahren untersucht wurde. In dieser fand man heraus, dass asymmetrisches Tragen die Jugendlichen dazu zwingt, eine Schulter, nämlich die mit dem Gewicht, hochzuziehen und den Oberkörper kompensatorisch nach kontralateral zu verschieben [Korovessis et al. 2005].



Abbildung 10: **Schulertasche**,  
aus: Eastpak 2009

### 1.2.3 Trolley

In den letzten Jahren kam die Benutzung von Trolleys immer mehr in Mode. Dabei wird der Schulranzen bzw. der Rucksack in eine Halterung geschnallt, die, versehen mit zwei Rollen und einem Griff, das Ziehen der Last ermöglicht. Beim Bewältigen von Treppenstufen muss die Gesamtkonstruktion allerdings wieder wie gewohnt getragen werden. In diesem Fall überwiegend mit nur einem Arm und somit asymmetrisch. Die Benutzung des Gestells bedeutet zudem eine zusätzliche Gewichtsbelastung für den Rücken. Ein handelsübliches Trolleygestell wiegt ca. 1,8 kg [Sternjakob 2011].



Abbildung 11: Ein handelsüblicher Schulranzen lässt sich mit dem mobilen Trolleygestell problemlos verbinden, je nach Bedarf kann dieses dann wieder abgebaut werden

## 1.3 Rückenschmerzen und Haltungsschäden

### 1.3.1 Haltungsschäden bei Kindern

Im Jahre 1741 verdeutlichte Nicolas Andry mit der Zeichnung eines krummen Bäumchens, das mit der Schnur an einen geraden Stab redressiert wurde, seine Ansicht zur Aufgabe der Orthopädie. [Hefti 2006]

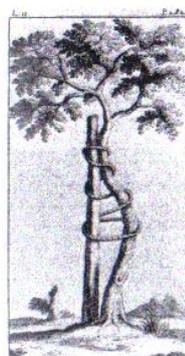


Abbildung 12: Das krumme Bäumchen von Nicolas Andry aus 1741,  
aus: Hefti 2006, S.17

Der Begriff „Orthopädie“ kommt aus dem Griechischen und setzt sich aus den beiden Wörtern „aufrecht“ und „erziehen“ zusammen. Demnach bedeutet er so viel wie „Gerade-Erziehen“ [Hefti 2006, S.17].

Haltung ist ein funktionelles Geschehen, welches neben strukturellen und mechanischen Aspekten auch von Stimmungen, Psyche oder Tagesform abhängt. Eine starke Abweichung der Haltung von der Norm, also ein dauerhaft sagittales oder frontales Profil außerhalb des Lots wird als Haltungsauffälligkeit bzw. Haltungsdeformität gewertet.

Inwieweit Haltungsauffälligkeiten bei Kindern zu Erkrankungen im Erwachsenenalter führen, wird häufig diskutiert. Hestbaek et al (2006) fanden heraus, dass Kreuzschmerzen im Heranwachsendenalter mit Rückenschmerzen im Erwachsenenalter korrelieren. Zudem zeigten sie einen Dosis-Wirkungs-Zusammenhang auf. Dieser besagt, dass je mehr Tage es mit Schmerzen im unteren Rücken bereits in der Kindheit gäbe, desto höher sei auch das Risiko für künftige Schmerzen im unteren Rückenbereich. Es wird auch diskutiert, ob „eine dauerhafte kyphotische Haltung während der Pubertät einen Morbus Scheuermann auslösen kann.“ [Hefti 2006, S.95]. Des Weiteren haben Studien

ergeben, dass eine symmetrische Beladung der Wirbelsäule eines 12-jährigen Kindes, genauso wie eine unsymmetrische Beladung, Haltungsänderungen hervorrufen [Negrini S und Negrini A 2007].

Neuschwander et al. (2010) führten eine MRT-gestützte Studie an drei Jungen und fünf Mädchen im Alter von 11 +/- 2 Jahren durch. Keiner der Probanden berichtete über Rückenschmerzen in der Vorgeschichte. Es wurden T2-gewichtete MRT (Magnet Resonanz Tomographie)-Aufnahmen im Stehen gemacht, jeweils mit einem Rucksackgewicht von 4kg, 8kg und 12kg. Dabei wurde festgestellt, dass steigendes Rucksackgewicht die lumbalen Bandscheibenhöhen signifikant zusammendrückte. Die Rucksackbeladung erzeugte hierdurch eine signifikante lumbale Asymmetrie. Vier von acht Testpersonen hatten während der Untersuchung einen Cobb-Winkel >10° (Winkel zur Beurteilung einer Skoliose gemessen an einer Röntgen-Aufnahme bzw. MRT in diesem Fall) bei einer Rucksackbeladung von 8kg. Die Testpersonen gaben in Korrelation zum Rucksackgewicht Rückenschmerzen an.

In einer weiteren Studie, in der 1540 11- bis 14-jährige Kinder befragt und untersucht wurden, stellten Skaggs et al. [2006] fest, dass während des asymmetrischen Tragens von Schulranzen die lasttragende Schulter hochgezogen wurde und als Kompensation der Oberkörper zur Seite geneigt werden musste. [Skaggs et al. 2006]

Eine randomisierte kontrollierte Studie mit zehn gesunden 12- bis 14-jährigen Probanden führte zudem eine Messung der Drücke auf die Schultern mit einem Schulranzengewicht von jeweils 10%, 20% und 30% des Körpergewichtes, durch. Dabei stellte man fest, dass sowohl auf die linke als auch auf die rechte Schulter, wenn beide Schulterriemen des Schulranzens getragen wurden, Drücke herrschten, die hoch genug waren, um die Blutzufuhr der Haut abzurücken (>30 mmHg). [Marcias et al. 2008]

### **1.3.2 Rückenschmerzen bei Kindern**

Rückenschmerzen im Kindesalter können vielerlei Ursachen haben. Als besonders schwierig stellt sich die Beurteilung bei Kindern und Jugendlichen dar, weil Diagnosen, die an der Wirbelsäule gestellt werden, nicht zwangsläufig mit Rückenschmerzen einhergehen müssen. [Hefti 2006]

Es gibt Krankheiten, die starke Rückenschmerzen auslösen können, wie z.B. ein lumbaler Morbus Scheuermann, eine Wachstumsstörung der Wirbelsäule, bei der Schmerzen aktivitätsabhängig auftreten, aber durchaus auch in der Nacht bestehen bleiben können. Auch eine Entzündung der Bandscheibe, eine

sogenannte Spondylodiszitis, Tumoren an der Wirbelsäule oder auch Frakturen können starke Rückenschmerzen verursachen. [Hefti 2006]

Hingegen löst eine thorakale Skoliose, solange sie die Wirbelsäule nicht aus dem Lot bringt, in der Regel keine Schmerzen aus. [Hefti 2006]

Des Weiteren können auch Krankheiten des rheumatoiden Formenkreises zu Rückenschmerzen führen, wie z.B. die Juvenile rheumatische Arthritis (Morbus Still), die zudem jedoch auch noch andere Organsysteme betreffen kann.

Hefti veröffentlichte in seiner Arbeit „Kinderorthopädie in der Praxis“ im Jahre 2006, dass „unabhängig von der auslösenden Pathologie (Instabilität bei Spondylolyse oder Frakturen, ungünstige Statik bei lumbalem M. Scheuermann oder Skoliosen) die meisten Rückenschmerzen auf Muskelspasmen zurückzuführen sind.“ [Hefti 2006, S.160].

Somit ist bei Rückenschmerzen ein pathologisches Korrelat möglich oder kann auch gänzlich ausbleiben.

Eine weitere Einflusskomponente ist das Alter des Patienten. Bei Kindern unter 10 Jahren findet man bei Rückenschmerzen zu einem Großteil ein pathologisches Korrelat, während Jugendliche häufig den „unspezifischen“ erwachsenen Rückenschmerz aufweisen. [King 2001]

Bei vielen Schulkindern treten Rückenschmerzen auf, die besonders von den Eltern auf das Tragen von zu schweren Schulranzen zurückgeführt werden [Davis und Williams 2008, Negrini S und Negrini A 2007, Skaggs et al. 2006]. Das Gewicht von Schulranzen scheint außerdem einen proportionalen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Rückenschmerzen zu haben [Neuschwander et al. 2010].

Rückenschmerzen treten bei Kindern und Jugendlichen wahrscheinlich seltener auf als bei Erwachsenen. Die wirkliche Inzidenz der Beschwerden ist allerdings unbekannt [Davis und Williams 2008]. Dies liegt wohl an der schwierigen Beurteilbarkeit von Rückenschmerzen, weil viele Schmerzen in den Rücken projiziert werden und man häufig kein pathologisches Korrelat zu den Schmerzen finden kann, aber Rückenschmerzen auch individuell unterschiedlich wahrgenommen werden, was das Problem der schwierigen objektiven Messbarkeit bedingt.

Skaggs et al. (2006) kamen bei ihrer Studie mit 1540 Kindern im Alter von 11 bis 14 Jahren zu dem Ergebnis, dass 37% der untersuchten Kinder schon einmal Rückenschmerzen hatten. Außerdem wurde ein Zusammenhang zwischen dem Tragen schwerer Schulranzen, jüngerem Alter, weiblichem Geschlecht und einem

positiven Screeningergebnis für eine Skoliose und dem Auftreten von Rückenschmerzen gefunden. Schülerinnen und Schüler, die ein Schließfach zum Lagern von Büchern und anderem Material hatten, gaben weniger Rückenschmerzen an als Mitschüler ohne Spind. Skaggs et al. (2006) konnten keinen Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Rückenschmerzen und dem Tragen des Schulrucksacks mit einem oder beiden Schulterriemen finden.

Eine Studie, in der 123 französische Schülerinnen und Schüler im Alter von 14 Jahren durch einen Fragebogen befragt wurden und bei denen anschließend das Schulrucksackgewicht gewogen wurde, ergab sogar, dass 82,9% der Schüler schon einmal Rückenschmerzen gehabt hatten. 26,6% der Schüler hatten während der Untersuchung Rückenschmerzen und 8,9% berichteten über chronische Rückenschmerzen. Rückenschmerzen zeigten bei dieser Studie eine positive Korrelation mit dem weiblichen Geschlecht, einem Schulrucksackgewicht von mehr als 20% des Körpergewichtes und einem Schulweg, der zu Fuß zurückgelegt wurde bzw. einem Schulweg, auf dem die Schultasche mit der Hand getragen wurde. Die Händigkeit der Schülerinnen und Schüler sowie die Position des auszufüllenden Fragebogens auf dem Tisch zeigten keine Assoziation mit der Angabe von Rückenschmerzen, jedoch das Sitzen auf der Stuhlkante bei der Beantwortung des Fragebogens [Viry et al. 1999].

Eine weitere Studie, an der über 3000 9- bis 15-jährige Schülerinnen und Schüler teilnahmen, untersuchte den Zusammenhang zwischen dem Tragen des Schulrucksacks, von Wirbelsäulenkrümmungen und von athletischen Aktivitäten. Hierzu wurden die Kinder befragt und klinisch untersucht. Man kam zu dem Ergebnis, dass Rückenschmerzen bei Kindern mit zunehmendem Schulrucksackgewicht an Intensität zunahmten. Hierbei korrelierte die Tragweise des Schulrucksacks, also das Tragen des Gewichtes auf einer oder auf beiden Schultern, nicht mit dem Auftreten von Rückenschmerzen. Insgesamt litten Mädchen wesentlich häufiger unter Rückenschmerzen als gleichaltrige Jungen, was auch die Studie von Davis und Williams (2008) bestätigte. Sowohl das Alter der Kinder, die Körpergröße, das Körpergewicht, die Ausprägung der Kyphose und Lordose, sowie eine eventuell vorhandene Skoliose standen nicht im Zusammenhang mit dem Auftreten von Rückenschmerzen. Mädchen zeigten im Alter von 11 Jahren die höchste Prävalenz für Rückenschmerzen, währenddessen die höchste Prävalenz bei Jungen im Alter von 15 Jahren auftrat. Mädchen, die Sport betrieben, gaben häufiger Rückenschmerzen an als Sport treibende Jungen. Der Gipfel der Prävalenz für Rückenschmerzen befand sich bei beiden Geschlechtern unmittelbar vor der Pubertät sowie direkt nach ihrem Beginn. [Korovessis et al. 2004]

Eine Studie von Marcias et al. (2008) setzte sich zum Ziel, den Druck, der unter Schulterriemen von Schulranzen entsteht, zu ermitteln. Dabei fanden die Autoren heraus, dass die Drücke auf beide Schultern, wenn der Schulranzen im unteren Rücken getragen wurde, signifikant höher war, als wenn er im oberen Rücken lokalisiert war. Außerdem zeigten die Drücke auf die rechte Schulter signifikant höhere Werte als diejenigen auf der linken Schulter. Bei Lasten von 10-30% des Körpergewichtes auf der linken oder rechten Schulter waren die gemessenen Drücke wesentlich höher als Drücke, die man zur Unterbindung der Hautdurchblutung in diesem Bereich benötigte. Die Autoren erklärten hierdurch das Auftreten von Schulter- und Rückenschmerzen bei der Nutzung von schweren Schulranzen.

In der Querschnittsstudie von Talbott et al. (2009), in welcher 871 Schülerinnen und Schüler aus drei unterschiedlichen Schulbezirken per Fragebogen befragt wurden, fanden die Autoren heraus, dass 33,5% der Befragten schon einmal Schmerzen in Zusammenhang mit dem Tragen des Schulranzens hatten. Diese Schmerzen wurden zu 33,2% als Kreuzschmerzen wahrgenommen, 24,4% als Muskelschmerzen, 23,5% litten an Nackenschmerzen, 10,5% berichteten von höheren Rückenschmerzen. Armschmerzen traten bei 5,8% auf, 4% verspürten ein Kribbeln und 3,6% beklagten Beinschmerzen. Nur 3,3% aller Schülerinnen und Schüler, die Schmerzen hatten, hatten deshalb einen Arzt aufgesucht. In dieser Studie benutzten 99,9% der Befragten einen Schulranzen zum Transport der Schulmittel. 83% trugen den Schulranzen über beide Schultern. 50% der Schülerinnen und Schüler schätzten ihren Schulranzen selbst als schwer ein, 46% der Teilnehmer trugen ihren Schulranzen für insgesamt 10-20 Minuten am Tag. Mädchen hatten generell insgesamt bis zu 15% mehr Schmerzen als Jungen. In der Gruppe der Mädchen traten 16% mehr Kreuzschmerzen, 14% mehr Nackenschmerzen, 13% mehr Muskelschmerzen, 9% mehr Rückenschmerzen im oberen Bereich und 3% mehr Armschmerzen auf als bei gleichaltrigen Jungen. Auffallend war auch, dass ein Tragen des Schulranzens von mehr als 40 Minuten am Tag bei allen betroffenen Schülerinnen und Schülern Rückenschmerzen auslöste. Es stellte sich heraus, dass selbst wahrgenommenes Schulranzengewicht, die Dauer des Tragens eines Schulranzens, die Haltung beim Tragen, das Geschlecht und auch der geografische Schulbezirk signifikant mit Schmerzen in Verbindung standen. Die Autoren folgerten hieraus eine multifaktorielle Schmerzgenese. [Talbott et al. 2009]

Auch das systemische Review von Cottalorda et al. (2004) ermittelte eine multifaktorielle Genese von Rückenschmerzen und kristallisierte folgende Risikofaktoren für Rückenschmerzen heraus: weibliches Geschlecht, geringerer Sozialstatus, eine positive Anamnese für familiäre Rückenschmerzen, psychologische Faktoren, sitzend verbrachte Zeit vor dem Fernseher,

vorangegangene Wirbelsäulentraumata, intensive körperliche Aktivität, Ausübung eines Wettkampfsportes sowie höheres Alter (Erwachsene eher als Kinder). Die Autoren ermittelten bei vielen Kindern Schulranzengewichte von 30-40% des Körpergewichtes. Die Schulranzentragezeit trug ebenso wie das Gewicht zur Entstehung von Rückenschmerzen bei. Des Weiteren beeinflusste ein schlecht positionierter Schulranzen die Haltung und den Gang. Bei einem Tragen über beide Schultern war dieser Effekt weniger ausgeprägt als beim Tragen über nur eine Schulter. Die Haltung der Wirbelsäule änderte sich mit steigendem Schulranzengewicht zunehmend, sodass Eltern eine Verbindung zwischen einem schweren Schulranzengewicht und kyphotischen sowie skoliotischen Veränderungen sahen. Hierfür gab es allerdings keine beweisenden Untersuchungen. Schulranzen würden laut der Autoren nicht nur zu Rückenschmerzen, sondern auch zu Kopf- und Gesichtsschmerzen, Hand-, Handgelenks, Fuß- und Sprunggelenksschmerzen, sowie Ellenbogen- und Schulterschmerzen führen. [Cottalorda et al. 2004]

In einem systemischen Review von Lindstrom-Hazel (2009) wurden 10 epidemiologische Artikel untersucht. Die meisten Übereinstimmungen zeigten sich darin, dass Mädchen mehr unter Rückenschmerzen litten als Jungen, die Schulranzentragezeit anteilig zu Rückenschmerzen beitrugen und dass das psychosoziale Verhalten ebenso Rückenschmerzen beeinflusste. In mehreren Studien wurde über einen vermuteten direkten Zusammenhang zwischen dem Schulranzengewicht und Rückenschmerzen bei Kindern berichtet.

Van Gent et al (2003) fanden jedoch heraus, dass nicht das wirkliche Schulranzengewicht, sondern das individuell wahrgenommene Gewicht des Schulranzens mit Rückenschmerzen korrelierte.

Watson et al. (2003) fanden in ihrer Querschnittsstudie mit 1446 teilnehmenden Kindern im Alter zwischen 11 und 14 Jahren keinen Zusammenhang zwischen dem Schulranzengewicht und Rückenschmerzen, jedoch zwischen dem Auftreten von Rückenschmerzen und Verhaltensproblemen, emotionalen Problemen, Kopfschmerzen, somatischen Beschwerden, Müdigkeit am Tag und Teilzeitjobs.

Es ist wichtig, den Ursachen für die Rückenschmerzen auf den Grund zu gehen, da sowohl Brattberg (2004) als auch Hestbaek et al. (2006) eine klare Korrelation von Rückenschmerzen im Kindes- und Adoleszentenalter zu Rückenschmerzen im Erwachsenenalter herausfinden konnten.

Die aufgezählten Untersuchungen zeigen klar, dass das Phänomen „Rückenschmerzen“ im Kindesalter eine sehr multifaktorielle Problematik mit vielen Variablen und Begleitproblemen darstellt.

## **1.4 Zielsetzung der Arbeit**

In der folgenden prospektiven Arbeit soll die Hypothese untersucht werden, dass ein höheres Schulranzengewicht zu vermehrten Rückenschmerzen und einer veränderten Haltung innerhalb eines Untersuchungszeitraumes von einem Jahr bei 9-12 jährigen Kindern führt.

Hierzu wurden insgesamt 87 Kinder eines Gymnasiums wiederholt evaluiert. Die Untersuchung erfolgte sowohl als klinische, körperliche Untersuchung als auch auf dem L.A.S.A.R.-Posture-Gerät. Zudem wurden Daten für das subjektive Empfinden anhand von Fragebögen erhoben.

31 Kinder hatten ein reduziertes Schulranzengewicht von durchschnittlich 1,95kg (1,91-1,97kg). Bei 56 Kindern war das Schulranzengewicht nicht reduziert.

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Material**

#### **2.1.1 Probanden**

An vorliegender Studie haben insgesamt 87 Schülerinnen und Schüler aus fünf 5. Klassen des Grotefeld-Gymnasiums in Hannoversch Münden (Niedersachsen) teilgenommen, davon waren 45 Mädchen und 42 Jungen. Im Studienverlauf sank die Zahl der teilnehmenden Schülerinnen und Schüler auf 77, weil vier Kinder die Schule verlassen hatten, vier aus unbekanntem Gründen von der Teilnahme an der Studie zurückgetreten sind und zwei Kinder wegen Krankheit an einer der Untersuchungen nicht teilnehmen konnten.

Daher kamen die Daten von insgesamt 87 Schülerinnen und Schülern zur Auswertung ( $n=87$ ), wobei  $n=56$  Kinder (64%) die Kontrollgruppe und  $n=31$  Kinder (36%) die Versuchsgruppe darstellten.

Am Ende der Studie bestand die Kontrollgruppe wegen des oben genannten Abganges von Probanden noch aus 49 Kindern (64%), der Versuchsgruppe gehörten noch 28 Kinder (36%) an.

Die Versuchsgruppe setzte sich aus Schülern einer zufällig ausgewählten Klasse aus den teilnehmenden Klassen zusammen, Kontrollgruppe waren die Schüler der anderen vier 5. Klassen.

Die Zuordnung zur Versuchs- oder zur Kontrollgruppe hing demnach von der Zugehörigkeit zur jeweiligen Schulklasse ab.

Die Versuchsgruppe bekam jeweils einen Büchersatz für die Arbeit zu Hause und einen weiteren Büchersatz für das Arbeiten in der Schule zur Verfügung gestellt. Die Schüler der Versuchsgruppe nutzen weiterhin einen Schulranzen, dieser wurde jedoch nur noch für Dinge, deren Lagerung in der Schule nicht möglich war, wie z.B. Schreibhefte, Pausenbrote und Trinkflaschen, benutzt.

Die Kontrollgruppe benutzte nur einen Büchersatz, sodass dieser zusätzlich zu den angesprochenen Dingen, die auch die Versuchsgruppe mitnehmen musste, transportiert werden musste.

	<b>Kontrollgruppe</b>	<b>Versuchsgruppe</b>
<b>Anzahl insgesamt</b>	56	31
<b>Mädchen</b>	29	16
<b>Jungen</b>	27	15
<b>Alter</b>	11 (9 $\frac{1}{2}$ -11 $\frac{1}{2}$ )	11 (10 $\frac{1}{2}$ -12)
<b>Körpergröße</b>	149,9 cm (136-169 cm)	150,5 cm (139-164 cm)
<b>Gewicht</b>	42,7 kg (26-71,5 kg)	40,1 kg (29,5-54,5 kg)
<b>Schulrallengewicht</b>	7,23 kg (4-10,5 kg)	5,27 kg (3-9,5 kg)
<b>Schulrallengewicht prozentual zum Körpergewicht</b>	17,75%	13,54%

Tabelle 1 Daten der Probanden, in Klammern Minimum und Maximum

### 2.1.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Die Teilnahme an der Studie erfolgte auf freiwilliger Basis. Einschlusskriterium war die Zugehörigkeit zur Jahrgangsstufe Fünf des Gymnasiums. Ausschlusskriterium war die nicht erfolgte Unterschrift der Einverständniserklärung durch die Erziehungsberechtigten bzw. deren Ablehnung zur Teilnahme an der Studie.

### 2.1.3 Körperliche Untersuchungsmethoden

Nach Einschluss in die Studie erfolgte eine detaillierte klinische kinderorthopädische Untersuchung an allen Probanden. Hierfür entkleideten sich die Probanden bis auf die Unterwäsche. Es folgte zunächst die Inspektion der Wirbelsäulenstellung in Neutralposition von dorsal und die Beurteilung, ob ein Schulter- und Becken-Geradstand vorlag. In der Vorbeuge wurde zusätzlich auf Rippenbuckel oder Lendenwulst, welche auf eine Skoliose hinweisen könnten, untersucht. Bei festgestelltem Beckenschiefstand durch Beinlängendifferenz wurde mithilfe von standardisierten Ausgleichsbrettchen versucht, die

Beinlängendifferenz auszugleichen und den Rippenbuckel bzw. Lendenwulst zu beheben.

Beurteilt wurde auch, ob die Wirbelsäule im Lot steht durch Vergleich mit einem Fadenlot. Hierbei wurde ein an einem Bindfaden hängendes Metallstück zur Bestimmung der Senkrechten benutzt. Das Fadenlot wurde als Ausgangspunkt am 7. Halswirbel angehalten und dann beurteilt, ob sich eine Verschiebung zur Rima ani (entspricht der Senkrechten dieses Punktes) ergab.

Der Bewegungsumfang der Wirbelsäule wurde durch Untersuchung des Finger-Boden-Abstandes (FBA) beurteilt. Hierbei sollte sich die zu untersuchende Person bei vollständig gestreckten Kniegelenken maximal nach vorne beugen. Dann wurde der Abstand zwischen Fingerspitzen und Boden gemessen. Normalerweise sollten Kinder und Jugendliche in dieser Position den Fußboden mit den Fingerspitzen oder sogar mit der gesamten Hand berühren können [Benninghoff und Drenkhahn 2008]. Somit ergab sich, dass die Gesamtbeweglichkeit der Wirbelsäule im Rahmen der Untersuchung des FBA als unauffällig bewertet wurde, wenn die Probanden beim Vorbeugen mit durchgestreckten Knien mindestens mit den Fingerspitzen den Boden berühren konnten.

Die Beweglichkeit der Brustwirbelsäule wurde durch das Zeichen nach Ott untersucht. Dabei wurde der Dornfortsatz vom 7. Halswirbelkörper palpirt, mit einem Kreuz auf der Haut markiert und 30cm kaudal davon eine weitere Hautmarkierung vorgenommen. Durch Vorneigen des Rumpfes sollte sich der Abstand zwischen beiden Punkten um 3 bis 4cm vergrößern. Das Ott-Zeichen wird positiv bei einer Verlängerung von  $<4\text{cm}$ , was eine Bewegungseinschränkung der Brustwirbelsäule bedeutet.

Der Bewegungsumfang der Lendenwirbelsäule wurde durch Messung des Zeichens nach Schober bestimmt. Hierbei wurde der Dornfortsatz vom ersten Kreuzbeinwirbel markiert und 10cm weiter kranial eine zweite Markierung gesetzt. Beim Vorneigen des Rumpfes wurde der Abstand zwischen beiden markierten Punkten erneut gemessen. Dieser sollte sich um 5 bis 6cm verlängern. Das Schober-Zeichen wird somit positiv bei einer Verlängerung von  $<5\text{cm}$ .

#### **2.1.4 Apparative Diagnostik- das L.A.S.A.R-Posture- Gerät**

Die Abkürzung „L.A.S.A.R.“ steht für „Laser Assisted Static Alignment Reference“, was so viel wie „Laser-unterstützte Anordnung statischer Anhaltspunkte“

bedeutet. Posture ist das englische Wort für Körperhaltung. Beide Begriffe zusammen beschreiben die im Folgenden näher erläuterte Funktionsweise des Gerätes und Zielsetzung der Messung.

Das L.A.S.A.R.-Posture-Gerät besteht aus den folgenden funktionellen Hauptkomponenten:

- einer Kraftmessplatte mit vier integrierten Kraftmesszellen (1)
- einem Projektionssystem mit Laser und Strichoptik (2)
- einem Positionierungssystem mit Elektronik und Linearantrieb (3)
- einer Bedien- und Anzeigeeinheit (4)
- einer Höhenausgleichsplatte (5).

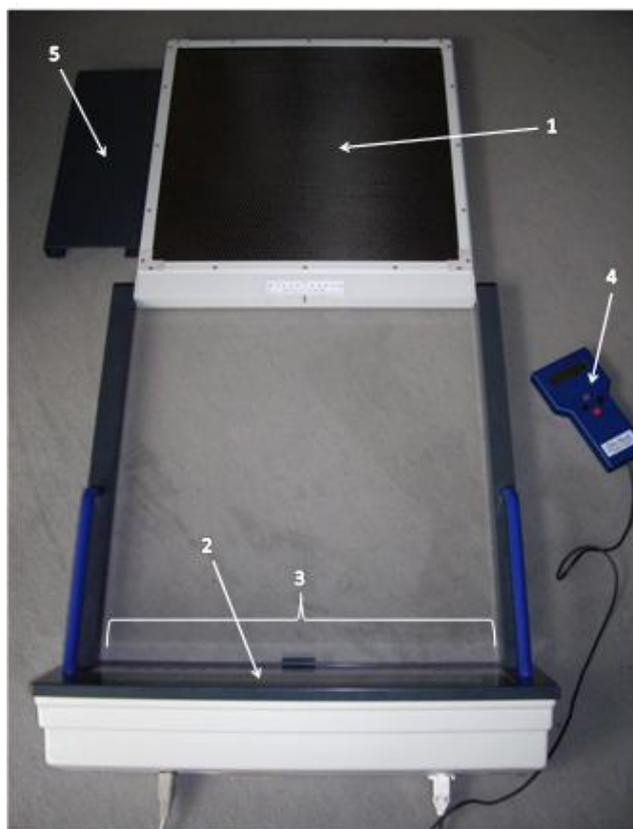


Abbildung 13: Das L.A.S.A.R.-Posture-Gerät der Firma Otto Bock Health Care GmbH

Das L.A.S.A.R.-Posture-Gerät ist in der Lage, objektive Informationen über die Statik zu vermitteln. Das Messgerät bestimmt die Vertikalkomponente der Bodenreaktionskraft, deren Wirkungslinie kann mit Hilfe eines Laserstrahls auf

die zu messende Person projiziert werden. So kann man die Körperschwerpunktlinie sichtbar machen.

Das Gerät ist mit einem Laser der Laserklasse 2 ausgestattet. Eine spezielle Strichoptik bewirkt, dass der sonst gebündelte Laserstrahl stark aufgefächert wird und so die Strahlungsintensität erheblich reduziert wird. Mit zunehmendem Abstand vom Laser verringert sich die Strahlungsintensität weiterhin sehr stark, sodass bei Bestrahlung von Haut oder Auge keine Schäden verursacht werden. Besondere Schutzmaßnahmen sind daher im Umgang mit dem Gerät nicht erforderlich.

Anwendung findet das L.A.S.A.R.-Posture bei der Kontrolle der Körperhaltung von Patienten, beim Messen von Abständen der Bodenreaktionskraft zu verschiedenen Punkten, z.B. Gelenkachsen, und beim Überprüfen und Optimieren des statischen Aufbaus von Prothesen und Orthesen.

Messungen der Position der anatomischen Achse an 143 orthopädisch unauffälligen Probanden, darunter 98 Gymnasialschüler, haben einheitliche Ergebnisse der Vermessung gezeigt. [Drewitz 2000]

Durch die Benutzung des L.A.S.A.R.-Posture-Gerätes ist damit „beim stehenden Patienten eine individuelle, objektive und reproduzierbare Bezugslinie vorhanden, mit deren Hilfe die biometrische Situation bewertet werden kann.“ [Scherer 1999, S.468].

Beim Haltungsgesunden liegt die sagittale Belastungslinie am Fuß 60mm vor dem oberen Sprunggelenk, der Drehpunkt des Kniegelenkes 15mm hinter der Belastungslinie und der Trochanter major 2mm vor der Belastungslinie. [Drewitz 2000]

Bei der Vermessung wurden genau diese Punkte ermittelt um eventuelle Haltungsänderungen, durch Änderungen der Abweichung von der Schwerpunktlinie in diesen Punkten, zu detektieren.

Bei einem Messvorgang stellt sich der Proband wahlweise mit beiden Beinen oder auch nur mit einem Bein auf die Kraftmessplatte, in diesem Fall steht er dann mit dem anderen Bein auf einer Höhenausgleichsplatte. Das Display des Bedienelementes zeigt das Körpergewicht in Kilogramm (kg) an. Die Körperschwerpunktlinie wird mittels aufgefächerten Laserstrahls auf den Körper des Probanden projiziert. Mit Hilfe des Bedienelementes lässt sich der Laserstrahl nun nach links oder nach rechts verschieben, hierbei lässt sich nun ein Abstand von der Schwerpunktlinie zum eingestellten neuen Punkt anhand des Gerätes in Millimetern ablesen. [L.A.S.A.R.-Posture]

## **2.2 Studienablauf**

### **2.2.1 Untersuchungszeitraum**

Die Gesamtstudiendauer erstreckte sich über einen Zeitraum von 12 Monaten. Untersuchungen fanden zu Beginn der Studie (Erstuntersuchung), nach 6 Monaten (Zweituntersuchung) und nach 12 Monaten (Drittuntersuchung) statt.

### **2.2.2 Durchführung**

Vor Beginn der Durchführung der Untersuchungen lag ein genehmigter Antrag der Ethikkommission der Universitätsmedizin Göttingen vor.

Alle Untersuchungen fanden im Grotefend-Gymnasium in Hannoversch Münden, in einem von der Schulleitung zur Verfügung gestellten Raum, statt. In diesem wurde das L.A.S.A.R.-Posture-Gerät bei allen drei Untersuchungen aufgebaut und immer an identischer Stelle positioniert.

Nachdem die Schulleitung die Durchführung der Untersuchungen während der Unterrichtszeit genehmigt hatte, erhielten sowohl Eltern als auch teilnehmende Schüler ein Informationsblatt (Abb.41 im Anhang).

Außerdem fand ein eigens dafür angesetzter Elterninformationsabend im Grotefend-Gymnasium statt. Vertreter von Schulleitung, Elternbeirat und Mitarbeiter des Schwerpunktes Kinderorthopädie der Universitätsmedizin Göttingen stellten die Studie vor und standen für Fragen zur Verfügung. Von allen teilnehmenden Familien wurde eine Einverständniserklärung eingeholt (Abb.42 im Anhang).

### **2.2.3 Datenerfassung**

Zunächst wurde von jedem Probanden das Körpergewicht durch Messung auf dem L.A.S.A.R.-Posture-Gerät ermittelt. Die Körpergröße wurde anhand einer an der Wand befestigten Messleiste bestimmt.

Zusätzlich wurde auch das Gewicht des Schulranzens durch Messung auf dem L.A.S.A.R.-Posture-Gerät ermittelt und auf einem Erhebungsbogen vermerkt (Abb. 43 im Anhang).

Danach erfolgte die Messung auf dem L.A.S.A.R.-Posture-Gerät. Die Probanden erhielten hierfür definierte Markierungspunkte sowohl am Rücken als auch an den Beinen. Zu diesem Zweck erfolgte eine Hautmarkierung an den entsprechenden Markierungspunkten. Erster Markierungspunkt am Rücken war der Dornfortsatz von C7 (Punkt 1), dann wurde kurz oberhalb der Rima ani ein weiterer Punkt festgelegt (Punkt 5). Zwischen diesen beiden zuerst festgelegten Punkten wurde die Mitte abgemessen und dort Punkt 3 markiert. Die Mitte von Punkt 1 und Punkt 3 wurde als Punkt 2 festgelegt, die Mitte zwischen Punkt 3 und Punkt 5 wurde als Punkt 4 definiert, sodass letztlich die Punkte 2 bis 4 in gleichen Abständen angebracht waren.

Jeder Proband erhielt zusätzlich noch eine Markierung jeweils am linken und am rechten Trochanter major, sowie seitlich jeweils links und rechts am Knie. Als Messpunkte wurden weiter in seitlicher Ansicht die Mitte der Schulter, sowie der Außenknöchel des jeweiligen Fußes festgelegt.

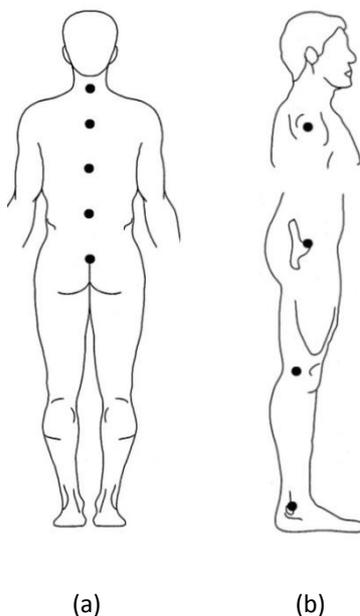


Abbildung 14: Markierungspunkte zur Vermessung mit dem L.A.S.A.R.-Posture-Gerät,  
(a) Rückansicht (b) seitliche Ansicht

Zur Messung stellte sich der Proband zunächst mit beiden Füßen auf die Messplatte, sodass der Laserlichtstrahl die Schwerpunktlinie auf den Rücken projizierte. Dann wurde jeder der fünf markierten Punkte einzeln mithilfe des Bedienelements angesteuert und die Abweichung von der Schwerpunktlinie ermittelt.

Als nächstes stellte sich der Proband mit einem Fuß auf die Bodenausgleichsplatte und mit einem Bein seitlich auf die Messplatte. Nun erfolgte die Messung in der seitlichen Projektion. Die gleiche Messung wurde daran anschließend mit getragenen Schulranzen noch einmal durchgeführt. Beide Messungen erfolgten jeweils sowohl für die linke als auch für die rechte Körperseite.

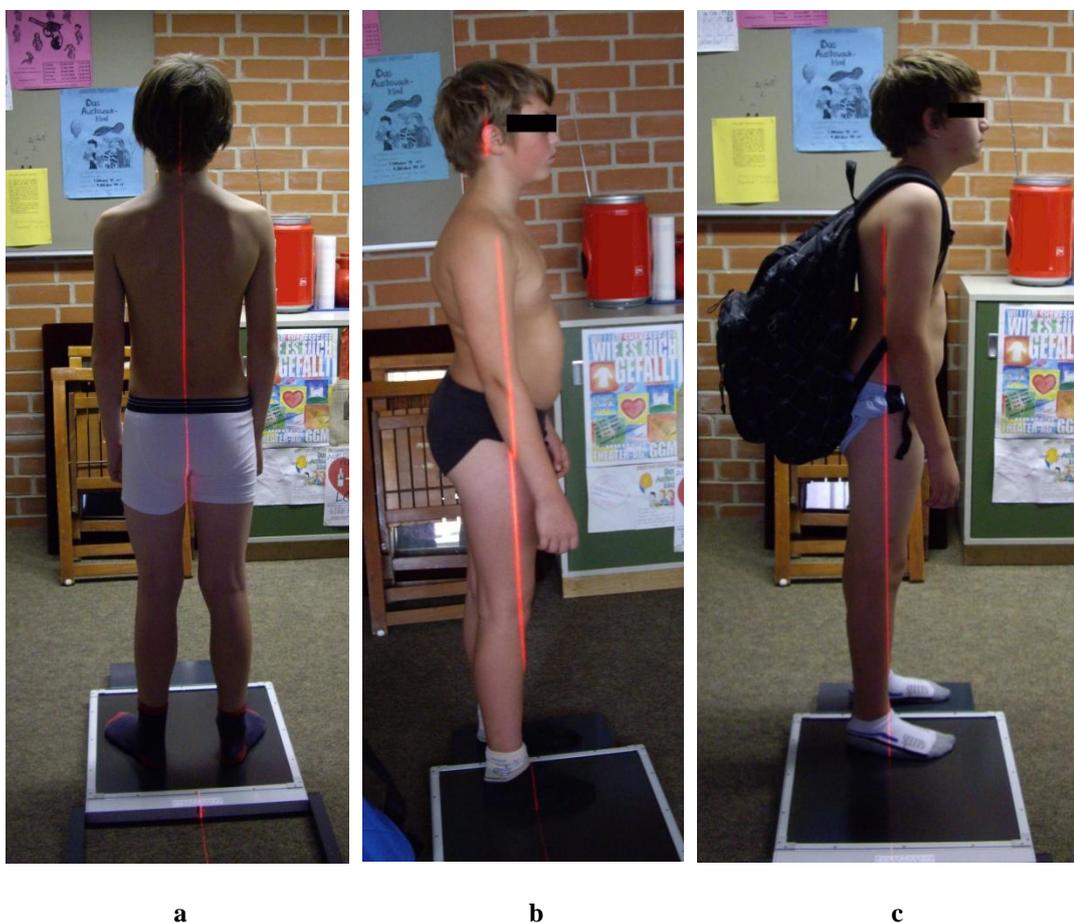


Abbildung 15: Projektion des Laserstrahls: a auf den Rücken, b seitlich, c seitlich mit Schulranzen

Die Untersuchungsergebnisse wurden auf zwei Untersuchungsbögen markiert (Abb.44 und Abb. 45 im Anhang)

#### **2.2.4 Fragebogen zur Schmerzanamnese**

Anhand eines Fragebogens wurde eine Schmerzanamnese erhoben, die unter anderem frühere Rückenschmerzen und die subjektive Einschätzung über den Schulrücken als mögliche Ursache für die Schmerzen erfasste.

Abb. 46 im Anhang zeigt den zusammengestellten Fragebogen, der bei der Erstuntersuchung vollständig erhoben wurde. Bei den darauffolgenden Untersuchungen beschränkte dieser sich auf die Frage nach Schmerzen seit der letzten Untersuchung und nach der möglichen Verbindung der Schmerzen mit dem Tragen des Schulrucksacks.

### **2.3 Statistische Methoden**

Als statistische Auswertungsmethode wurde eine zwei-faktorielle ANCOVA mit den Faktoren Untersuchung und Gruppe, sowie der Kovariablen Geschlecht durchgeführt. Da das Ranzengewicht per Versuchsdesign in beiden Gruppen verschieden ist, wird das Ranzengewicht nicht als Kovariable berücksichtigt.

Bei den Post-hoc-Vergleichen wurden zur Einhaltung des multiplen Niveaus p-Werte und Konfidenzintervalle mittels Tukey-Kramer adjustiert. Ein p-Wert  $<0,05$  wurde als signifikant festgelegt.

Mit Hilfe des t-Tests wurde die Signifikanz der Differenzen zwischen Mittelwerten berechnet und überprüft, ob ein Unterschied zweier Teilstichproben zufallsbedingt ist oder ob dessen allgemeine Gültigkeit über die Stichprobe hinaus angenommen werden kann.

Dabei besagt ein niedriger p-Wert für einen untersuchten Faktor oder ein Merkmal, dass die in diesem Test geprüften Mittelwertsunterschiede nicht nur rein zufällig in der Stichprobe zusammengekommen sind.

Des Weiteren wurden Chi-Quadrat Tests durchgeführt. Diese sind Hypothesentests mit einer  $\chi^2$ -verteilten Testprüfgröße. Es wird der statistische Zusammenhang zweier Merkmale untersucht. Hierzu wird geprüft werden, ob die beiden Merkmale statistisch voneinander unabhängig sind. Dabei werden die empirischen Häufigkeiten der entsprechenden Merkmale mit den unter dem Modell statistischer Unabhängigkeit erwarteten Häufigkeiten verglichen.

### 3 Ergebnisse

Von insgesamt 87 Kindern, konnten letztendlich 77 ausgewertet werden (87,5%).  
Davon waren

- n=56 (64%) in die Kontrollgruppe und
- n=31 (36%) in die Versuchsgruppe eingebunden.

#### 3.1 Allgemeine Messdaten

Im Folgenden werden die Basisdaten beider Gruppen (Versuchsgruppe n=31, Kontrollgruppe n=56) zu den drei Untersuchungszeitpunkten zusammengestellt:

##### Untersuchungszeitpunkt 1

###### Versuchsgruppe:

	gesamt	Mädchen	Jungen
Anzahl der Kinder	31	16	15
Körpergröße [cm]	150,5 (139-164)	150,3 (141-164)	150,7 (139-158)
Körpergewicht [kg]	40,1 (29,5-54,5)	40 (29,5-54,5)	40,3 (31-49)
Schulrallengewicht [kg]	5,27 (3-9,5)	5,25 (3,5-9,5)	5,3 (3-7,5)

Tabelle 2 Allgemeine Messdaten Versuchsgruppe Untersuchung 1, in Klammern Minimum und Maximum

###### Kontrollgruppe:

	gesamt	Mädchen	Jungen
Anzahl der Kinder	56	29	27
Körpergröße [cm]	149,9 (136-169)	150,5 (138-169)	149,2 (136-169)
Körpergewicht [kg]	42,7 (26-72)	41 (26-72)	44,5 (35-63,5)
Schulrallengewicht [kg]	7,23 (4-10,5)	7,38 (4,5-10,5)	7,01 (4-10)

Tabelle 3 Allgemeine Messdaten Kontrollgruppe Untersuchung 1, in Klammern Minimum und Maximum

**Untersuchungszeitpunkt 2****Versuchsgruppe:**

	gesamt	Mädchen	Jungen
Anzahl der Kinder	31	16	15
Körpergröße [cm]	153 (140-166)	153,2 (142-166)	152,7 (140-160)
Körpergewicht [kg]	42,7 (32-57,8)	42,6 (32-57,5)	42,9 (32,5-48,5)
Schulrallengewicht [kg]	5,134 (3,5-8,5)	4,969 (3,5-6)	5,3 (3,5-8,5)

Tabelle 4 Allgemeine Messdaten Versuchsgruppe Untersuchung 2, in Klammern Minimum und Maximum

**Kontrollgruppe:**

	gesamt	Mädchen	Jungen
Anzahl der Kinder	53	27	26
Körpergröße [cm]	152,3 (139-172)	151,4 (140-172)	153,3 (139-170)
Körpergewicht [kg]	45 (26,5-71,5)	43,5 (26,5-64,5)	46,5 (32,5-71,5)
Schulrallengewicht [kg]	7,105 (3,5-11)	7,038 (3,5-10,5)	7,173 (5-11)

Tabelle 5 Allgemeine Messdaten Kontrollgruppe Untersuchung 2, in Klammern Minimum und Maximum

### Untersuchungszeitpunkt 3

#### Versuchsgruppe:

	gesamt	Mädchen	Jungen
Anzahl der Kinder	28	16	12
Körpergröße [cm]	157,1 (144-168)	157,6 (146-168)	156,4 (144-165)
Körpergewicht [kg]	46,4 (34-64,5)	46,4 (35-64,5)	46,4 (34-58,5)
Schulranzengewicht [kg]	4,678 (2,5-7)	4,281 (2,5-7)	5,167 (3,5-7)

Tabelle 6 Allgemeine Messdaten Versuchsgruppe Untersuchung 3, in Klammern Minimum und Maximum

#### Kontrollgruppe:

	gesamt	Mädchen	Jungen
Anzahl der Kinder	49	24	25
Körpergröße [cm]	156,1 (142-168)	156,9 (143-166)	155,4 (142-168)
Körpergewicht [kg]	48,9 (28,5-77,5)	46,8 (28,5-72,5)	50,8 (37,5-77,5)
Schulranzengewicht [kg]	6,588 (3,5-10)	6,25 (4-9,5)	6,9 (3,5-10)

Tabelle 7 Allgemeine Messdaten Kontrollgruppe Untersuchung 3, in Klammern Minimum und Maximum

Im Schnitt unterscheiden sich die Schulranzengewichte in Untersuchungszeitpunkt 1 zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe im Mittel um 1,96kg, in Untersuchungszeitpunkt 2 um 1,97kg und in Untersuchungszeitpunkt 3 um 1,9kg.

Die Unterschiede in der Körpergröße der beiden Gruppen waren im Vergleich nicht signifikant ( $p=0,59$ ), jedoch die Durchschnittskörpergewichte waren mit 40,4kg in der Versuchsgruppe zu 42,7kg in der Kontrollgruppe mit  $p<0,0001$ ) signifikant unterschiedlich zwischen den beiden Gruppen.

Während des Untersuchungszeitraumes zeigte sich von U1 bis U2 in der Kontrollgruppe ein signifikanter Unterschied von Größe ( $p<0,0001$ ) und Gewicht ( $p<0,001$ ), sowie von U2 zu U3 in Größe ( $p<0,001$ ) und Gewicht ( $p<0,001$ ).

In der Versuchsgruppe zeigte sich ebenso jeweils ein signifikanter Unterschied in Größe ( $p < 0,001$ ) und Gewicht ( $p = 0,0002$ ) von U1 zu U2 und in Größe ( $p < 0,001$ ) und Gewicht ( $p < 0,001$ ) von U2 zu U3.

### 3.2 Auswertung des Schmerzanamnesefragebogens

Durch Auswertung des Fragebogens, der zu Beginn der Untersuchung ausgeteilt wurde, ergab sich, dass 48 der 87 teilnehmenden Schülerinnen und Schüler schon einmal Rückenschmerzen hatten. Dies entspricht 55,17% der Befragten. 32,18% Mädchen gaben Rückenschmerzen an, bei den Jungen waren es 22,99%. Von den 48 Schülerinnen und Schülern sahen 32 subjektiv einen direkten Zusammenhang der Rückenschmerzen mit dem Tragen des Schulrucksacks, da sie angaben, dass die Schmerzen während oder nach dem Tragen ihres Schulrucksacks auftraten.

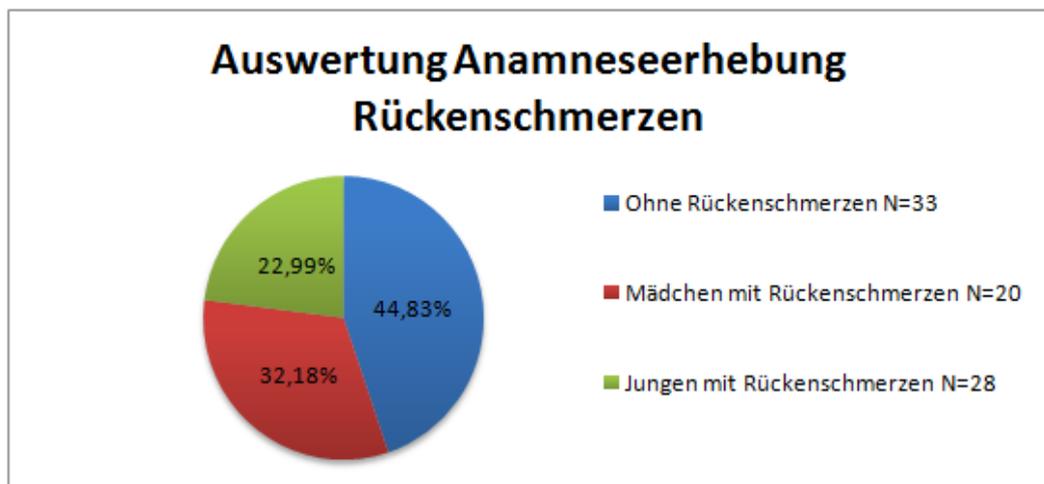


Abbildung 16: Häufigkeitsverteilung der Rückenschmerzen bei den Studienteilnehmern

Die Befragung der Studienteilnehmer nach der Häufigkeit des Auftretens der Rückenschmerzen ergab, dass 16 Schülerinnen und Schüler bisher erst einmal Rückenschmerzen hatten, 8 berichteten einmal pro Woche von Rückenschmerzen, bei 9 kam es mehrmals in der Woche zu Beschwerden, 6 klagten einmal im Monat und 7 mehrmals im Monat über Rückenschmerzen. 2 Schülerinnen gaben an, jeden Tag Rückenschmerzen zu haben.

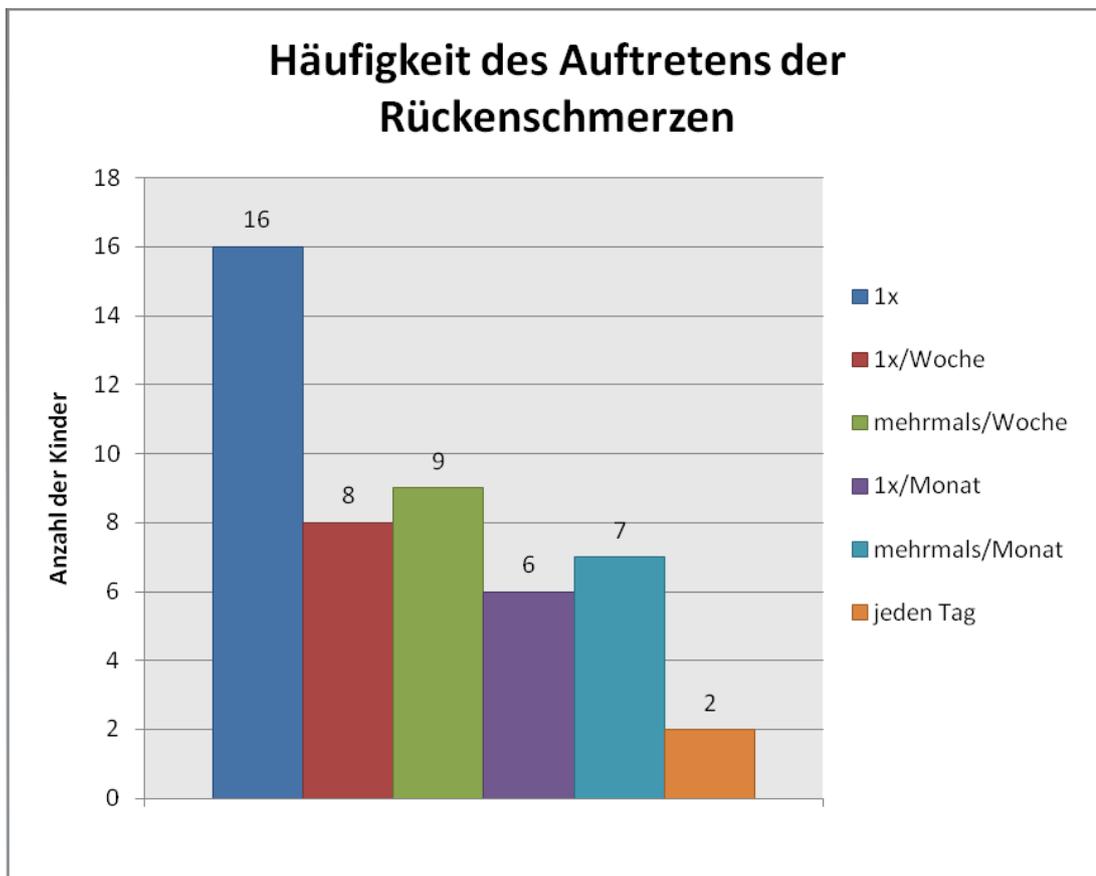


Abbildung 17: Häufigkeitsverteilung des zeitlichen Auftretens von Rückenschmerzen

Zur Objektivierung der Schmerzangabe wurde anhand einer VAS (visuelle Analog-Skala) die subjektive Schmerzstärke bestimmt. Das Ergebnis zeigt Abbildung 18.

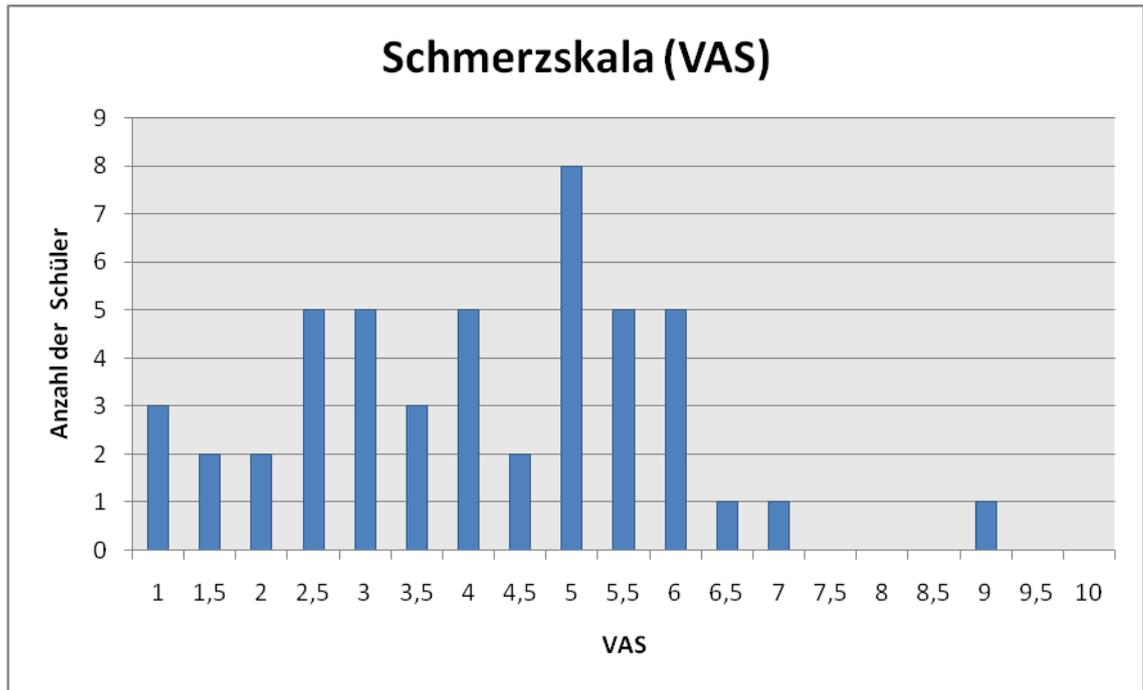


Abbildung 18: VAS-Skala zur Objektivierung des subjektiven Schmerzempfindens

6 der 87 (6,9%) befragten Schülerinnen und Schüler fühlten sich durch die Rückenschmerzen in ihrer Aktivität eingeschränkt.

Den Zusammenhang zwischen der Häufigkeit des Auftretens von Rückenschmerzen bei den teilnehmenden Schülerinnen und Schülern und der subjektiven Angabe ihrer Schmerzstärke anhand der VAS zeigt die folgende Abbildung.

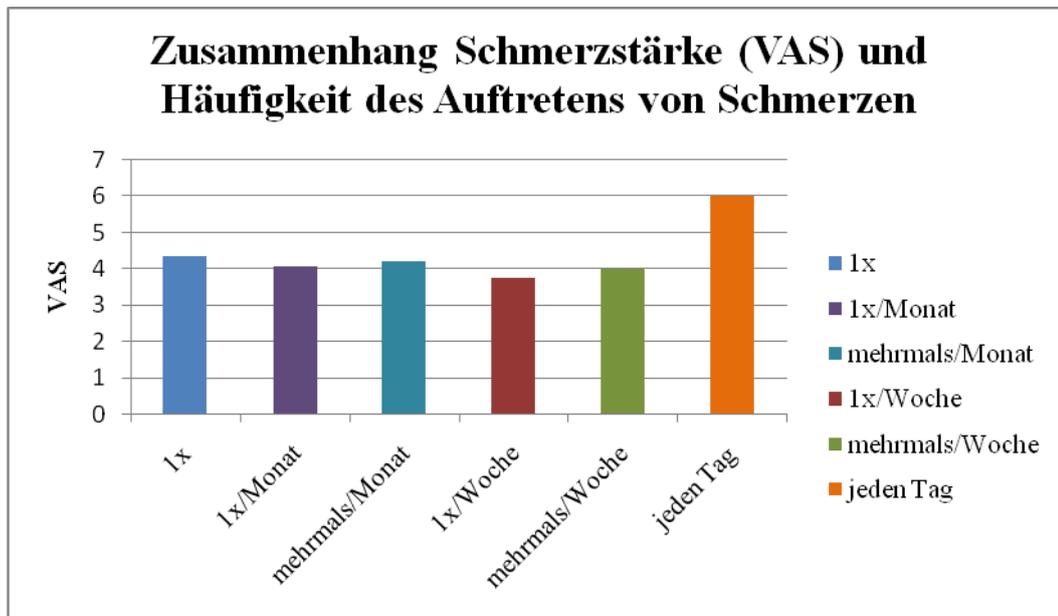


Abbildung 19: Zusammenhang VAS und Häufigkeit des Auftretens von Rückenschmerzen

### 3.3 Schulranzengewicht

Bei jedem Untersuchungszeitpunkt wurde das aktuelle Gewicht der Schulranzen erfasst.

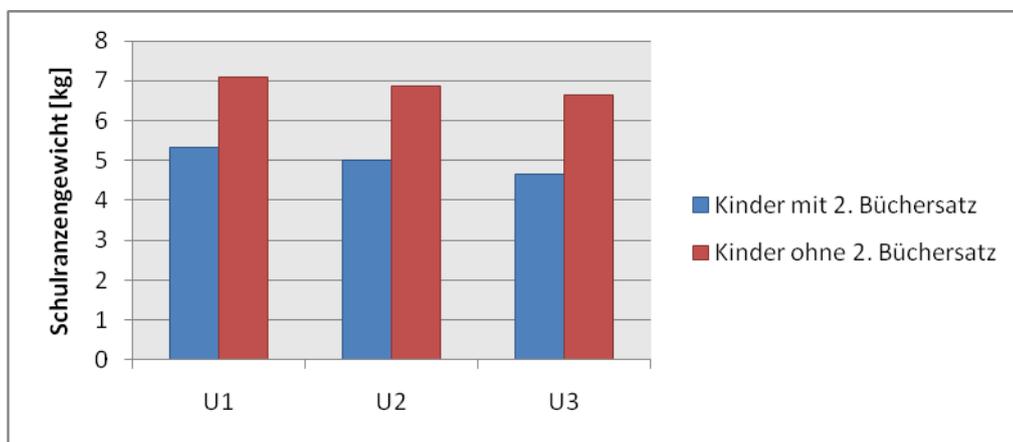
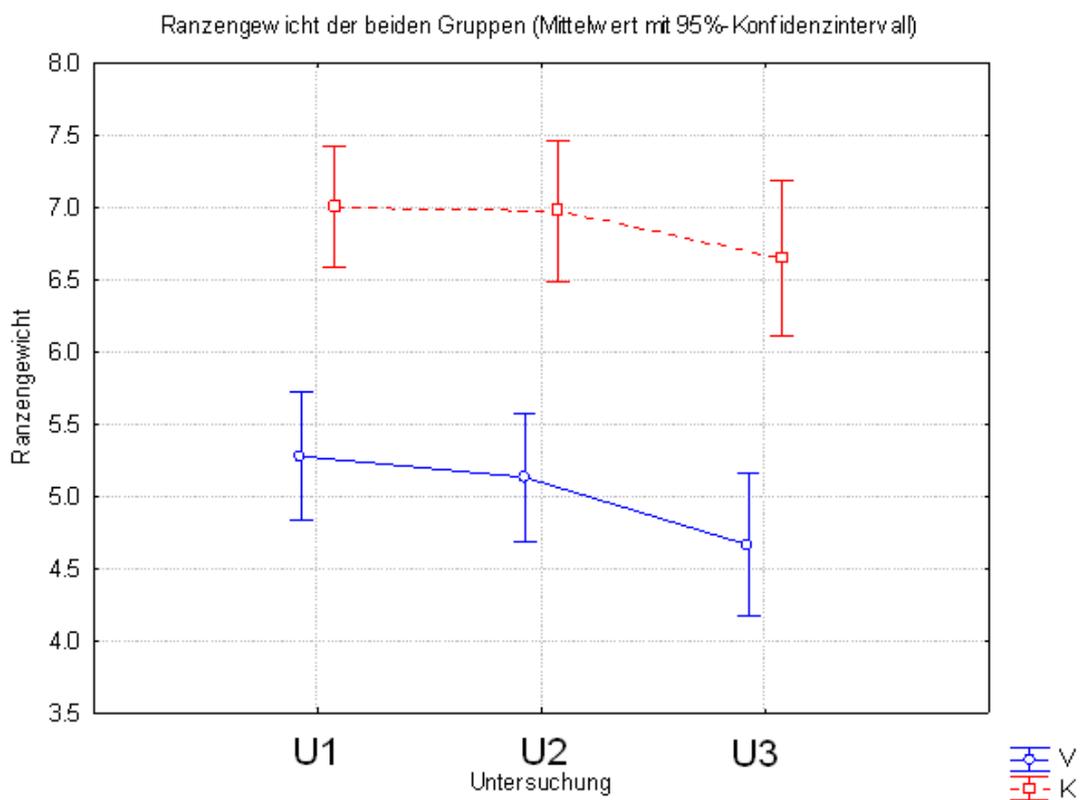


Abbildung 20: Schulranzengewicht während der 3 Untersuchungszeitpunkte



**Schulranzengewichte sind jeweils zwischen Kontroll (K)- und Versuchsgruppe (V)  $p < 0,0001$  und somit signifikant unterschiedlich.**

Abbildung 21: Ranzengewicht in kg der beiden Gruppen in den 3 Untersuchungszeitpunkten, aus: Lange 2010

### 3.4 Körperliche Untersuchung

Von den untersuchten Kindern wiesen 11 (12,64%) einen pathologischen Befund auf:

- n=7 einen Rippenbuckel
- n=5 einen Lendenwulst
- davon n=1 Kind, welches sowohl Rippenbuckel als auch Lendenwulst aufwies.

Diese Pathologien änderten sich während des Untersuchungszeitraumes nicht.

Die Beweglichkeit der Wirbelsäule wurde mit drei bereits in Abschnitt 2.1.3 ausführlich beschriebenen Testmethoden untersucht: mit dem Finger-Boden-Abstand (FBA) die Beweglichkeit der gesamten Wirbelsäule, mit dem Test nach Ott der Bewegungsumfang der Brustwirbelsäule und mit dem Test nach Schober die Beweglichkeit der Lendenwirbelsäule.

#### 3.4.1 Untersuchung des Finger-Boden-Abstandes

Die Gesamtbeweglichkeit der Wirbelsäule im Rahmen der Untersuchung des FBA wurde als unauffällig bewertet, wenn die Probanden beim Vornüberbeugen mit durchgestreckten Knien mindestens mit den Fingerspitzen den Boden berühren konnten.

Untersuchung 1	Versuchsgruppe Jungen n=15	Versuchsgruppe Mädchen n=16	Kontrollgruppe Jungen n=27	Kontrollgruppe Mädchen n=29
FBA $\geq$ 10cm [%]	40	18,75	40,74	13,79
Unauffällig [%]	60	81,25	59,26	86,21

Tabelle 8 Finger-Boden-Abstand Untersuchung 1

Untersuchung 2	Versuchsgruppe Jungen n=15	Versuchsgruppe Mädchen n=16	Kontrollgruppe Jungen n=26	Kontrollgruppe Mädchen n=27
FBA >/= 10cm [%]	26,67	6,25	34,62	14,81
Unauffällig [%]	73,33	93,75	75,38	85,19

Tabelle 9 Finger-Boden-Abstand Untersuchung 2

Untersuchung 3	Versuchsgruppe Jungen n=12	Versuchsgruppe Mädchen n=16	Kontrollgruppe Jungen n=25	Kontrollgruppe Mädchen n=24
FBA >/= 10cm [%]	50	25	40	25
Unauffällig [%]	50	75	60	75

Tabelle 10 Finger-Boden-Abstand Untersuchung 3

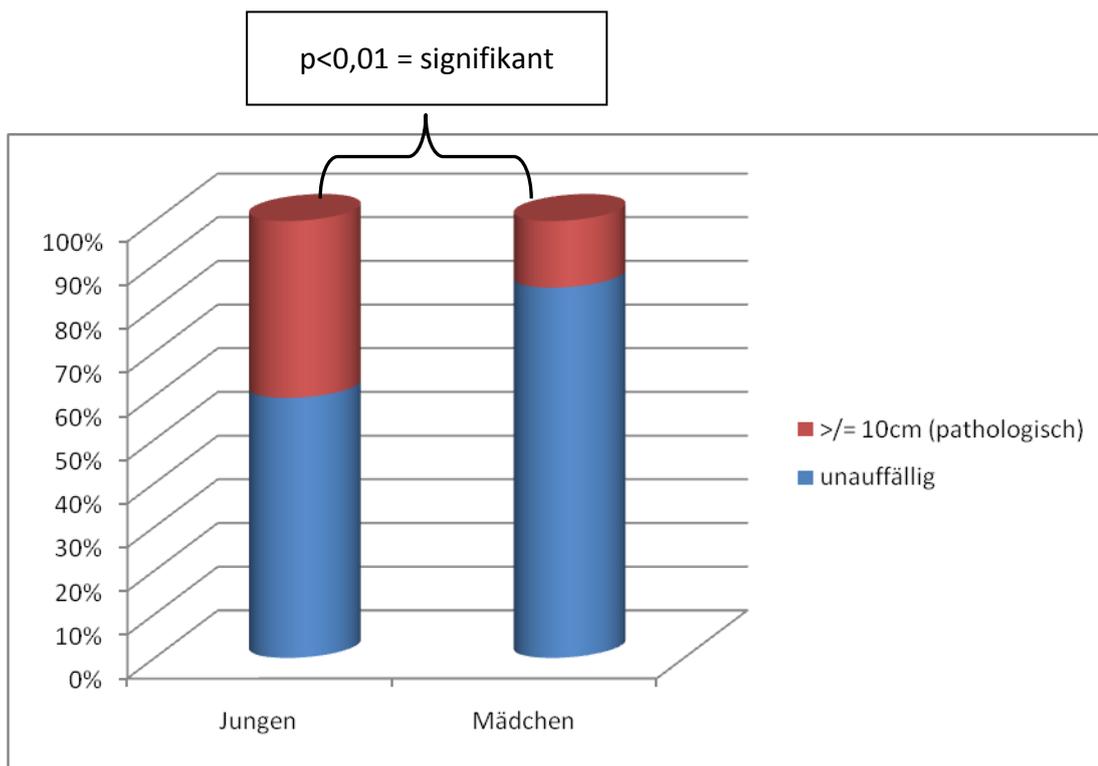


Abbildung 22: Finger-Boden-Abstand im Vergleich zwischen Mädchen und Jungen Untersuchung 1, t-Test

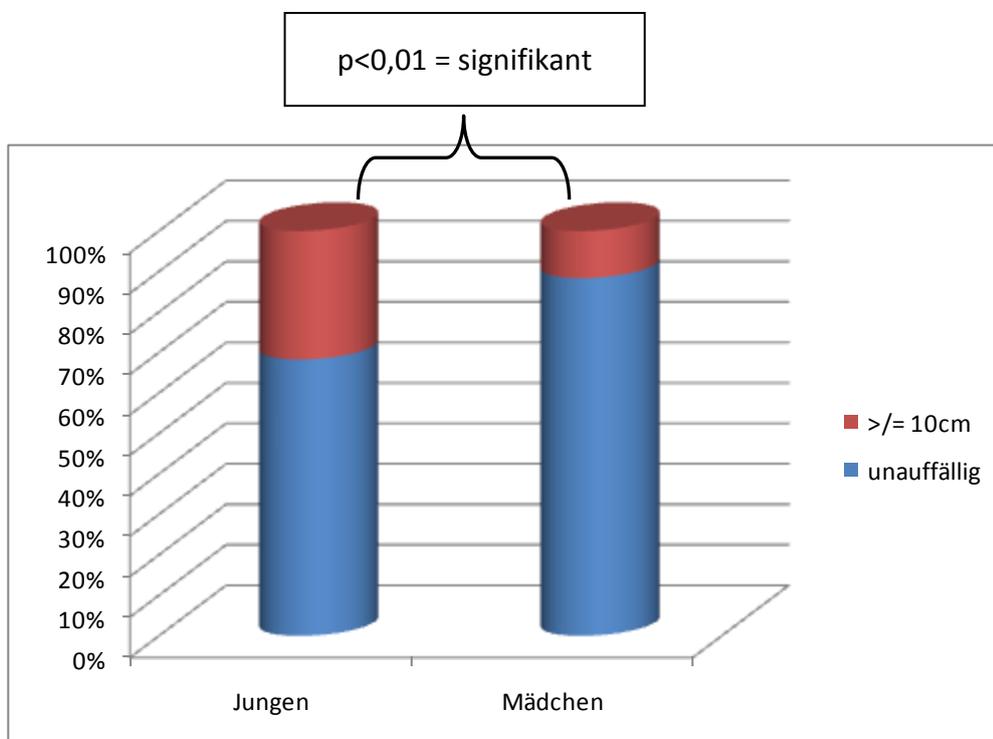


Abbildung 23: Finger-Boden-Abstand zwischen Mädchen und Jungen Untersuchung 2, t-Test

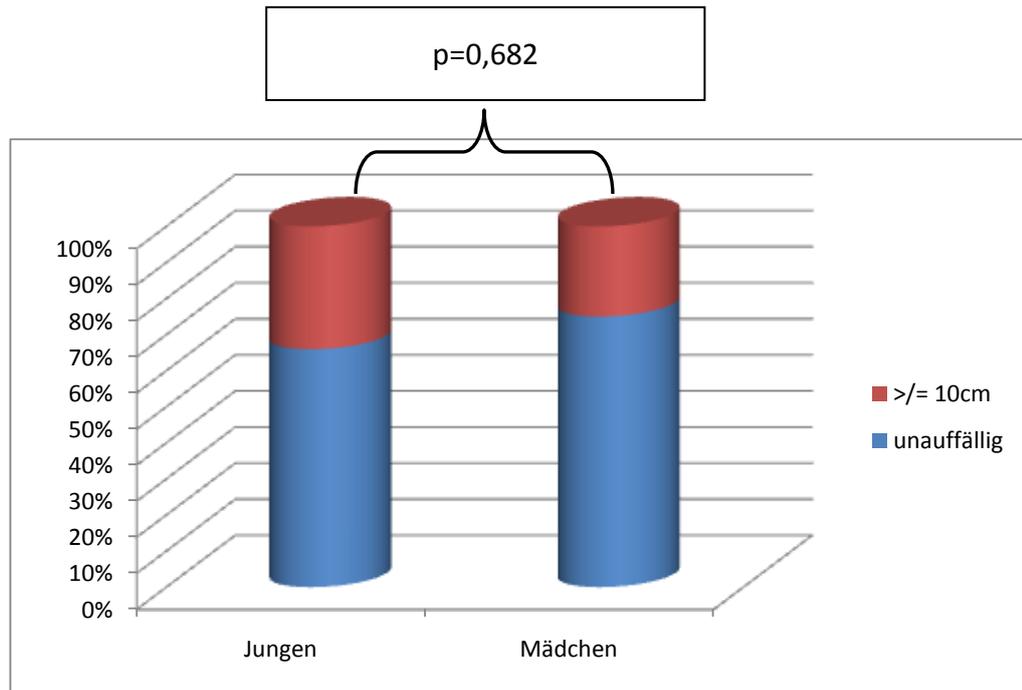


Abbildung 24: Finger-Boden-Abstand zwischen Mädchen und Jungen Untersuchung 3, t-Test

Beimden Untersuchungen des Finger-Boden-Abstandes zum Untersuchungszeitpunkt 1 wiesen 40% der Jungen einen pathologischen Befund auf, wohingegen es bei den Mädchen nur 15% waren.

Zum Untersuchungszeitpunkt 2 waren es bei den Jungen 30% mit pathologischen Werten und bei den Mädchen 10%.

Untersuchungszeitpunkt 3 zeigte bei 35% der Jungen einen pathologischen Finger-Boden-Abstand, bei den Mädchen waren es 25%.

Unterschiede zwischen Versuchsgruppe und Kontrollgruppe konnten nicht festgestellt werden.

### 3.4.2 Untersuchung des Tests nach Schober

Bei den Tests nach Ott und Schober sollte sich der Abstand zwischen zwei Markierungen auf der Wirbelsäule verlängern.

Beim Zeichen nach Schober, der Maßzahl für die Beweglichkeit der Lendenwirbelsäule, sollte die normale Verlängerung 5 bis 6cm betragen.

Versuchsgruppe Jungen	Untersuchung 1, n= 15	Untersuchung 2, n=15	Untersuchung 3, n=12
Schober-Zeichen unauffällig	9 (60%)	3 (20%)	5 (50%)
Schober-Zeichen positiv	6 (40%)	12 (80%)	7 (50%)

Tabelle 11 Zeichen nach Schober im Verlauf der Untersuchungen, Versuchsgruppe Jungen

Versuchsgruppe Mädchen	Untersuchung 1, n=16	Untersuchung 2, n=16	Untersuchung 3, n=16
Schober-Zeichen unauffällig	11 (68,75%)	7 (43,75%)	8 (50%)
Schober-Zeichen positiv	5 (31,25%)	9 (56,25%)	8 (50%)

Tabelle 12 Zeichen nach Schober im Verlauf der Untersuchungen, Versuchsgruppe Mädchen

Kontrollgruppe Jungen	Untersuchung 1, n=27	Untersuchung 2, n=26	Untersuchung 3, n=25
Schober-Zeichen unauffällig	24 (88,89%)	11 (42,31%)	16 (64%)
Schober-Zeichen positiv	3 (11,11%)	15 (57,7%)	9 (36%)

Tabelle 13 Zeichen nach Schober im Verlauf der Untersuchungen, Kontrollgruppe Jungen

Kontrollgruppe Mädchen	Untersuchung 1, n=29	Untersuchung 2, n=27	Untersuchung 3, n=24
Schober-Zeichen unauffällig	18 (62,07%)	9 (33,33%)	8 (33,33%)
Schober-Zeichen positiv	11 (37,93%)	18 (66,67%)	16 (66,67%)

Tabelle 14 Zeichen nach Schober im Verlauf der Untersuchungen, Versuchsgruppe Mädchen

### 3.4.3 Untersuchung des Tests nach Ott

Beim Zeichen nach Ott, der Maßzahl für die Beweglichkeit der Brustwirbelsäule, sollte die normale Verlängerung bei Vorwärtsneigung 3 bis 4cm betragen. Das Ott-Zeichen wird positiv bei einer Bewegungseinschränkung der Wirbelsäule von <3cm.

Versuchsgruppe Jungen	Untersuchung 1, n=15	Untersuchung 2, n=15	Untersuchung 3, n=12
Ott-Zeichen unauffällig	11 (73,33%)	12 (80%)	7 (58,33%)
Ott-Zeichen positiv	4 (26,67%)	3 (20%)	5 (41,67%)

Tabelle 15 Zeichen nach Ott im Verlauf der Untersuchungen, Versuchsgruppe Jungen

Versuchsgruppe Mädchen	Untersuchung 1, n=16	Untersuchung 2, n=16	Untersuchung 3, n=16
Ott-Zeichen unauffällig	13 (81,25%)	13 (81,25%)	9 (56,25%)
Ott-Zeichen positiv	3 (18,75%)	3 (18,75%)	7 (43,75%)

Tabelle 16 Zeichen nach Ott im Verlauf der Untersuchungen, Versuchsgruppe Mädchen

Kontrollgruppe Jungen	Untersuchung 1, n=27	Untersuchung 2, n=26	Untersuchung 3, n=25
Ott-Zeichen unauffällig	22 (81,48%)	19 (73,07%)	21 (84%)
Ott-Zeichen positiv	5 (18,52%)	7 (26,92%)	4 (16%)

Tabelle 17 Zeichen nach Ott im Verlauf der Untersuchungen, Kontrollgruppe Jungen

Kontrollgruppe Mädchen	Untersuchung 1, n=29	Untersuchung 2, n=27	Untersuchung 3, n=24
Ott-Zeichen unauffällig	9 (62,07%)	8 (33,33%)	22 (91,67%)
Ott-Zeichen positiv	20 (37,93%)	19 (66,67%)	2 (8,33%)

Tabelle 18 Zeichen nach Ott im Verlauf der Untersuchungen, Kontrollgruppe Mädchen

### Untersuchung 1:

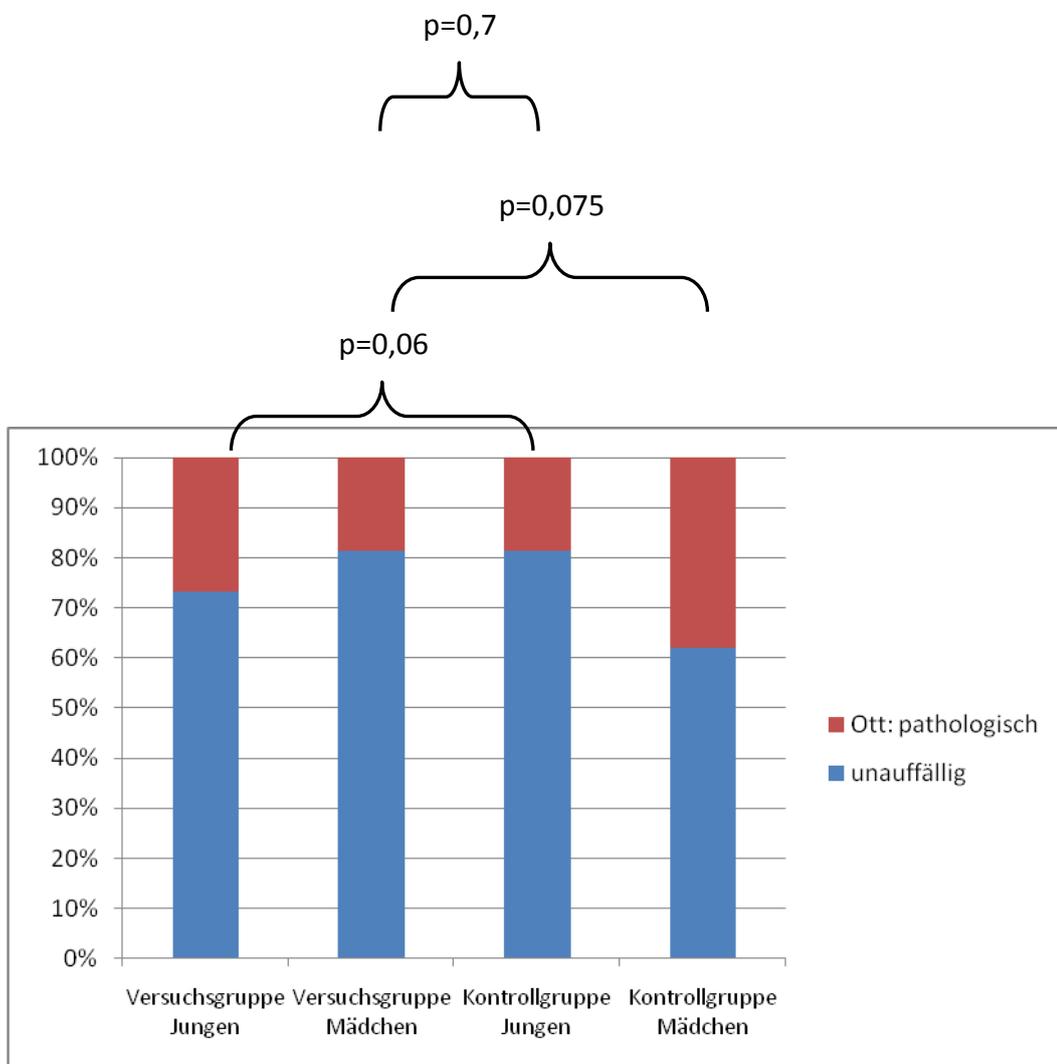


Abbildung 25: Die Beweglichkeit der BWS nach Ott in Abhängigkeit von Geschlecht und Gruppe Untersuchung 1, t-Test

## Untersuchung 2:

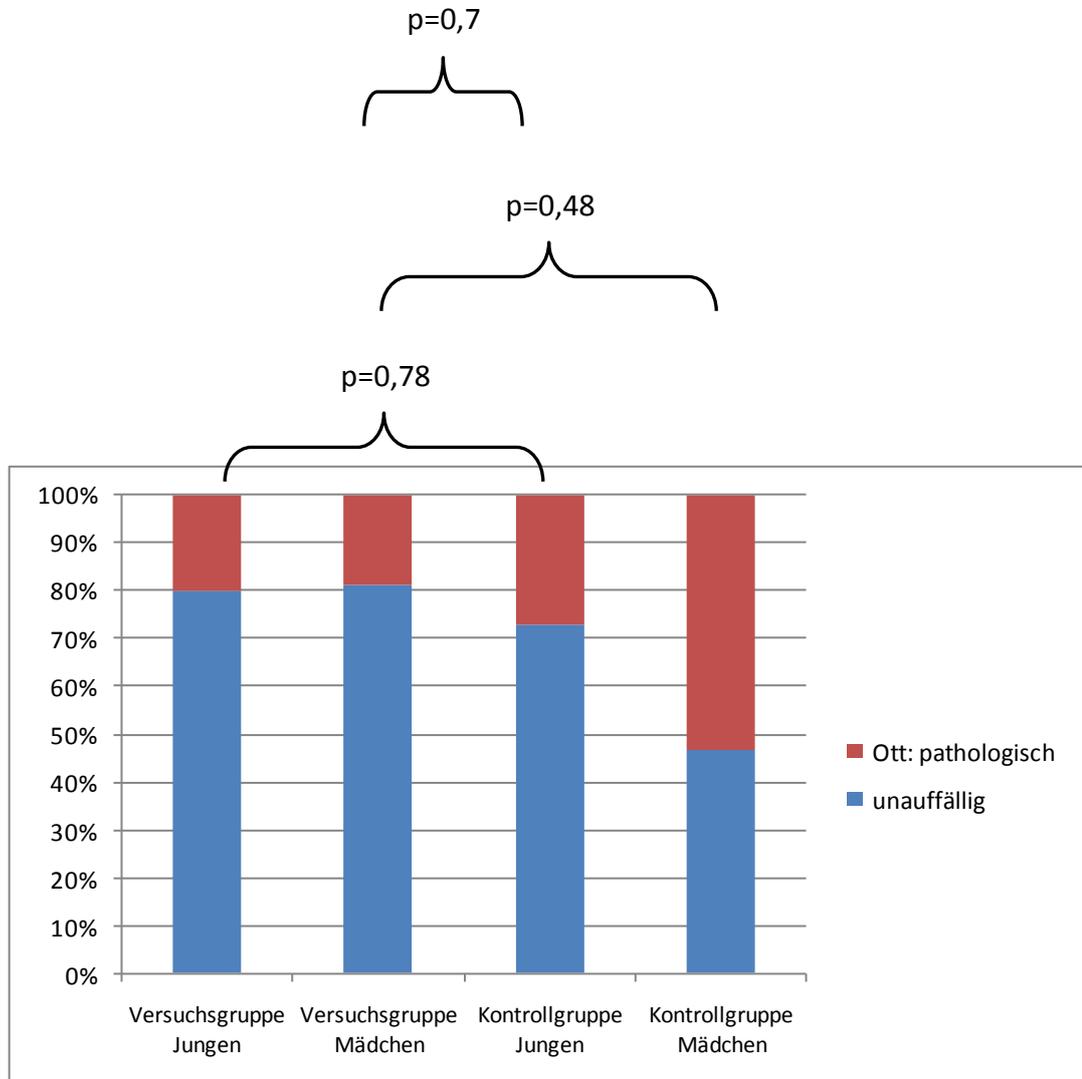


Abbildung 26: Die Beweglichkeit der BWS nach Ott in Abhängigkeit von Geschlecht und Gruppe Untersuchung 2, t-Test

### Untersuchung 3:

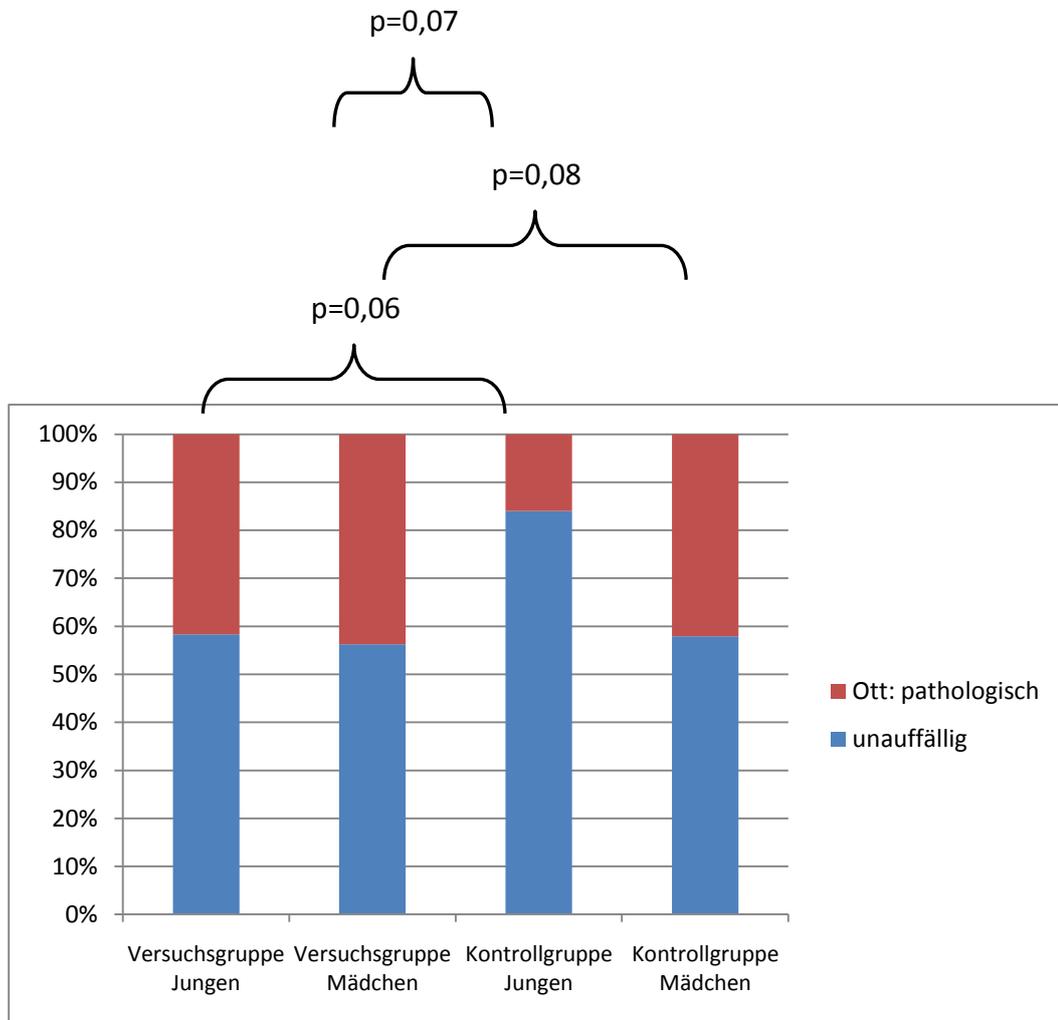


Abbildung 27: Die Beweglichkeit der BWS nach Ott in Abhängigkeit von Geschlecht und Gruppe Untersuchung 3, t-Test

### Untersuchung 1:

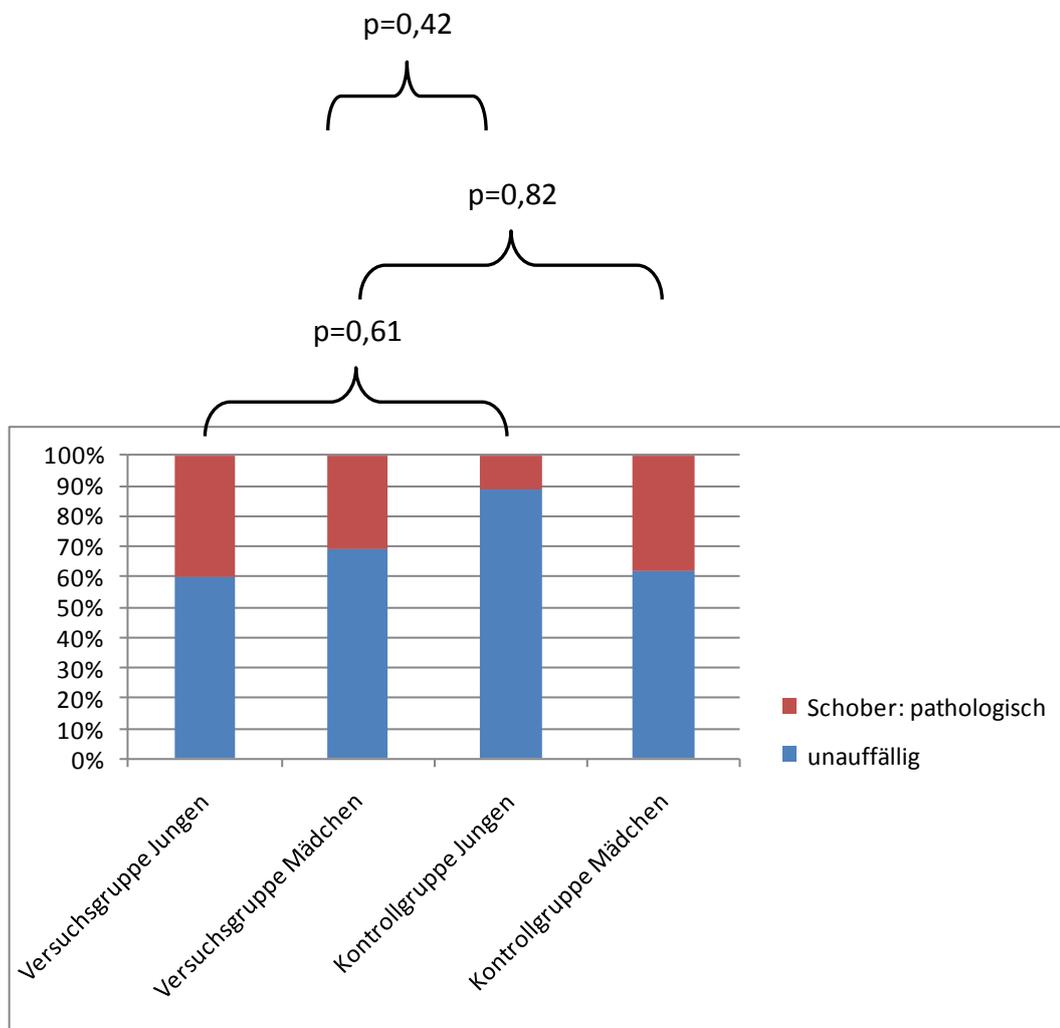


Abbildung 28: Die Beweglichkeit der LWS nach Schober in Abhängigkeit von Geschlecht und Gruppe Untersuchung 1, t-Test

## Untersuchung 2:

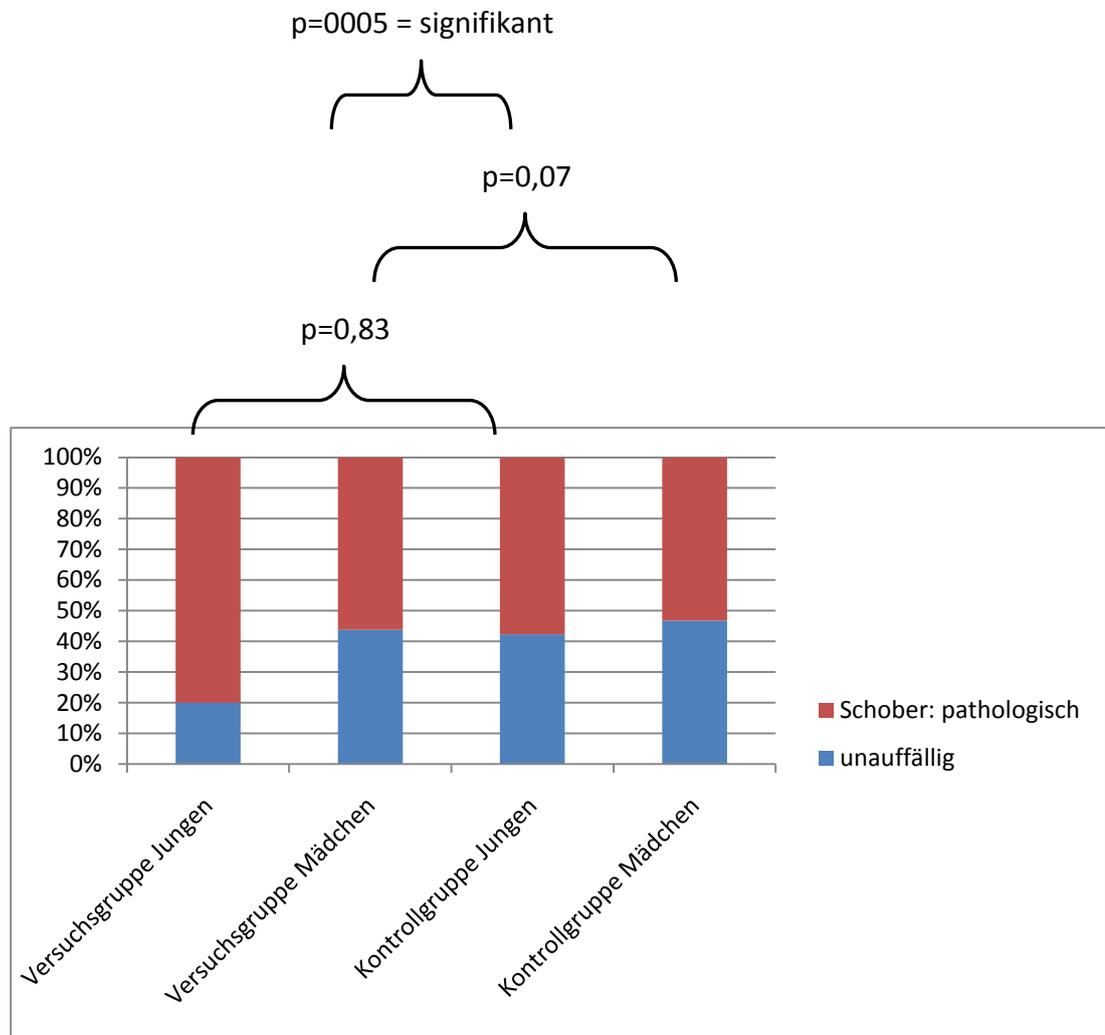


Abbildung 29: Die Beweglichkeit der LWS nach Schober in Abhängigkeit von Geschlecht und Gruppe Untersuchung 2, t-Test

### Untersuchung 3:

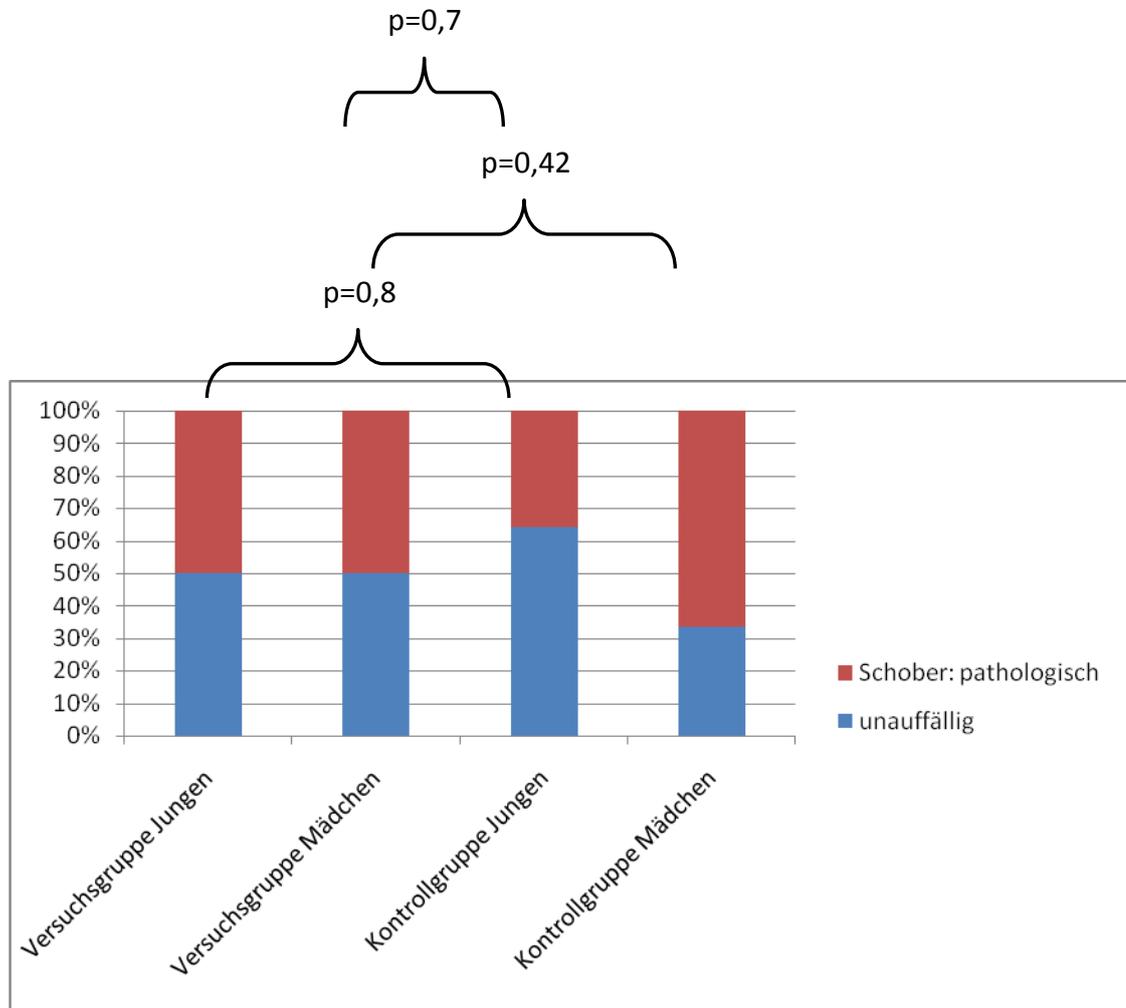


Abbildung 30: Die Beweglichkeit der LWS nach Schober in Abhängigkeit von Geschlecht und Gruppe Untersuchung 3, t-Test

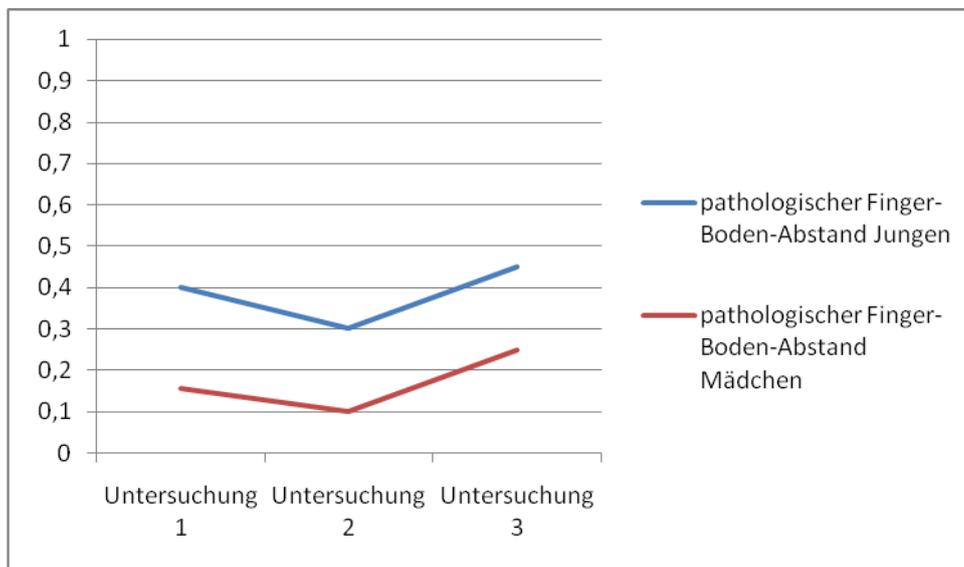


Abbildung 31: Pathologische Werte bei der Untersuchung des Finger-Boden-Abstandes in den 3 verschiedenen Untersuchungszeitpunkten im Vergleich zwischen Mädchen und Jungen, aus: Lange 2010

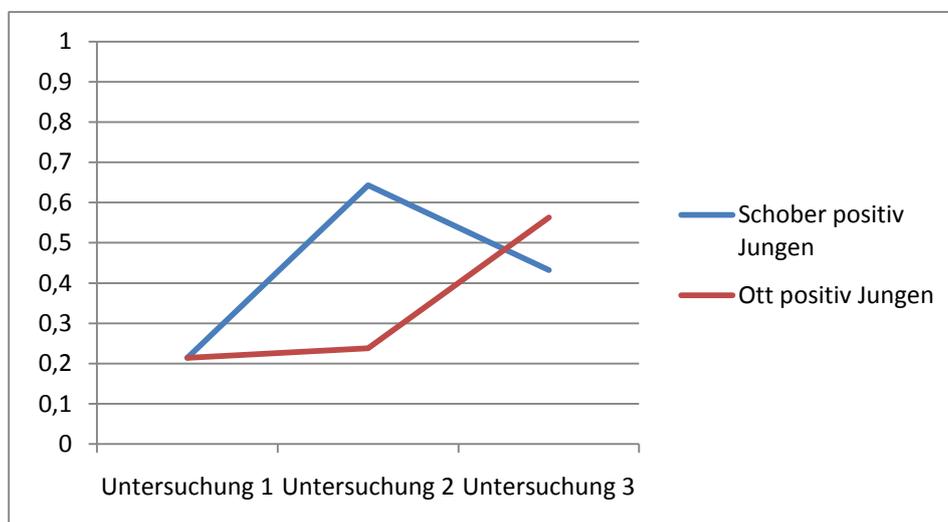


Abbildung 32: Positives Schober- und Ott-Zeichen bei den Jungen in den 3 Untersuchungszeitpunkten, aus: Lange 2010

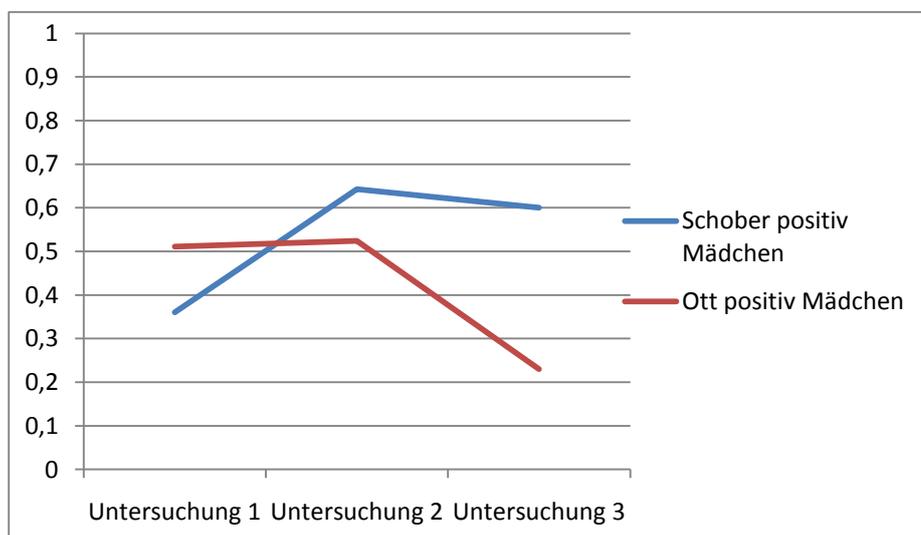


Abbildung 33: Positives Schober- und Ott Zeichen bei den Mädchen in den 3 Untersuchungszeitpunkten, aus: Lange 2010

Bei der Untersuchung des Zeichens nach Schober zeigten in Untersuchungszeitpunkt 1 bei den Jungen  $n=9$  (21%) ein pathologisches Ergebnis, bei den Mädchen waren es  $n=16$  (36%).

In Untersuchungszeitpunkt 2 waren es bei den Jungen  $n=27$  (66%) und bei den Mädchen  $n=27$  (63%).

In Untersuchungszeitpunkt 3 hatten bei den Jungen  $n=16$  (43%) ein positives Schober-Zeichen, bei den Mädchen waren es  $n=24$  (60%).

Bei der Untersuchung des Zeichens nach Ott zeigten in Untersuchungszeitpunkt 1 bei den Jungen  $n=9$  (21%) ein pathologisches Ergebnis, bei den Mädchen waren es  $n=23$  (51%).

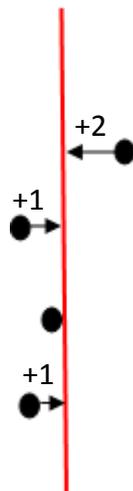
In Untersuchungszeitpunkt 2 waren es bei den Jungen  $n=10$  (24%) und bei den Mädchen  $n=24$  (56%).

In Untersuchungszeitpunkt 3 hatten bei den Jungen  $n=9$  (24%) ein positives Schober-Zeichen, bei den Mädchen waren es  $n=9$  (22,5%).

### **3.5 Messungen mit dem L.A.S.A.R.-Posture-Gerät**

Um die Vermessung der Kinder auf dem L.A.S.A.R.-Posture-Gerät auszuwerten, wurden die jeweils gemessenen Punkte zu insgesamt 5 Endpunkten zusammengefasst. Endpunkt 1 beinhaltet die Messpunkte der Kinder ohne Schulranzen auf der rechten Seite, Endpunkt 2 die Messung mit Schulranzen auf der rechten Seite, Endpunkt 3 die Messung ohne Schulranzen auf der linken Seite, Endpunkt 4 die Messung mit Schulranzen auf der linken Seite und Endpunkt 5 die Messung ohne Schulranzen am Rücken. Um den jeweiligen Endpunkt zu ermitteln, wurde der Betrag der Werte der jeweiligen Einzelmessung aufsummiert, sodass eine Abweichung von der Schwerkraftlinie in die eine Richtung eine Abweichung in die andere Richtung nicht ausgleichen kann, sondern in die Berechnung mit eingeht. Demnach entspricht ein Endpunkt der Summe der Beträge von den Abweichungen der Schwerkraftlinie.

- Endpunkt 1: Messung des sagittalen Profils der rechten Seite
- Endpunkt 2: Messung des sagittalen Profils der rechten Seite mit Schulranzen
- Endpunkt 3: Messung des sagittalen Profils der linken Seite
- Endpunkt 4: Messung des sagittalen Profils der linken Seite mit Schulranzen
- Endpunkt 5: Rückenmessung.



**Beispiel Endpunktwertberechnung:** In diesem Fall gilt für den errechneten Endpunkt (vereinfacht angenommen die Schwerpunktklinie [rot] liegt bei 0)  $E=2+1+0+1=4$

In Endpunkt 1 (sagittales Profil der rechten Seite ohne Schulranzen) zeigt sich dadurch ein signifikanter Unterschied ( $p<0,001$ ) im zeitlichen Verlauf und der Gruppe zwischen Untersuchung 1 und 2 und zwischen Untersuchung 1 und 3.

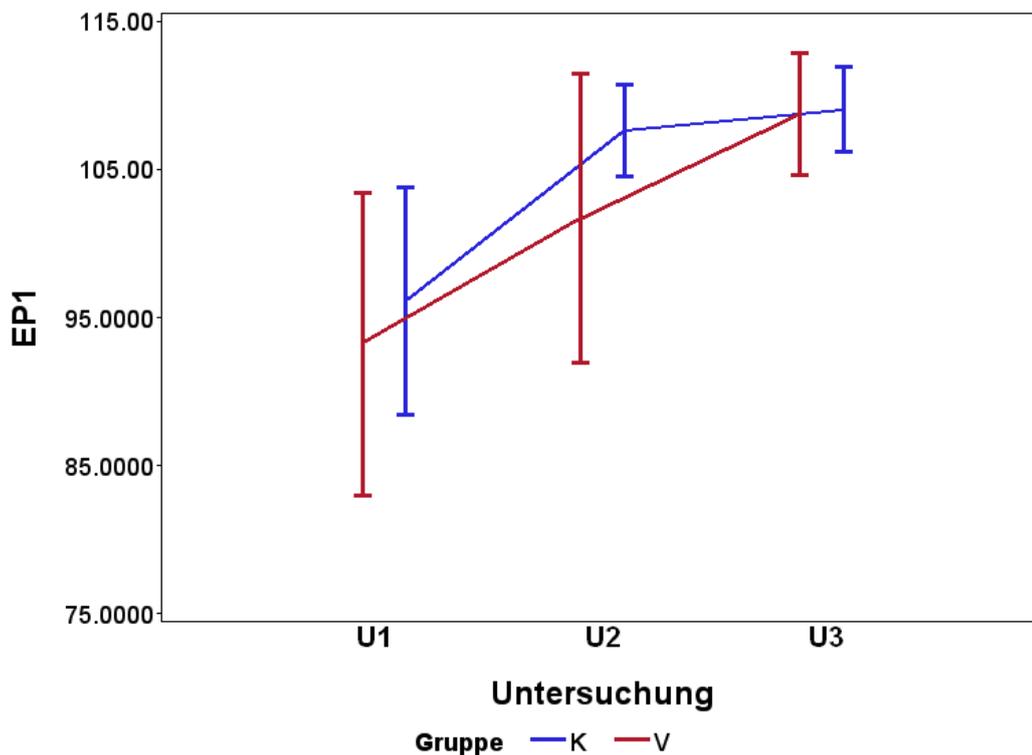


Abbildung 34: Endpunkt 1 (sagittales Profil der rechten Seite ohne Schulranzen [mm]) im Verlauf der 3 Untersuchungen (Grafik stellt auf die Kovariablen adjustierte Mittelwerte mit 95% Konfidenzintervall dar), aus: Lange 2010

In Endpunkt 2 (sagittales Profil der rechten Seite mit Schulranzen) zeigt sich ein signifikanter Unterschied im zeitlichen Verlauf mit  $p < 0,0001$  und der Gruppe mit  $p = 0,0011$  zwischen Untersuchung 1 und 2 ( $p = 0,0002$ ), sowie zwischen Untersuchung 1 und 3 ( $p < 0,0001$ ), jedoch nicht zwischen Untersuchung 2 und 3 ( $p = 0,6082$ ).

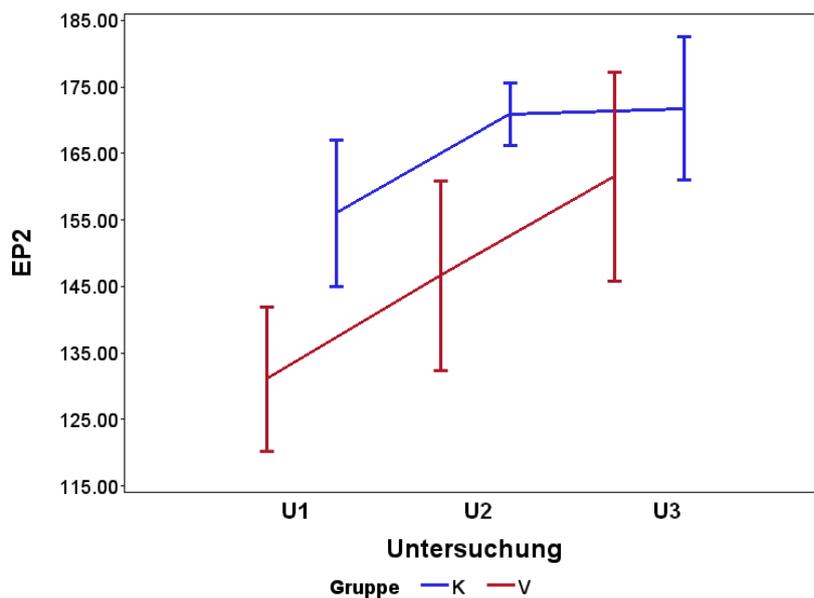


Abbildung 35: Endpunkt 2 (sagittales Profil der rechten Seite mit Schulranzen [mm], Grafik stellt auf die Kovariablen adjustierte Mittelwerte mit 95% Konfidenzintervall dar), aus: Lange 2010

Bei der Auswertung von Endpunkt 3 (sagittales Profil der linken Seite ohne Schulranzen) ergaben sich keine Unterschiede bezüglich der zu untersuchenden Faktoren.

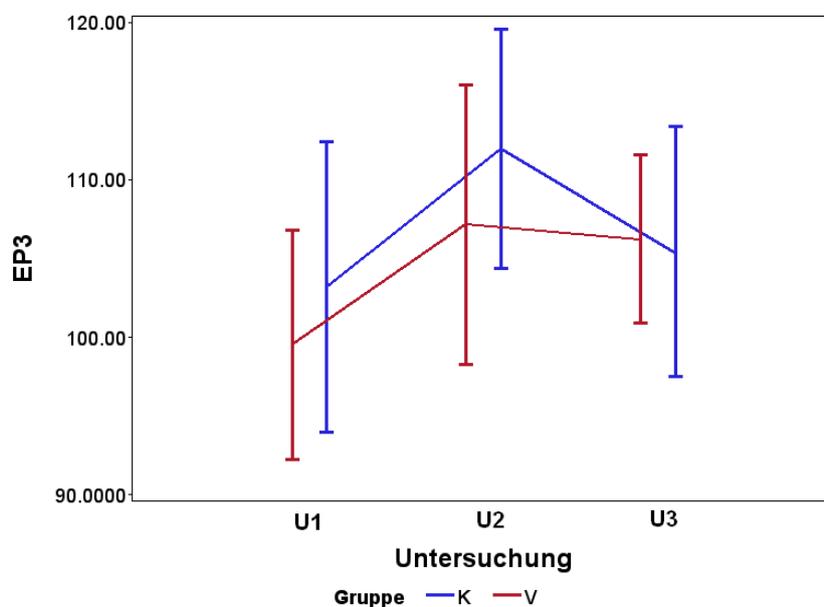


Abbildung 36: Endpunkt 3 (sagittales Profil der linken Seite ohne Schulranzen [mm], Grafik stellt auf die Kovariablen adjustierte Mittelwerte mit 95% Konfidenzintervall dar), aus: Lange 2010

Die Vergleiche in Endpunkt 4, sagittales Profil der linken Seite mit Schulranzen, ergaben einen signifikanten Unterschied mit  $p=0,0117$  in den beiden Gruppen. Das Konfidenzintervall zum Gruppenvergleich beträgt  $14,2705 \pm 11,001$ .

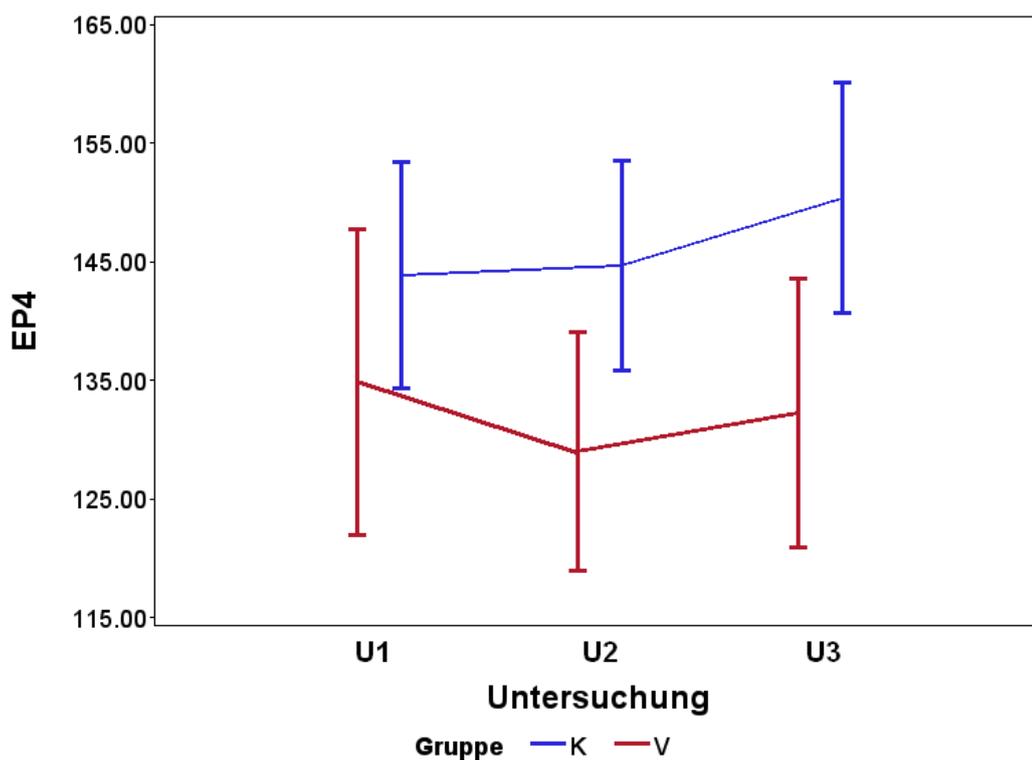


Abbildung 37: Endpunkt 4 (sagittales Profil der linken Seite mit Schulranzen [mm], Grafik stellt auf die Kovariablen adjustierte Mittelwerte mit 95% Konfidenzintervall dar), aus: Lange 2010

Endpunkt 5, Untersuchung des Rückens, zeigt einen signifikanten Unterschied im zeitlichen Verlauf mit  $p<0,0001$  zwischen den Untersuchungen 1 und 2 und den Untersuchungen 2 und 3.

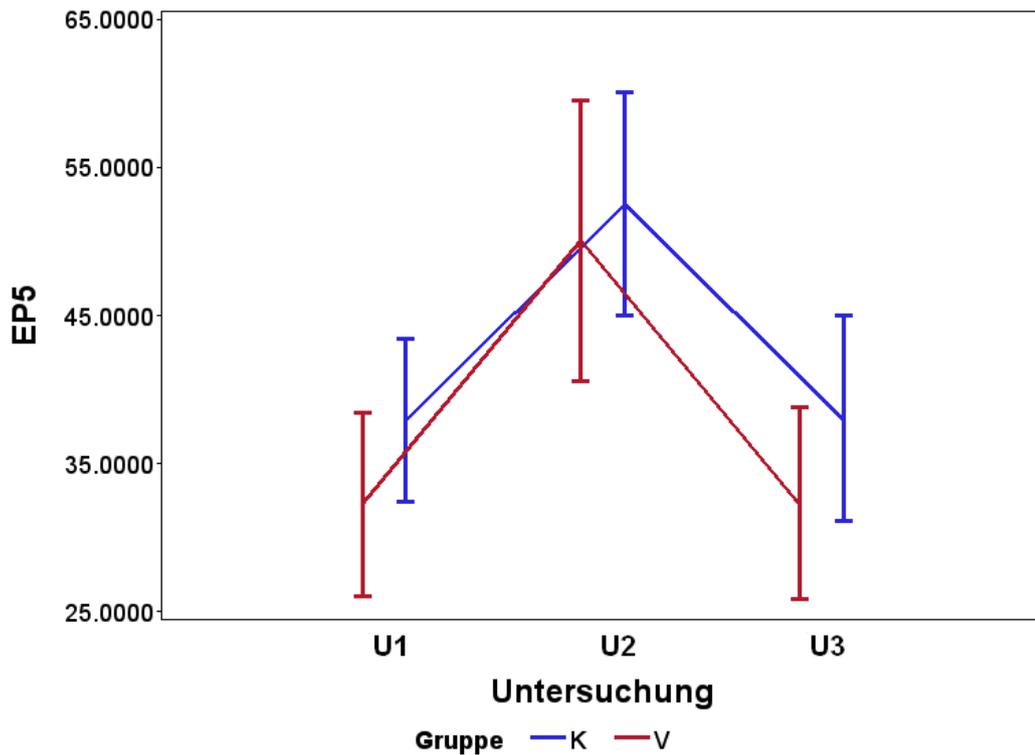


Abbildung 14: Endpunkt 5 (Rücken) [mm] Grafik stellt auf die Kovariablen adjustierte Mittelwerte mit 95% Konfidenzintervall dar), aus: Lange 2010

Demnach zeigte sich bei der Messung des sagittalen Profils der **rechten Seite ohne Ranzen** ein signifikanter Unterschied ( $p < 0,001$ ) zwischen den beiden Gruppen und den Untersuchungen. Bei derselben Messung des sagittalen Profils der **rechten Seite mit Schulranzen** zeigte sich ein signifikanter Unterschied in den Gruppen zwischen Untersuchungszeitpunkt 1 und 2 ( $p = 0,0002$ ) und zwischen Untersuchungszeitpunkt 1 und 3 ( $p < 0,0001$ ).

Bei Messung des sagittalen Profils der **linken Seite ohne Schulranzen** zeigten sich keine Singifikationen.

Bei Messung des sagittalen Profils der **linken Seite mit Schulranzen** konnte ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen ( $p = 0,0117$ ) nachgewiesen werden.

Bei der Rückenmessung konnte ein signifikanter Unterschied ( $p < 0,0001$ ) zwischen Untersuchungszeitpunkt 1 und 2, sowie zwischen 2 und 3 nachgewiesen werden.

### Zusammenfassung der Ergebnisse:

- Von insgesamt 87 Kindern, konnten letztendlich 77 ausgewertet werden (87,5%). Davon waren n=56 (64%) in die Kontrollgruppe und n=31 (36%) in die Versuchsgruppe eingebunden.
- Im Schnitt unterschieden sich die Schulranzengewichte in Untersuchungszeitpunkt 1 zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe im Mittel um 1,96kg ( $p < 0,0001$ ), zu Untersuchungszeitpunkt 2 um 1,97kg ( $p > 0,0001$ ) und in Untersuchungszeitpunkt 3 um 1,9kg ( $p < 0,0001$ ).
- Körpergröße und Zusammensetzung der Gruppe waren nicht signifikant unterschiedlich zwischen den beiden Gruppen.
- 48 der 87 teilnehmenden Schülerinnen und Schüler (55,17%) hatten schon einmal Rückenschmerzen. Von den 48 Schülerinnen und Schülern sahen 32 (66,6%) subjektiv einen direkten Zusammenhang der Rückenschmerzen mit dem Tragen des Schulranzens.
- Von den untersuchten Kindern wiesen 11 (12,64%) einen pathologischen orthopädischen Befund auf, davon n=7 einen Rippenbuckel und n=5 einen Lendenwulst (eines der Kinder wies beide Merkmale auf).
- Bei den Untersuchungen des Finger-Boden-Abstandes zum Untersuchungszeitpunkt 1 wiesen 40% der Jungen einen pathologischen Befund auf, wohingegen es bei den Mädchen 15% waren.
- Unterschiede zwischen Versuchsgruppe und Kontrollgruppe konnten nicht festgestellt werden
- Bei der Vermessung auf dem L.A.S.A.R.-Posture-Gerät des sagittalen Profils der **rechten Seite ohne Ranzen zeigte sich** ein signifikanter Unterschied ( $p < 0,001$ ) zwischen den beiden Gruppen und den Untersuchungen. Bei derselben Messung des sagittalen Profils der **rechten Seite mit Schulranzen** zeigte sich ein signifikanter Unterschied in den Gruppen zwischen Untersuchungszeitpunkt 1 und 2 ( $p = 0,0002$ ) und zwischen Untersuchungszeitpunkt 1 und 3 ( $p < 0,0001$ ).
- Bei Messung des sagittalen Profils der **linken Seite ohne Schulranzen** zeigten sich keine Signifikanzen.

- Bei Messung des sagittalen Profils der **linken Seite mit Schulranzen** konnte ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen ( $p=0,0117$ ) nachgewiesen werden.
- Bei der Rückenmessung konnte ein signifikanter Unterschied ( $p<0,0001$ ) zwischen Untersuchungszeitpunkt 1 und 2, sowie zwischen 2 und 3 nachgewiesen werden.

## 4 Diskussion

### 4.1 Interpretation der Messdaten und der Methodik

Die Zusammensetzung der Gruppen ergab, dass die Versuchsgruppe aus 31 Kindern bestand, die Kontrollgruppe aus 57 Kindern.

Die Durchschnittsgrößen beider Gruppen waren im Vergleich nicht signifikant unterschiedlich ( $p=0,59$ ) (Versuchsgruppe: 150,5cm, Kontrollgruppe: 149,9cm), allerdings unterschieden sich die Durchschnittsgewichte mit 40,1kg für die Versuchsgruppe und 42,7kg für die Kontrollgruppe signifikant ( $p<0,0001$ ).

Ein deutlicher und per Studiendesign auch gewünschter Unterschied ergab sich bei allen Untersuchungszeitpunkten für die Schulranzengewichte. Das Durchschnittsgewicht des Schulranzens der Kontrollgruppe lag zum Untersuchungszeitpunkt 1 bei 7,23kg und somit signifikant über dem der Versuchsgruppe mit 5,27kg ( $p<0,001$ ). Dies schlug sich auch im prozentualen Anteil der Schulranzengewichte zum jeweiligen Körpergewicht der Schülerinnen und Schüler nieder, welches bei der Kontrollgruppe 17,75% und hingegen bei der Versuchsgruppe nur 13,54% betrug ( $p<0,001$ ). Der Unterschied hier ist schon sehr deutlich, jedoch sollte bedacht werden, dass allgemein gültig ein Schulranzengewicht von 10% des Körpergewichtes eines jeden Kindes noch bis zum August 2010 vom Deutschen Institut für Normung (Schulranzen DIN Norm 58124 2010) empfohlen wurde. Dieses konnte im Mittel bei vorliegender Studie nicht einmal bei den Kindern, die keine Schulbücher transportieren mussten, erreicht werden.

Die Unterschiede der Haltung, gemessen mit dem L.A.S.A.R.-Posture-Gerät im zeitlichen Verlauf, ergeben sich aus der Änderung der Konstitution, die sich bei allen Probanden in einer Größen- und Gewichtszunahme zeigte. Gerade mit Eintritt in die Pubertät, in der sich die Probandinnen und Probanden zum Untersuchungszeitpunkt befanden, ist diese Änderung bekanntlich am deutlichsten zu beobachten.

Während des Untersuchungszeitraumes zeigte sich von U1 bis U2 in der Kontrollgruppe ein signifikanter Unterschied in Größe ( $p<0,0001$ ) und Gewicht ( $p<0,001$ ), sowie von U2 zu U3 in Größe ( $p<0,001$ ) und Gewicht ( $p<0,001$ ).

In der Versuchsgruppe zeigte sich ebenso jeweils ein signifikanter Unterschied in Größe ( $p < 0,001$ ) und Gewicht ( $p = 0,0002$ ) von U1 zu U2 und in Größe ( $p < 0,001$ ) und Gewicht ( $< 0,001$ ) von U2 zu U3.

## **4.2 Interpretation Schmerzanamnesefragebogen**

Laut einer Studie von Koroivessis et al. (2004) zeigten Mädchen und Jungen in einem Alter von 11 Jahren die höchste Prävalenz für das Auftreten von Rückenschmerzen. Die vorliegende Studie umfasst genau diese Altersgruppe der Probanden.

Aus der vorliegenden Studie geht hervor, dass 55,1% der befragten Schülerinnen und Schüler schon einmal Rückenschmerzen hatten. Hiervon klagten mehr Mädchen (32,18%) als Jungen (22,99%) über dieses Problem.

In einer Studie, bei der 1540 Kinder im Alter von 11 bis 14 Jahren teilnahmen, konnten sich 37% der Befragten daran erinnern, schon einmal Rückenschmerzen gehabt zu haben [Skaggs 2006]. Auch hier zeigte sich, dass mit 43% mehr Mädchen unter Rückenschmerzen leiden im Vergleich zu Jungen, bei denen nur 32% davon berichteten, was mit unseren Beobachtungen übereinstimmt.

Auch die Untersuchungen von Siambanes et al. (2004) ergaben, dass Mädchen eher unter Rückenschmerzen leiden als Jungen.

Zu demselben Ergebnis kamen auch Koroivessis et al. (2005), die in ihrer Studie mit 1263 Teilnehmern, welche anhand eines Fragebogens nach Rückenschmerzen während der Schulzeit und in den Ferien befragt wurden, ebenso herausfanden, dass Mädchen öfter und in höherer Schmerzintensität von Rückenschmerzen betroffen waren als gleichaltrige Jungen.

Diese Korrelation von Rückenschmerzen und dem weiblichen Geschlecht lässt sich auch in weiteren Studien nachweisen [Koroivessis et al. 2004, Koroivessis et al. 2005].

In der vorliegenden Studie sahen 32 von 48 Schülerinnen und Schülern subjektiv einen direkten Zusammenhang zwischen dem Tragen der schweren Schulranzen und dem Auftreten von Rückenschmerzen. Dies entspricht 66,61% der Probanden.

In der Studie von Skaggs (2006) konnten diese Korrelation sogar 82% benennen und berichteten zudem von einer Verschlimmerung der Schmerzen durch das Schulranzengewicht.

In der Querschnittsstudie von Talbott et al. (2009) sahen hingegen nur 33,5% einen Zusammenhang zwischen dem Tragen von Schulranzen und erlebten Schmerzen.

Bei der Befragung nach der Häufigkeit des Auftretens von Rückenschmerzen ergab sich, dass die meisten Schülerinnen und Schüler von einem einmaligen Ereignis einer Schmerzattacke berichten konnten (33%). Unter allen Probanden waren jedoch auch zwei Schülerinnen, die angaben, jeden Tag unter Rückenschmerzen zu leiden. Anhand der VAS (visuelle Analog-Skala) konnte ermittelt werden, dass sich die Schmerzen hauptsächlich in einem mittleren Intensitätsbereich zwischen 4 bis 6 von 10 befanden (25,52%). Von einem Probanden (n=1, 0,02%) wurden die Schmerzen als äußerst schmerzhaft mit dem Wert 9 von 10 angegeben. Zu beachten ist hier die deutlich subjektiv geprägte Bewertung, die einen direkten Vergleich der Schmerzintensität sehr schwierig macht.

Die Studie von Skaggs et al. (2006) ermittelte, dass 34% der Probanden sich in ihrer normalen Aktivität beeinträchtigt sahen. In der vorliegenden Studie konnten 6,9% der Schülerinnen und Schüler von dieser Einschränkung berichten.

Rückenschmerz bei Schulkindern kann somit wohl nicht nur dem schweren Tragen durch die Last des Schulranzens zugeschrieben werden. Es scheint ein multifaktorielles Zusammenspiel zu sein, das zu Schmerzen führt.

So konnte in Studien gezeigt werden, dass das weibliche Geschlecht, jüngeres Lebensalter oder ein positives Screeningergebnis für eine Skoliose ebenso mit Rückenschmerzen korrelieren wie hohes Schulranzengewicht (Skaggs et al. 2006). Die positive Korrelation mit dem weiblichen Geschlecht berichten auch Viry et al. 1999 und Talbott et al 2009. Zudem wird geschildert, dass Mädchen, die Sport ausüben eher zu Rückenschmerzen neigen als Jungen, die sich sportlich betätigen (Korovessis et al. 2004).

Auch psychosoziale Faktoren spielen eine Rolle für das Vorhandensein von Rückenschmerzen. Man fand heraus, dass auch psychische Überlastung oder Instabilität, sowie wenig oder ein hoher Grad an physischer Aktivität Rückenschmerzen beeinflussen. [Reneman et al. 2006]

Daher kann man dem Schulranzengewicht wohl nicht die alleinige Schuld an Rückenschmerzen zuordnen, sondern muss die Schülerinnen und Schüler in ihrer Gänze, in ihrem gesamten Umfeld und Handlungsraum mit einbeziehen.

In einem systemischen Review von Lindstrom-Hazel (2009) wurden 10 epidemiologische Artikel untersucht. Die meisten Übereinstimmungen zeigten sich darin, dass Mädchen mehr unter Rückenschmerzen leiden als Jungen, die

Zeit, in der ein Schulranzen getragen wird einen großen Anteil zu Rückenschmerzen beiträgt und, dass das psychosoziale Verhalten ebenso Rückenschmerzen beeinflusst.

Hierbei wird deutlich, wie breitgefächert die Einflussgrößen auf Rückenschmerzen sein müssen.

Zudem kommt, dass auch das durch die Kinder selbst wahrgenommene Gewicht des Schulranzens mit Rückenschmerzen korreliert und nicht mit dem wirklichen, objektiv messbaren Schulranzengewicht [Van Gent et al. 2003].

### **4.3 Schulranzengewichte**

Um zu erfassen, inwieweit sich die Schulranzengewichte von der 4. Jahrgangsstufe zur 5. Jahrgangsstufe verändern, wurde eine einmalige Messung der Schulranzengewichte einer 4. Grundschulklasse in Hannoversch Münden (Niedersachsen, Grundschule am Wall) durchgeführt. Hier betrug das durchschnittliche Schulranzengewicht 4,87kg. Allerdings fand diese Messung zeitnah an den Sommerferien statt, sodass die Schulranzen laut Lehrern der Schule zu diesem Zeitpunkt als eher leicht beurteilt wurden. Es zeigt sich ein deutlicher Unterschied zu den Schulranzen der 5. Jahrgangsstufe verglichen mit der Kontrollgruppe, deren Schulranzen im Mittel 7,23kg betragen, um knapp 2,5kg ( $p < 0,001$ ).

Im W.A.S. Schulranzenbericht (2003) wurde bereits festgestellt, dass Erst- bis Drittklässler Schulranzengewichte tragen mussten, die um mehr als 25% über dem 10%-Wert des Körpergewichts lagen.

Negrini et al. (1999) konnten zeigen, dass die Ranzengewichte bei 12-jährigen Schülern im Durchschnitt bei 22% des Körpergewichtes lagen, bei Goodgold und Nielsen (2003) betragen die Schulranzen 14-22% des Körpergewichtes der 11- bis 14-jährigen Schüler.

An allen drei Untersuchungszeitpunkten konnte ein signifikanter ( $p_{U1} < 0,001$ ,  $p_{U2} < 0,001$ ,  $p_{U3} < 0,001$ ) Gewichtsunterschied zwischen den Schulranzen der Kontrollgruppe und denen der Versuchsgruppe festgestellt werden. So waren die Schulranzen der Versuchsgruppe im Durchschnitt ca. 2kg leichter als die der Kontrollgruppe.

Im Verlauf der Untersuchungen ergab sich, dass die Schulranzengewichte in beiden Gruppen sanken. Dies ist wohl zum einen darauf zurückzuführen, dass die Schülerinnen und Schüler ein Bewusstsein für die gewisse

Eigenverantwortlichkeit ihres individuellen Schulranzengewichtes entwickelten und genauer darauf achteten, was wirklich mit in die Schule transportiert werden musste. Zum anderen muss auch bedacht werden, dass das Schulranzengewicht der Kinder täglich unterschiedlich hoch ist. Dies liegt daran, dass Tage mit Schulfächern, in denen Bücher benutzt werden müssen, und solche, in denen kein Buch benötigt wird, unterschiedlich in der Woche verteilt sind. So kann es durchaus sein, dass eine Klasse an einem „schulbuchintensiven“ Tag untersucht und vermessen wurde, andere Klassen an diesem Tag aber kaum entsprechenden Unterricht hatten. Insbesondere zum Untersuchungszeitpunkt 3, der sich kurz vor Ende des Schuljahres befand, hatten alle Kinder nur sehr wenige Bücher mit dabei, was sich im gleichförmigen Sinken der Schulranzengewichte in beiden Gruppen niederschlug.

In der Studie von Skaggs (2006) wurde ein mittleres Schulranzengewicht von 4kg (0,2 bis 11,4kg) ermittelt. Damit lag hier das Durchschnittsgewicht der Ranzen unter dem der Versuchsgruppe in der vorliegenden Studie, was wohl einerseits mit der Nutzung von Schließfächern im amerikanischen Schulsystem zu tun hat, andererseits aber auch ein zufälliger Messeffekt, beispielsweise aufgrund des Zeitpunktes einer Messung vor den Ferien oder an einem Schultag mit wenigen Unterrichtsfächern vorliegen könnte.

In einer anderen Studie von Korovessis et al. (2005) wurde ein Schulranzengewicht von 10,6% (+/- 3,5%) des Körpergewichtes der Schülerinnen und Schüler ermittelt. In der vorliegenden Studie betrug dieses prozentuale Schulranzengewicht zum Körpergewicht der Probanden in der Versuchsgruppe 13,45% und in der Kontrollgruppe 17,75%. Auch hier zeigt sich, dass wohl in Deutschland grundsätzlich schon ein höheres Schulranzengewicht von den Schülerinnen und Schülern transportiert werden muss. Dies widerspricht der Deutschen Schulranzennorm DIN 58124, die noch bis zum August 2010 ein Maximalgewicht des Schulranzens von 10% des Körpergewichtes vorsah.

In einer Untersuchung von Siambanes et al. (2004) konnte gezeigt werden, dass ein prozentual zum Körpergewicht hohes Schulranzengewicht mit kommenden Rückenschmerzen korreliert.

#### **4.4 Auswertung körperliche Untersuchung**

Im untersuchten Kollektiv (n=87) fanden sich bei der körperlichen Untersuchung bei 12,64% der Kinder (n=11) pathologische Befunde. Von den untersuchten Kindern wiesen n=7 einen Rippenbuckel auf, bei n=5 konnte ein Lendenwulst festgestellt werden. Dies bedeutet, dass 13,79% der Probanden klinische Hinweise für eine Wirbelsäulenproblematik aufwiesen.

Im Vergleich zur Studie von Skaggs (2006), in der bei 2,9% der Probanden eine Skoliose erkannt wurde, sind dies in der vorliegenden Studie fast fünfmal so viele Verdachtsfälle dieser Erkrankung. Hierzu ist anzumerken, dass nur bei einem Probanden ein mit Krankengymnastik zu therapierender Befund erhoben wurde, bei den anderen Kindern waren Rippenbuckel und gegebenenfalls Lendenwulst nur geringgradig ausgeprägt. Dies könnte die höhere Quote erklären.

#### **4.5 Untersuchung des Finger-Boden-Abstandes, des Schober- und des Ott-Zeichens**

Bei den Untersuchungen des Finger-Boden-Abstandes fiel auf, dass deutlich mehr Jungen einen verminderten Finger-Boden-Abstand zeigten. Rund 40% der Jungen wiesen einen pathologischen Befund auf, wohingegen es bei den Mädchen nur knapp 15% waren. Unterschiede zwischen Versuchsgruppe und Kontrollgruppe konnten nicht festgestellt werden. Man kann vermuten, dass dies bei den männlichen Probanden nicht unbedingt auf eine fehlende Beweglichkeit der Wirbelsäule zurückzuführen ist. Bei Hefti heißt es hierzu: „Ein Abstand vom Boden ist allerdings weniger ein Hinweis auf eine verminderte Beweglichkeit des Rückens als auf eine Verkürzung der ischiokruralen Muskulatur.“ [Hefti 2006, S. 58-59]. Vielmehr spielen hier wohl konstitutionelle Besonderheiten in der Wachstumsphase eine ausschlaggebende Rolle. Muskeln, Sehnen und Bänder hängen im Wachstum ein wenig nach und können erst später wieder die volle Wirbelsäulenbeweglichkeit sicherstellen.

Anzumerken ist zudem noch, dass lange Kinder im Allgemeinen schneller wachsen, dadurch sind die Muskeln nicht gut gedehnt und der Finger-Boden-Abstand ist schlechter.

Die vorliegende Studie lässt einen Trend erkennen, dass sich zum zweiten Untersuchungszeitpunkt die Wirbelsäulenbeweglichkeit in beiden Gruppen wieder gebessert hatte, das Verhältnis von Wachstum der Knochen zu den Muskeln also wiederhergestellt war. Zum Untersuchungszeitpunkt 3 lässt sich dann jedoch wieder eine Verschlechterung dieses Verhältnisses erkennen, siehe hierzu Abbildungen 31, was wohl auf einen neuen Wachstumsschub beziehungsweise auf ein wiederum ungünstiges Verhältnis von Muskulatur- und Sehnenlänge zum Knochenwachstum zurückzuführen ist.

Interessant ist auch der Trend, der sich im Vergleich der pathologischen Befunde für das Schober-Zeichen bei den Jungen zeigt (Abbildung 32).

Hier lässt sich ablesen, dass die Jungen im Untersuchungszeitpunkt 2 schlechter beim Schober-Zeichen abgeschnitten haben. Bei knapp 65% der Probanden zeigte sich hierbei eine Einschränkung des Bewegungsumfanges im Bereich der Lendenwirbelsäule. Allerdings zeigte sich zum gleichen Untersuchungszeitpunkt nur bei knapp 25% der männlichen Probanden eine Einschränkung in der Beweglichkeit der Brustwirbelsäule. Dieses Ergebnis kehrte sich zu Untersuchungszeitpunkt 3 um, sodass hier nun die Jungen eine bessere Beweglichkeit in der Lendenwirbelsäule, aber eine schlechtere Beweglichkeit in der Brustwirbelsäule im Vergleich zum vorherigen Untersuchungszeitpunkt zeigten.

Bei den Mädchen zeigte sich ein ganz anderes Bild im Vergleich der drei Untersuchungen. Die Beweglichkeit der Brustwirbelsäule nahm zum dritten Untersuchungszeitpunkt deutlich zu, sodass von anfangs 50% mit auffälligem Ott-Zeichen nach eineinhalb Jahren nur noch knapp 20% übrig blieben (Abbildung 33).

#### **4.6 Interpretation Messungen mit dem L.A.S.A.R.-Posture-Gerät**

Alter der Kinder, Größe, Körpergewicht und genauso das Ausmaß der Kyphose, der Lordose und einer eventuellen Skoliose korrelieren laut Korovessis et al. (2004) nicht mit Rückenschmerzen. In der vorliegenden Studie konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Alter der Kinder ( $p > 0,05$ ), dem Geschlecht ( $p = 0,305$ ) und der Körpergröße ( $p = 0,59$ ) gefunden werden, sodass diese Kenngrößen bei der Auswertung unberücksichtigt blieben.

Skaggs (2006) konnte eine Korrelation von schweren Schulranzen ( $p = 0,001$ ), weiblichem Geschlecht ( $p < 0,001$ ) und einem positiven Untersuchungsergebnis für Skoliose feststellen. In der vorliegenden Arbeit konnte keine solche Korrelation zwischen Schulranzengewicht, dem weiblichen Geschlecht und einem positiven Untersuchungsergebnis für Skoliose ( $p > 0,05$ ) gefunden werden.

Bei der Auswertung der Vermessung von hinten (Rücken=Endpunkt 5) konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Untersuchungen festgestellt werden, nicht jedoch zwischen den zwei Gruppen. Der Unterschied zwischen den Untersuchungen, also demnach ein Unterschied im zeitlichen Verlauf, lässt sich durch die Schulranzengewichte erklären. Diese wurden mit zunehmendem Verlauf der Untersuchungsreihe eher leichter, wobei hierbei ein größerer Sprung in Richtung leichteres Gewicht in beiden Gruppen zwischen Untersuchung 2 und Untersuchung 3 stattfand. Dieser war sicherlich durch den nahen Zeitpunkt des Untersuchungstermins 3 an den Sommerferien bedingt. Man könnte also davon

ausgehen, dass sich die Haltung je nach Schwere des Schulranzens ändert. Bei längerer Belastung mit einem schwereren Schulranzen steigt die Summe der Abweichungen von der Schwerkraftlinie an, bei leichteren Gewichten sinkt sie. Dies steht im Gegensatz zur Studie von Korovessis et al. (2005), die annimmt, dass der Effekt des Schulranzentragens auf Rückenschmerzen nicht nur temporär bestünde, sondern auch über 3 Monate (Feriendauer) nach dem Absetzen des Schulranzens persistiere. Die Autoren vermuteten, dass die Rückenschmerzen durch Veränderungen an Bandscheiben, Bändern und der Rumpfmuskulatur während des Tragens des Schulranzens entstünden. Allerdings gab es bei dieser Studie keine Kontrollgruppe ohne Schulranzen. Mit der vorliegenden Studie und der Versuchsgruppe, die einen leichteren Schulranzen zu tragen hatte, lässt sich dieses zumindest teilweise widerlegen, da es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen gibt. Inwieweit sich das Tragen der unterschiedlichen Schulranzengewichte im weiteren Verlauf auswirkt, konnte mit der Studie nicht festgestellt werden. Hierfür bräuchte man einen längerfristig angelegten Versuchsaufbau.

Bei der Vermessung auf dem L.A.S.A.R.-Posture-Gerät mit Schulranzen konnte ein signifikanter Unterschied (rechte Seite  $p=0,0011$ ) zwischen der Haltung der beiden Gruppen festgestellt werden, dieser war jedoch bei Abnahme des Schulranzens nicht mehr nachweisbar. Dies legt die Vermutung nah, dass der kindliche und jugendliche Rücken noch in der Lage ist, eine schnelle Adaptation an den Ausgangszustand durchzuführen. Weiterhin stellt sich die Frage, ob der Beobachtungszeitraum nicht ausreichte, um langfristige Effekte auf die Haltung zu beurteilen. Es wäre daher empfehlenswert, längerfristig angelegte Folgestudien durchzuführen, da ja ein unmittelbarer Effekt beim Messen mit dem schwereren Schulranzengewicht festgestellt werden konnte.

Ein signifikanter Unterschied zeigte sich in den Gruppen jeweils bei den Messungen der Schwerkraftlinie von der Seite bei Probanden mit Schulranzen auf dem Rücken (Endpunkte 2 und 4). Dies bedeutet, dass es einen signifikanten Unterschied in der Haltung beim Tragen von unterschiedlich schweren Schulranzen gibt.

Abbildung 39 soll dieses verdeutlichen: Um ein schwereres Gewicht auf dem Rücken tragen zu können, muss man den Oberkörper nach vorne neigen, also eine stärkere Hüftbeugung durchführen, um nicht aus dem Gleichgewicht zu gelangen. Bei schwererem Gewicht muss zudem das Gesäß weiter nach hinten gelangen, um mit dem stärker nach vorn gebeugten Oberkörper das Gleichgewicht halten zu können.

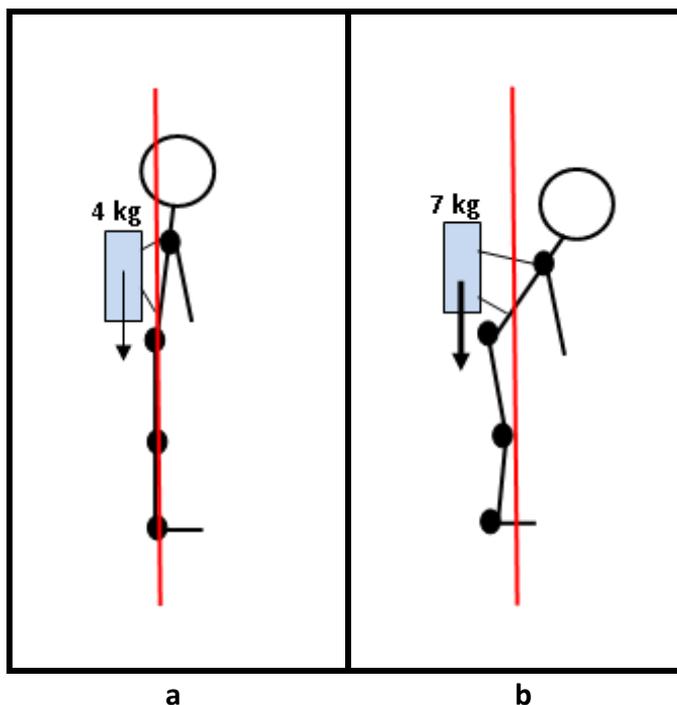
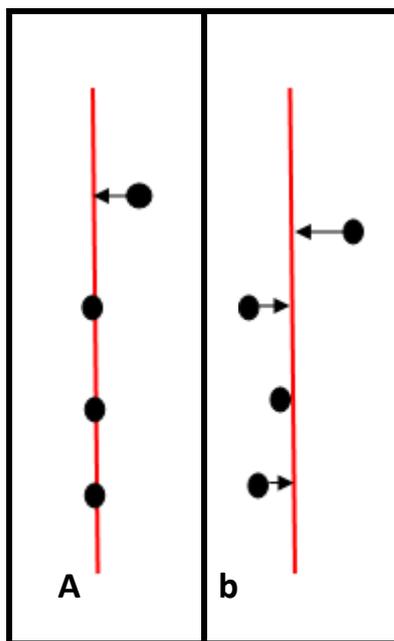


Abbildung 15: Schema des Verlaufs der Schwerkraftlinie,  
 a bei leichtem Schulranzengewicht und b bei schwerem Schulranzen



a leichtes Gewicht b schweres Gewicht

Abbildung 40: Abstand der Messpunkte von der Schwerkraftlinie, die Länge der Pfeile entspricht dem Abstand des Messpunktes von der Schwerkraftlinie

Bei einem schwereren Schulranzengewicht vergrößert sich somit die Summe der Abstände der Messpunkte von der Schwerkraftlinie.

In der Studie von Grages (2006) wiesen Kinder mit einem mit 4kg beladenen Rucksack eine signifikant ( $p < 0,001$ ) stärkere vordere Beckenkipfung über den gesamten Gangzyklus auf. Die Kinder zeigten zudem mit dem mit 4kg beladenen Rucksack eine signifikant ( $p < 0,001$ ) erhöhte Hüftbeugung bei gleichbleibendem absoluten Bewegungsumfang in der Hüfte im Vergleich zu dem Versuch ohne Rucksackgewicht. [Grages 2006] Dies stimmt mit den in der vorliegenden Studie erhobenen Befunden überein.

Endpunkt 1 und 3 zeigen jeweils die Messung mit dem L.A.S.A.R.-Posture-Gerät sagittal von der rechten (Endpunkt 1), beziehungsweise von der linken Seite (Endpunkt 3) ohne Schulranzen auf dem Rücken der Probanden. Hierbei zeigte sich bei der Messung der Schwerkraftlinie sagittal von rechts ein signifikanter Unterschied im zeitlichen Verlauf, jedoch nicht in der Gruppe. Bei der Messung der Schwerkraftlinie von links ergaben sich keine signifikant nachweisbaren Unterschiede. Somit muss man davon ausgehen, dass nach Absetzen des Schulranzengewichtes die Haltung keine Unterschiede zwischen den Gruppen aufweist.

Auch Negrini und Negrini (2007) kamen zu dem Ergebnis, dass symmetrische wie auch asymmetrische Beladung von kindlichen Wirbelsäulen eine Haltungsänderung hervorruft, aber auch, dass all diese Veränderungen wieder verschwinden, sobald das Gewicht vom Rücken abgenommen wird [Negrini und Negrini 2007].

#### **4.7 Technische Probleme der Messung**

Die Vermessung auf dem L.A.S.A.R.-Posture-Gerät erwies sich insofern zeitweise als schwierig, weil es den Kindern schwerfiel, beide Beine gleichmäßig zu belasten, während ein Bein auf der Messplatte des L.A.S.A.R.-Posture-Gerätes stand und das andere auf der Bodenausgleichsplatte platziert war.

Ein möglicher Erklärungsansatz dafür, dass keine signifikanten Werte ermittelt werden konnten, könnte sein, dass die überwiegende Mehrzahl der Probanden Rechtshänder waren, somit mit der rechten Körperseite besser die Balance halten konnten und hier eine ausgeprägtere Muskulatur vorzufinden war. Deshalb könnte die Messung von der linken Seite, also mit dem linken Bein auf der Messplatte stehend und mit dem rechten Bein auf der Bodenausgleichsplatte ausgleichend, für die Kinder schwieriger und daher die Messung störanfälliger gewesen sein.

In einer Studie, in der 12 Grundschul Kinder durch eine Ganganalyse mit einem Rucksackgewicht von 4kg untersucht wurden, konnte nachgewiesen werden, dass Kinder mit Rucksacklast im Gegensatz zum Versuch ohne Rucksacklast eine

signifikant erhöhte Instabilität in anterior-posteriorer ( $p=0,019$ ) und medio-lateraler ( $p<0,001$ ) Richtung zeigen. [Goodgold und Nielsen 2003]

Des Weiteren muss kritisch hinterfragt werden, ob die Vermessung mit dem L.A.S.A.R.-Posture-Gerät Haltungsänderungen umfassend detektieren kann. In einer Studie von Ihme et al (2002) mit 144 Kindern im Alter von 6 bis 17 Jahren kam man zu dem Ergebnis, dass viele haltungsschwache Kinder mit dem L.A.S.A.R.-Posture-Gerät nicht herausgefiltert werden konnten. [Ihme et al 2002]

#### **4.8 Fehleranalyse und Ausblick**

Zu der vorliegenden Untersuchung muss kritisch angemerkt werden, dass die Schulranzengewichte zufällig an drei verschiedenen Tagen erfasst wurden. Zur Ermittlung eines reelleren Durchschnittsgewichtes müsste man z.B. eine komplette Schulwoche lang die Schulranzen täglich wiegen und dann hieraus einen Mittelwert bilden. Somit bestünde nicht die Gefahr, dass zufällig an einem Tag mit verhältnismäßig zu leichtem Ranzen aufgrund von Unterrichtsausfall oder einem Schultag mit nur wenigen Schulfächern gemessen würde.

Um genauer die Effekte nachweisen zu können, könnte man dieselbe Versuchsreihe bei einer ersten Schulklasse durchführen, weil diese Kinder ja quasi unvorbelastet in die Schulranzen-Karriere starten und sich hier noch keine Effekte von schwereren Schulranzen in der Vergangenheit ausgewirkt haben können. Hierbei müsste dann aber auch bedacht werden, dass auch schon Kindergartenkinder Rucksäcke, z.B. für ihr Frühstück, benutzen.

Allgemein lässt sich sagen, dass das empfohlene Gewicht für Schulranzen mit 10% des jeweiligen Körpergewichtes des Kindes (DIN 58124) wohl in den aller-seltensten Fällen eingehalten wird. Hilfreich wäre hier eine genauere Überwachung des Schulranzengewichtes zum einen durch die Lehrer in der Schule, die präzisere Angaben darüber machen könnten, was am jeweiligen Schultag im Unterricht an Büchern tatsächlich benötigt wird. Zum anderen auch durch die Schulkinder selbst und ihre Eltern, die selbst dafür Sorge tragen müssten, täglich neu den Schulranzen zu packen, um unnötiges Material zu Hause lassen zu können. In einer experimentellen Studie von Negrini et al. 2004 wurde ein spezielles „Bildungsprogramm Schulranzensicherheit“ angeboten. Dieses konnte weder die Menge noch die Beschwerdestärke der Rückenschmerzen senken, aber es zeigte den Eltern, Kindern und Lehrern, wie überflüssiges Gewicht der Schulranzen eingespart werden konnte [Negrini et al. 2004].

Um wirklich sicherzustellen, dass die Kinder ohne zweiten Büchersatz tatsächlich immer schwerere Schulranzen haben, hätte man verbieten müssen, dass Schulbücher geteilt werden, bzw. keine neuen Maßnahmen zur Gewichtsreduktion zulassen dürfen. Die Eltern der Schülerinnen und Schüler hätten zwischenzeitlich vielleicht noch einmal in einem Schreiben daran erinnert werden müssen, den Kindern wirklich nur die nötigsten Gegenstände mit in die Schule zu geben. Hierdurch hätte es wahrscheinlich eine geringere Streuung im Schulranzengewicht bzw. einen noch deutlicheren Gewichtsunterschied der Schulranzen zwischen den beiden Gruppen gegeben.

Die körperlichen Untersuchungen sowie die Erhebung sämtlicher Daten wurden unverblindet durch eine Person durchgeführt. Ein Bias-Problem kann hiermit nicht ausgeschlossen werden. Um dies zu vermeiden, müsste ein unabhängiger Untersucher, der weder Gruppenzugehörigkeit noch Zielsetzung der Arbeit kennt, eingesetzt werden. Natürlich könnte es bei starken Schwankungen der Messergebnisse z.B. bei Ott- und Schober-Zeichen auch hier um ein Untersuchungs- bzw. Untersucherproblem handeln. Um dies letztlich auszuschließen, hätte eine unabhängige Nachuntersuchung durch einen Zweituntersucher gemacht werden müssen.

Zudem hätte auch der Schulweg bzw. die Art des Schultaschentransportes erhoben werden können, um hier Auswirkungen auf Auftreten und Schwere von Rückenschmerzen beurteilen zu können. Gerade im Hinblick auf die Ergebnisse der Querschnittsstudie von Talbott et al. (2009), in der bei einem Transportweg des Schulranzens von mehr als 40 Minuten Länge, 100% der Betroffenen über Schmerzen klagten. Auch Siambanes et al. (2004) fanden heraus, dass Kinder mit längerem Schulweg eher an Rückenschmerzen leiden.

Zur Erfassung der Schmerzstärken wurde eine numerische Rating-Skala verwendet. Um erinnerte Schmerzstärken wiedergeben zu können, hätte sich eine gröbere Skalierung bezüglich der erinnerten Schmerzen als besser bzw. genauer erweisen können.

Im Zuge modernerer Medien scheint es nur noch eine Frage der Zeit zu sein, bis auch Schülerinnen und Schüler mit E-Books (elektronische Bücher, die mit einem geeigneten Gerät in Taschenrechnergröße empfangen werden können) ausgestattet den Unterricht bestreiten können und so eine beachtliche Menge an Büchergewicht einsparen können.

Es wäre wünschenswert, die vorliegende Studie fortzuführen und gegebenenfalls auf mehrere Jahrgänge zu erweitern, sodass tatsächlich analysiert werden kann, ob sich ein bleibender Effekt durch das Tragen der wesentlich leichteren Schulranzen einstellt und von welcher Dauer dieser ist.

## 5 Zusammenfassung

Die Frage, ob eine Rückenbelastung im Kindes- und Jugendalter durch schwere Schulranzen im Erwachsenenalter zu krankhaften Veränderungen führt, wird kontrovers diskutiert. Studien belegen, dass Rückenschmerzen im Kindesalter keine Seltenheit sind und regelmäßig auch schon bei Kindern und Jugendlichen zu Aktivitätseinschränkungen führen.

Ziel dieser Arbeit war die Beantwortung der Frage, ob sich durch Reduktion des Gewichtes von Schulranzen Unterschiede hinsichtlich der Häufigkeit des Auftretens von Rückenschmerzen und Haltungsveränderungen bei Schülern von 5. Klassen ergeben.

An der prospektiven Untersuchung nahmen insgesamt 87 Schüler, davon 45 Mädchen und 42 Jungen, der 5. Jahrgangsstufe des Grotfend-Gymnasiums in Hannoversch Münden (Niedersachsen), teil.

Hierzu wurde durch die Bereitstellung von zwei Büchersätzen (Schule und Zuhause) für eine Versuchsgruppe von Schülern (n=31) eine Reduktion des Schulrallengewichtes erreicht. Die Kontrollgruppe (n=57) musste weiterhin wie gewohnt mit einem Büchersatz auskommen, diesen also auf dem Weg von und zur Schule transportieren.

In einem Zeitraum von einem Jahr wurde an insgesamt drei verschiedenen Untersuchungszeitpunkten (April/Mai 2009, Oktober/November 2009, Mai/Juni 2010) eine Befragung der Schüler nach Tragegewohnheiten des Schulrangs und dem Vorhandensein von Rückenschmerzen durchgeführt. Des Weiteren wurden alle Probanden klinisch untersucht und auf dem L.A.S.A.R.-Posture-Gerät (Firma: Otto Bock Health Care GmbH) vermessen. Dieses Gerät ermöglicht mithilfe einer Druckmessplatte die Schwerkraftlinie optisch durch einen Laserlichtstrahl auf den Körper des jeweiligen Probanden in mehreren Ebenen zu projizieren. Alle Messungen wurden jeweils mit und ohne Schulranzen durchgeführt.

Die Befragung der Schülerinnen und Schüler ergab, dass 48 der 87 teilnehmenden Schülerinnen und Schüler schon einmal Rückenschmerzen hatten (55,2%), wobei 66,7% von diesen einen direkten subjektiven Zusammenhang mit dem Tragen des Schulrangs angaben. Beide Gruppen wiesen bezüglich Körpergröße und Alter keinen signifikanten Unterschied auf ( $p=0,59$ ).

Bei der körperlichen Untersuchung zeigten 12,64% (n=11) der Kinder Pathologien (Rippenbuckel n=7, Lendenwulst n=5), die jedoch nur bei einem Kind (1,15%) therapiebedürftig waren.

Bei der Vermessung auf dem L.A.S.A.R.-Posture-Gerät zeigte sich, dass Kinder mit einem schwereren Schulranzen (n=56) eine signifikant ( $p < 0,0001$ ) andere Haltung einnahmen als Kinder mit dem leichten Schulranzen (n=31). Nach Abnahme der Schulranzen war in beiden Gruppen kein Unterschied mehr in der Haltung nachweisbar (Endpunkt 3  $p = 0,3398$ ).

Mit schwerer Schulranzenlast zeigten die Kinder (n=31) folgendes Haltungsmuster. Es kam zu einer vermehrten Vorneigung des Kindes mit verminderter Lordosierung in der Lendenwirbelsäule und vermehrter Kyphosierung in der Brustwirbelsäule.

Bei der Vermessung des sagittalen Profils von der rechten Seite ohne Schulranzen (Endpunkt 1) zeigte sich ein signifikanter Unterschied ( $p < 0,001$ ) lediglich im zeitlichen Verlauf der Untersuchungen zwischen Untersuchung 1 und 2 und zwischen Untersuchung 1 und 3, nicht jedoch zwischen den Gruppen. Dies bedeutet, dass nach Absetzen des Schulranzens kein Effekt auf die Haltung mehr nachweisbar ist.

In Endpunkt 2, der Vermessung des sagittalen Profils der rechten Seite mit Schulranzen, zeigte sich ein signifikanter Unterschied im zeitlichen Verlauf mit  $p < 0,0001$  und der Gruppe mit  $p = 0,0011$  zwischen Untersuchung 1 und 2 ( $p = 0,0002$ ), sowie zwischen Untersuchung 1 und 3 ( $p < 0,0001$ ), jedoch nicht zwischen Untersuchung 2 und 3 ( $p = 0,6082$ ). Schwere Schulranzen beeinflussen demnach die Haltung des Kindes anders als leichtere Schulranzen.

Bei der Auswertung von Endpunkt 3, der Vermessung des sagittalen Profils der linken Seite ohne Schulranzen, ergaben sich keine Unterschiede bezüglich der zu untersuchenden Faktoren. Hier war demnach nach Absetzen der Schulranzen in beiden Gruppen kein Effekt auf die Haltung mehr nachweisbar.

Die Vergleiche in Endpunkt 4, der Vermessungen des sagittalen Profils der rechten Seite mit Schulranzen, ergaben einen signifikanten Unterschied mit  $p = 0,0117$  in den beiden Gruppen. Hier ist ein Effekt des schwereren Schulranzengewichtes auf die Haltung nachweisbar.

Bei der Vermessung der Rücken in Endpunkt 5 zeigte sich ein signifikanter Unterschied im zeitlichen Verlauf mit  $p < 0,0001$  zwischen den Untersuchungen 1 und 2 und den Untersuchungen 2 und 3. Hier ist demnach nach Absetzen des Schulranzens kein signifikant unterschiedlicher Effekt auf die Körperhaltung zwischen beiden Gruppen nachweisbar.

Die gewonnenen Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass das Schulranzengewicht im untersuchten Kollektiv (n=87) auch nach Reduktion des Gewichtes durch einen zweiten Büchersatz bei allen Untersuchungen noch oberhalb des in der Deutschen Schulranzennorm (DIN 58124) noch bis August 2010 geforderten Maximalgewichtes eines Schulranzens von 10% des Körpergewichtes liegt. Seit November 2010 gibt es kein empfohlenes prozentuales Schulranzengewicht zum Körpergewicht in besagter DIN mehr.

Mit vermehrtem Schulranzengewicht zeigten alle Kinder eine Haltungsänderung, die jedoch in der vorliegenden Studie nach Absetzen des Ranzens reversibel war. Anhand der gewonnenen Daten kann daher in der untersuchten Altersgruppe von einer kompletten Reversibilität der Haltungspathologie innerhalb eines kurzen Zeitraumes (ein Jahr) ausgegangen werden.

Haltungsunterschiede bei der Untersuchung des Rückenprofils konnten auch nach Absetzen der Schulranzen bei den Kindern mit schwereren Schulranzen nachgewiesen werden.

Zur Klärung der Frage, ob das dauerhafte Tragen schwerer Schulranzen tatsächlich zu bleibenden Haltungsschäden führt, bedarf es einer Langzeituntersuchung mit standardisierten und konstanten Schulranzengewichtsverhältnissen.

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] Benninghoff A, Drenkhahn D: Anatomie – Makroskopische Anatomie, Histologie, Embryologie, Zellbiologie –Band 1, 17. Auflage, Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH, Amsterdam 2008
- [2] Brattberg G (2004): Do pain problems in young children persist into early adulthood? A 13-year follow-up, *European Journal of pain* 8(3), 187
- [3] Cottalorda J, Bourelle S, Gautheron V, Kohler R (2004): Backpack and spinal disease: myth or reality?, *Revue de chirurgie orthopédique et réparatrice de l'appareil moteur* 90(3), 207-214
- [4] Davis PJC, Williams HJ (2008): The investigation and management of back pain in children, *Arch Dis Child Ed Pract* 93, 73-83
- [5] Debrunner AM: Orthopädie, Orthopädische Chirurgie Patientenorientierte Diagnostik und Therapie des Bewegungsapparates, 4. vollst. Neu bearbeitete Auflage, Huber-Verlag, Bern 2005
- [6] Drewitz H, Schmal T, Blumentritt S, Milde L (2000): Anwendung des L.A.S.A.R. Posture in der Beinorthetik, *Orthopädie-Technik* 2, 92-101
- [7] Eastpak, Fall 09 Eastpak Collection, Bornem (Belgien) 2009
- [8] Goodgold SA, Nielsen D (2003): Effectiveness of school-based backpack health promotion program: Backpack intelligence. *Work*, 21(2), 113-123
- [9] Grages B: Einfluss des Schulrucksackgewichtes auf Gang, Muskelaktivität, Haltung und Stabilität bei Grundschulkindern – eine ganganalytische Studie, Medizinische Dissertation, Göttingen 2006
- [10] Hestbaek L, Leboeuf-Yde C, Kyvik KO, Minniche C (2006): The course of low back pain from adolescence to adulthood: Eight-year follow-up of 9600 twins, *Spine* 31, 468-472
- [11] Hefti F: Kinderorthopädie in der Praxis, 2. Erweiterte und vollständig überarbeitete Auflage, Springer-Verlag, Heidelberg 2006

- [12] Ihme N, Goßen D, Olszynska B, Lorani A, Kochs A (2002): Ist die Haltungsschwäche von Kindern und Jugendlichen instrumentell verifizierbar?, Zeitung für Orthopädie und ihre Grenzgebiete 140(4), 415-422.
- [13] Jones GT, Watson KD, Silman AJ, Symmons DP, Macfarlane GJ (2003): Predictors of low back pain in British schoolchildren: a population-based prospective cohort study, Pediatrics 111(4), 822-828
- [14] King HA (2001): Back pain in children, in: The Pediatric Spine: Principles, Practice, Lippincott Williams & Wilkins: Philadelphia, PA 2001, S. 123–132
- [15] Koroivessis P, Koureas G, Papazisis Z (2004): Correlation between backpack weight and way of carrying, sagittal and frontal spinal curvatures, athletic activity, and dorsal and low back pain in schoolchildren and, J Spinal Disord Tech, 17(1), 33-40
- [16] Koroivessis P, Koureas G, Zacharatos S, Papazisis Z (2005): Backpacks, back pain, sagittal spinal curves and trunk alignment in adolescents: a logistic and multinomial logistic analysis, Spine 30(2), 247-255
- [17] Lange, K, Biometrische Auswertung, Medizinische Statistik der Universität Göttingen, persönliche Mitteilung, Göttingen 2010
- [18] L.A.S.A.R.-Posture 743L100=230/110 (Bedienungsanleitung), Otto Bock Health Care GmbH, Duderstadt o.J.
- [19] Lindstrom-Hazel D (2009): The backpack problem is evident but the solution is less obvious, Work 32(3), 329-338
- [20] Marcias BR, Murthy G, Chambers H, Hargens AR (2008): Asymmetric loads and pain associated with backpack carrying by children, J Pediatr Orthop 28(5), 512-517
- [21] Negrini S, Carabalona R, Sibilla P (1999): Backpack as a daily load for schoolchildren. Lancet, 354(9194), 1974
- [22] Negrini S, Politano E, Carabalona R, Tartarotti L, Marchetti ML (2004): Clinical and social importance and efficacy of a community-based educational intervention, European Medicophysica 40, 185-190

- [23] Negrini S, Negrini A (2007): Postural effects of symmetrical and asymmetrical loads on the spines of schoolchildren, *Scoliosis* 2, 8
- [24] Neuschwander TB, Cutrone J, Macias BR, Cutrone S, Murthy G, Chambers H, Hargens AR (2010): The effect of backpacks on the lumbar spine in children: a standing magnetic resonance imaging study, *Spine* 35(1), 83-88
- [25] Reneman MF, Poels BJ, Geertzen JH, Dijkstra PU (2006): Back pain and backpacks in children: biomedical or biopsychosocial model? *Disability and Rehabilitation* 28(20), 1293-1297
- [26] Scherer HW (1999): Praktische Erfahrung mit dem Aufbaumeßgerät „L.A.S.A.R.-Posture“, *Orthopädie-Technik* 6, 468-474
- [27] Schiebler TH: Anatomie, 9. Vollständig überarbeitete Auflage, Springer-Verlag, Heidelberg 2004
- [28] Schulranzen DIN 58124 (Deutsches Institut für Normung) 2010-09, Beuth-Verlag, Berlin 2010
- [29] Sheir-Neiss GI, Kruse RW, Rahman T, Jacobson LP, Pelli JA (2003): The association of backpack use and backpain in adolescents, *Spine* 28(9), 922-930
- [30] Siambanes D, Martinez JW, Butler EW, Haider T (2004): Influence of school backpacks on adolescent back pain, *Journal Pediatric Orthopedics* 24(2), 211-217
- [31] Skaggs DL, Early SD, D'Ambra P, Tolo VT, Kay RM (2006): Back Pain and Backpacks in School Children, *J Pediatr Orthop* 26(3), 358-363
- [32] Sternjakob A, Aktuelles Schulranzenmodell, Alfred Sternjakob GmbH & Co. KG, Frankenthal 2011
- [33] Talbott NR, Bhattacharya A, Davis KG, Shukla R, Levin L (2009): School backpacks: It's more than just a weight problem, *Work* 34, 481-494
- [34] Van Gent C, Lois J, De Rover CM, Hira Sing Ra, De Vet HCW (2003): The weight of schoolbags and the occurrence of neck, shoulder and back pain in young adolescents, *Spine* 28(9), 916-921

**[35]** Viry P, Creveuil C, Marcelli C (1999): Nonspecific back pain in children. A search for associated factors in 14-year-old school-children, *Rev Rhum Engl Ed* 66, 381-388

**[36]** W.A.S. Schulranzenbericht: Untersuchung zur Belastung Wormser Schüler durch das Gewicht der Schulranzen. Wormser Arbeitsgemeinschaft Schulelternbeiräte; ohne Verlag, Abschlussbericht Worms, Nov. 2003

**[37]** Watson KD, Papageorgiou AC, Jones GT, Taylor S, Symmons DP, Silman AJ, Macfarlane GJ (2003): Low back pain in schoolchildren: The role of mechanical and psychosocial factors, *Archives of Disease in Childhood* 88, 12-17

**[38]** Wirth CJ, Zichner L, Krämer J: Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, 1. Auflage, Georg-Thieme-Verlag, Stuttgart 2004

## 7 Anhang

### **Änderung von Haltung und Balance bei Schulkindern durch Reduzierung des Schulranzengewichtes**

#### **Information für Kinder**

Ansprechpartnerin:

Dr. Julia J. Grannemann

Oberärztin Kinderorthopädie, Universitätsmedizin Göttingen

**Liebe ....., lieber .....,**

Wir laden Dich ein, an einer Balanceuntersuchung bei Kindern teilzunehmen.

Die Teilnahme ist freiwillig und kann jederzeit ohne Angabe von Gründen durch Dich und Deine Familie beendet werden.

*Worum geht es?* Wir möchten herausfinden, ob das Tragen eines Schulranzens schädlich sein kann für Deinen Rücken.

*Was kommt auf Dich zu?* Wir bitten Dich und Deine Eltern, einen Fragebogen auszufüllen. Wir möchten weiterhin Deinen Rücken untersuchen. Dazu werden wir einen Test durchführen, bei dem Du Dich auf eine auf dem Boden liegende Platte stellst oder setzt und ein Lichtlaserstrahl Deine Haltung bestimmt. Diese kurze Messung ist völlig ungefährlich und nicht schmerzhaft.

Wenn Du noch Fragen hast, lasse sie Dir bitte von uns beantworten.

Mit freundlichen Grüßen,

Dr. Julia J. Grannemann

Oberärztin Kinderorthopädie, Universitätsmedizin Göttingen

Abbildung 41: Informationsblatt für Eltern und Kinder

## **Einwilligung**

Hiermit erkläre ich mich nach reiflicher Überlegung einverstanden, dass mein Sohn/meine Tochter an der Studie: „Änderung von Haltung und Balance bei Schulkindern durch Reduzierung des Schulranzengewichtes“ freiwillig (ohne dass mir irgendwelche Verpflichtungen daraus erwachsen) teilnimmt.

Ich wurde über den Hintergrund und den Zweck der Untersuchung sowie mögliche Belastungen und Risiken von \_\_\_\_\_ ausführlich aufgeklärt.

Aufgetretene Fragen wurden mir verständlich und genügend beantwortet. Ich hatte ausreichend Zeit, mich zu entscheiden. Ich habe zurzeit keine weiteren Fragen mehr.

**Ich bin zugleich damit einverstanden, dass die im Rahmen dieser Studie ermittelten Daten aufgezeichnet werden.**

**Beim Umgang mit den Daten werden die Bestimmungen des Datenschutzes beachtet.**

Eine Kopie dieser Patienteninformation und Einwilligungserklärung habe ich erhalten.

Das Original verbleibt bei den Studienmitarbeitern.

\_\_\_\_\_  
Datum und Unterschrift des Erziehungsberechtigten

\_\_\_\_\_  
Datum und Unterschrift des Verantwortlichen

Abbildung 42: Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie

<b>Erhebungsbogen</b>
Datum:
Versuchsgruppe <input type="checkbox"/> Kontrollgruppe <input type="checkbox"/>
<b>Probandendaten</b>
Anonymisierter Code
Größe <input type="checkbox"/> Gewicht <input type="checkbox"/>
<b>Tragegewohnheiten Schulranzen</b>
Gewicht des Schulranzens _____ kg (entspricht _____% KG)
Tragen des Schulranzens
- überwiegend symmetrisch <input type="checkbox"/>
- überwiegend asymmetrisch <input type="checkbox"/> rechts <input type="checkbox"/> links <input type="checkbox"/>

Abbildung 43: Erhebungsbogen

<b>Klinische Untersuchung</b>
Datum:
Proband (anonymisierter Code):
Versuchsgruppe <input type="checkbox"/> Kontrollgruppe <input type="checkbox"/>
Erstuntersuchung <input type="checkbox"/> Zweituntersuchung <input type="checkbox"/> Drittuntersuchung <input type="checkbox"/>
<b>Schober-Test</b> (10:15cm) 10:.....cm
<b>Ott-Test</b> (30:32cm) 30:.....cm
<b>Rippenbuckel</b> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> rechts <input type="checkbox"/> links <input type="checkbox"/>
<b>Lendenwulst</b> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> rechts <input type="checkbox"/> links <input type="checkbox"/>
<b>Abweichung aus dem Lot</b> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> rechts <input type="checkbox"/> links <input type="checkbox"/> .....cm
<b>Beckenschiefstand</b> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> rechts <input type="checkbox"/> links <input type="checkbox"/> .....cm
<b>Schultertiefstand</b> nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> rechts <input type="checkbox"/> links <input type="checkbox"/>
<b>Finger-Boden-Abstand</b> .....cm

Abbildung 16: Untersuchungsbogen

**L.A.S.A.R. Posture – Messdaten**

Proband (anonymisierter Code):

	Erstuntersuchung	Zweituntersuchung	Drittuntersuchung
Datum			
Gewicht ges. (kg)			
Gewicht rechts (kg)			
Gewicht links (kg)			

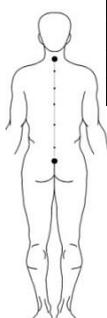


Seite rechts (ohne Ranzen)	Erstuntersuchung	Zweituntersuchung	Drittuntersuchung
Schultermitte			
Trochanter maj.			
Knie-Achse			
Malleolus lat.			

Seite rechts (mit Ranzen)	Erstuntersuchung	Zweituntersuchung	Drittuntersuchung
Schultermitte			
Trochanter maj.			
Knie-Achse			
Malleolus lat.			

Seite links (ohne Ranzen)	Erstuntersuchung	Zweituntersuchung	Drittuntersuchung
Schultermitte			
Trochanter maj.			
Knie-Achse			
Malleolus lat.			

Seite links (mit Ranzen)	Erstuntersuchung	Zweituntersuchung	Drittuntersuchung
Schultermitte			
Trochanter maj.			
Knie-Achse			
Malleolus lat.			



Dorsal	Erstuntersuchung	Zweituntersuchung	Drittuntersuchung
Punkt 1 (C7)/ mit Ranzen			
Punkt 2			
Punkt 3			
Punkt 4			
Punkt 5 (Rima ani)/ mit Ranzen			
Verschiebung nach Aufsetzen des Ranzens			

Abbildung 45: Messprotokoll L.A.S.A.R. Posture-Gerät

**Schmerzanamnese Rückenschmerz (nur bei Erstuntersuchung)**

Trat jemals Rückenschmerz auf nein  ja

Wenn ja:

In welchem Alter erstmals? \_\_\_\_\_Jahre

Wie häufig?

Wann zuletzt?

Welche Schmerzstärke (VAS) maximal?

Dauer der Schmerzen?

Nacht-/Ruheschmerz?

Belastungsschmerz?

Aktivitätseinschränkung durch Rückenschmerz?

Notwendigkeit der Einnahme von Schmerzmedikamenten?

Korrelation mit Tragen des Schulranzens?

Vorangegangenes Trauma?

Abbildung 46: Schmerzanamnesebogen

## Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meiner Doktormutter für die vorliegende Arbeit, Frau Professorin Dr. med. Anna-K. Hell, für die Idee und die Bereitstellung des Themas sowie die gute Unterstützung; ohne sie wäre die vorliegende Dissertation nicht möglich gewesen.

Herzlich bedanken möchte ich mich auch bei meiner Betreuerin der vorliegenden Arbeit, Frau Dr. med. Julia Grannemann, für die sehr gute Unterstützung und Hilfe bei allen auftretenden Problemen, die mit dieser Arbeit verbunden waren.

Dem Leiter der Forschung der Otto Bock HealthCare GmbH Duderstadt und Professor an der Georg-August-Universität Göttingen, Herrn Prof. Dr. rer. nat. Siegmar Blumentritt danke ich sehr herzlich für die Bereitstellung des L.A.S.A.R.-Posture-Gerätes sowie für fachkundliche Einweisung und kompetente Beratung.

Bedanken möchte ich mich auch recht herzlich bei all den motivierten Schülerinnen und Schülern des Grotefend Gymnasiums in Hannoversch Münden, die sich unentgeltlich für die Studie zur Verfügung gestellt haben und sogar Freistunden für die Untersuchungen geopfert haben. Ohne sie wäre diese Studie nicht zustande gekommen. An dieser Stelle gilt mein ganz besonderer Dank der Schulleiterin des Grotefend Gymnasiums, Frau OStD Heidrun Korsch, die bereitwillig und hoch engagiert diese Studie unterstützte, indem sie die Durchführung der Studie genehmigte, mir die Räumlichkeiten zur Verfügung stellte und auch durch ihre Mitarbeiter maßgeblich an der Organisation und dem reibungslosen Ablauf der Studie beteiligt war.

Mein Dank gilt auch Herrn Hartmut Teichmann, der mit sehr viel Engagement als Elternbeiratsvorsitzender der Schule die Studie mit ins Leben rief und jederzeit für Fragen und organisatorische Probleme ein offenes Ohr hatte.

Besonderer Dank gebührt Dr. Katharina Lange, Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Medizinische Statistik der Universitätsmedizin Göttingen, die mich bei der Auswertung der statistischen Daten unterstützte.

Im besonderen Maße möchte ich mich bei meiner Familie für die grenzenlose Unterstützung bei dieser Arbeit bedanken. Insbesondere das Korrekturlesen, die aufmunternden Worte und freundlichen Gesten waren mir sehr hilfreich und haben maßgeblich zum Gelingen der vorliegenden Dissertation beigetragen.