

# **LEHRSTUHL FÜR BEWEGUNGS- UND TRAININGSLEHRE**

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen  
Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

Meike Küster

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Sportwissenschaften der  
Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades  
eines Doktors der Philosophie (Dr. phil) genehmigten Dissertation.

Vorsitzender:

Prof. Dr. Kurt Weis

Prüfer der Dissertation:

1. Prof. Dr. Dr.h.c. Manfred Grosser
2. Prof. Dr. Karl-Heinz Leist
3. Prof. Dr. Wolfgang Beyer

Die Dissertation wurde am 29.10.2001 bei der Technischen Universität  
München eingereicht und durch die Fakultät für Sportwissenschaften am  
29.04.2002 angenommen.

# **Widmung**

Meiner Oma Helena Meerstein

## **Danksagung**

Mein herzlicher Dank geht an:

- die Verwaltung und medizinische Leitung der LVA Rheumaklinik Bad Füssing, die die praktische Durchführung der Studie ermöglicht haben.
- Herrn Dr. Zollitsch vom Gymnasium Pocking und Herrn Götz von der Hauptschule in Pocking für die großartige Kooperation und Hilfsbereitschaft.
- Herrn Prof. Dr. Grosser für die überaus motivierende und freundschaftliche Betreuung.
- Herrn Prof. Dr. Beyer für die Ermutigung und Unterstützung, um das Projekt überhaupt in Angriff zu nehmen.
- Dr. Martina Kettler, Diplom-Informatikerin, für die Hilfe bei der statistischen Auswertung.
- Lutz Teubert für die freundschaftliche und computertechnische Unterstützung.
- Meinen Mann, meine Eltern und meine Großmutter, die mir den notwendigen Rückhalt geben.

## Inhaltsverzeichnis

0. Problemstellung .....	7
I. THEORETISCHE ASPEKTE.....	10
1. Die motorische Entwicklung im Kindes- und Jugendalter .....	10
1.1. Entwicklungsphasen.....	10
1.1.1. Einteilung der Entwicklungsphasen nach dem kalendarischen Alter .....	12
Das Säuglings- und Kleinkindalter .....	12
Das Vorschulalter .....	13
Das frühe Schulkindalter.....	14
Das späte Schulkindalter .....	15
Die erste puberale Phase (Pubeszenz).....	15
Die zweite puberale Phase (Adoleszenz).....	17
1.1.2. Sportbiologische Grundlagen der Entwicklungsphasen .....	18
Körpergröße und -proportionen .....	19
Stoffwechsel .....	19
Immunsystem .....	20
Hormonelles System .....	20
Skelettsystem .....	20
Muskulatur .....	22
Thermoregulation.....	23
Gehirnentwicklung und zentrales Nervensystem.....	24
1.1.3. Bestimmung des individuellen Altersstatus .....	24
1.1.3.1. Das biologische Alter.....	25
1.1.3.2. Akzeleration und säkulärer Trend.....	27
1.1.3.3. Retardation .....	29
1.2. Die koordinativen Steuerungsprozesse .....	29
1.2.1. Die motorischen Zentren des ZNS aus neurophysiologischer Sicht.....	30
1.2.2. Der Motorcortex ( Großhirnrinde) .....	32
1.2.3. Die Pyramidenbahn.....	33
1.2.4. Das extrapyramidale System.....	34
1.2.5. Das Kleinhirn .....	35
1.3. Die juvenile Wirbelsäule.....	36
1.3.1. Der Aufbau der Wirbelsäule .....	37
1.3.2. Entwicklung der physiologischen Wirbelsäulenform .....	38
1.3.3. Fehlstellungen der juvenilen Wirbelsäule.....	40
2. Zur Gesundheitserziehung im Kindes- und Jugendalter .....	43
2.1. Allgemeine Wirkungen des Sporttreibens in den Entwicklungsphasen .....	43
2.1.1. Anpassungserscheinungen durch sportliches Training .....	44
2.1.2. Konditionelle, konditionell-koordinative und koordinative Fähigkeiten im Kindes- und Jugendalter.....	47
2.1.2.1. Konditionelle und konditionell-koordinative Fähigkeiten.....	47
2.1.2.2. Koordinative Fähigkeiten.....	58
2.1.3. Altersspezifische Risiken des Sporttreibens .....	62
Geringere Belastbarkeit der Wirbelsäule .....	63
Mangelhafte muskuläre Verspannung.....	64

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

Morbus Scheuermann.....	65
Spondylolyse und Spondylolisthesis.....	65
Juvenile Osteochondrosen.....	66
Epiphysen- und Apophysenverletzungen.....	66
2.2.    Allgemeine Aspekte.....	68
2.2.1. Bewegung.....	68
2.2.2. Ernährungsverhalten.....	71
2.2.3. Mediales Freizeitverhalten.....	73
2.2.4. Nikotinabusus.....	74
2.2.5. Primärprävention.....	75
2.3.    Schulsport.....	77
2.3.1. Entwicklung des schulischen Sporttreibens.....	77
2.3.2. Heutige Situation des Schulsports am Beispiel Bayern.....	78
<b>II. EMPIRISCHE ERHEBUNG.....</b>	<b>83</b>
1.    Methode.....	83
1.1. Zielstellung.....	83
1.2. Probanden.....	83
1.3. Testbatterie.....	84
1.3.1. Dokumentationsbogen.....	84
1.3.2. Testbatterie zur Erfassung der konditionell-koordinativen und koordinativen Fähigkeiten.....	85
1.3.3. Testbatterie zur Erfassung des Wirbelsäulenstatus.....	93
2.    Ergebnisse.....	99
2.1. Deskriptive Statistik.....	99
2.1.1. Deskriptive Statistik der konditionell-koordinativen und koordinativen Fähigkeiten.....	99
2.1.2. Deskriptive Statistik der Wirbelsäulenparameter.....	101
2.2. HYPOTHESE 1.....	109
2.2.1. Deskriptive Statistik der entwicklungsbiologischen Daten.....	109
2.2.2. Hypothese 1 a.....	110
2.2.3. Hypothese 1 b.....	113
2.3. HYPOTHESE 2.....	122
2.3.1. Deskriptive Statistik des Geschlechts.....	122
2.3.2. Hypothese 2 a.....	122
2.3.3. Hypothese 2 b.....	124
2.4. HYPOTHESE 3.....	130
2.4.1. Deskriptive Statistik zum medialen Freizeitverhalten.....	130
2.4.2. Hypothese 3 a.....	131
2.4.3. Hypothese 3 b.....	132
2.5. HYPOTHESE 4.....	135
2.5.1. Deskriptive Statistik zum Sporttreiben.....	135
2.5.2. Hypothese 4 a.....	136
2.5.3. Hypothese 4 b.....	138
3.    Diskussion.....	142
3.1. Analyse der konditionell-koordinativen und koordinativen Fähigkeiten.....	142
3.2. Analyse der Rumpfkraft.....	145
3.3. Analyse der Wirbelsäulenform und -beweglichkeit.....	149

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

III. ZUSAMMENFASSUNG.....155

Anhang 1: Abbildungs- und Tabellenverzeichnisse

Anhang 2: Schriftverkehr

Anhang 3: Aufklärung und Dokumentation

Anhang 4: Statistische Auswertung

Anhang 5: Literaturverzeichnis

Anhang 6: Lebenslauf

## 0. Problemstellung

Schulkinder leiden zunehmend an Übergewicht, motorischen Leistungsschwächen und auch kardiovaskulären Erkrankungen, deren Prävalenz bisher nur bei Erwachsenen zu finden war (vgl. u.a. KOFINK, 1995, 397; WEINECK et al., 1997, 5). Gemäß einer Statistik der Bundesarbeitsgemeinschaft zur Förderung haltungs- und bewegungsauffälliger Kinder (BAG) stehen dabei Haltungsschwächen der Wirbelsäule mit 35 – 60 % an erster Stelle. Im Jahr 1989 wurde bei schulärztlichen Reihenuntersuchungen in Bayern festgestellt, dass 36% der untersuchten Schulanfänger Auffälligkeiten am Bewegungsapparat aufwiesen (RUSCH, IRRGANG, 1996, 1). Vergleichende Untersuchungen in den Jahren 1986 und 1995, durchgeführt von den eben genannten Autoren, ergaben signifikante Verschlechterungen der Leistungen der untersuchten Schulkinder im Zeitraum von 9 Jahren. Durch die in der Pubertät beschleunigte Entwicklung werden bestehende Defizite verstärkt und oftmals chronifiziert. Um gegen diesen Negativtrend vorzugehen, ist der Schulsport eine ideale Maßnahme, da dort gezieltes Training durchgeführt werden sowie Kinder zum außerschulischen Sporttreiben motiviert werden können. Durch ein breites Angebot an Schulsport können sehr viel mehr Kinder erfahren, wie die Lebensqualität durch sportliche Aktivität zunimmt. Dagegen richten sich die momentanen ökonomischen Gegebenheiten, wodurch der Schulsport mehr und mehr an Qualität und Quantität leidet und Entscheidungen getroffen werden, nach denen auch nicht qualifizierte Lehrkräfte zum Sportunterricht zugelassen werden. Daraus ist ersichtlich, dass nach einer Entscheidung der Bayerischen Staatsregierung im Jahr 1996 der Differenzierte Sportunterricht im Rahmen des Schulsports nicht mehr von hauptamtlichen Sportlehrkräften erteilt werden soll. Laut einer Anfrage im Bayerischen Landtag (Drucksache 14/3491, 3) liegt das Bundesland Bayern in einem Soll – Istwert-Vergleich bzgl. des erteilten Sportunterrichts auf dem Ranglistenplatz 15 unter den Bundesländern. Zudem werden die Auswirkungen der allgemein festzustellenden Zunahme der Bewegungsarmut begleitet durch ein „sitzendes“ Freizeitverhalten, verbunden mit unausgewogener Ernährung. Unter solchen qualitätsbezogenen Entwicklungen leidet die Zielsetzung, Kinder zur Eigeninitiative anzuregen, da sie kaum eigene positive Erfahrungen im Schulsport machen können. Im Bereich der Quantität spielt der Schulsport eine untergeordnete Rolle und fällt oft anderen Veranstaltungen zum Opfer.

Die Situation wird verstärkt durch weitreichend unpassende Schulmöbel, auf denen die Schüler einen Großteil des Schultages verbringen müssen, denn in den meisten Schulen ist

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

Ergonomie kein Thema, und Kinder mit völlig unterschiedlichen Körpermaßen müssen sich auf unpassende Stühle und Schreibtische einstellen (LENSCH, 2000, 21).

Dazu kommt häufig ein bewegungsarmes Freizeitverhalten, welches auch abhängig von der Lebensumwelt des Kindes ist. Nach KRISTJANSDOTTIR (1996, 984) leiden 20,6% von Kindern im Alter von 11-12 Jahren und 15-16 Jahren mindestens einmal pro Woche an Rückenschmerzen und nach TITTEL (1999, 53) klagt jedes dritte Kind im Alter zwischen 7 und 17 Jahren über Kopf- und Rückenschmerzen. Die Eltern tragen als erste „Bewegungserzieher“ (SENF, G. et al., 1995, 145) eine enorme Verantwortung und wenn schon Defizite im Bewegungsverhalten der Eltern bestehen, wird das Kind durch diese Einstellung in seiner Körperwahrnehmung geprägt. Dies unterstützt die Studie des Wissenschaftlichen Instituts der Ärzte Deutschlands (WIAD), wonach Kinder mit sportlichen Eltern mehr Sport treiben als ohne sportliche Vorbilder (Süddeutsche Zeitung Nr. 264 vom 16.11.2000, 36).

In der vorliegenden Arbeit wurden pubertäre Schulkinder im Alter zwischen 12 und 14 Jahren hinsichtlich ihrer somatischen und motorischen Entwicklung untersucht, wobei die Schwerpunkte der Motorik auf die konditionell-koordinativen und koordinativen Fähigkeiten sowie die Form und Funktion der Wirbelsäule gelegt wurden. Die Studie wurde am 28.03.2001 vom Rehabilitationswissenschaftlichen Forschungsverbund Bayern als assoziiertes Projekt aufgenommen.

Im theoretischen Teil erfolgt die Auseinandersetzung mit den entwicklungsbiologischen Gegebenheiten des Heranwachsenden anhand der Darstellung der motorischen Entwicklung im Kindes- und Jugendalter in den verschiedenen Phasen, wobei auf interindividuelle entwicklungsbedingte Unterschiede verwiesen wird. Weiterhin wird das Zusammenspiel der koordinativen Steuerungsprozesse erläutert, von der Entstehung eines Bewegungsimpulses im Motorcortex bis zur tatsächlichen Realisierung der Bewegung. Es folgt die Darstellung der physiologischen Entwicklung der juvenilen Wirbelsäule sowie verschiedene pathologische Einflüsse. Schließlich werden Aspekte zur Gesundheitserziehung im Kindes- und Jugendalter unter besonderer Berücksichtigung des Sportes sowie allgemeiner Einflussfaktoren auf die Gesundheit vorgestellt.

Der empirische Teil der Arbeit beinhaltet die Vorstellung der Methodik, der ein Querschnitts-Untersuchungsplan zugrunde lag. Die Testbatterie bestand aus insgesamt sechs Items: Zur Überprüfung der konditionell-koordinativen und koordinativen Fähigkeiten wurden der

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

Münchener Fitness-Test nach RUSCH / IRRGANG (1996), das Analysegerät Stability System der Firma Biodex und Fuß-Tappings eingesetzt. Zur Untersuchung der Form und Funktion der Wirbelsäule wurde das ultraschallgesteuerte CMS-System der Firma Zebris sowie zur Messung der Rumpfkraft der IPN Back Check von Dr. Wolff verwendet.

Im Vorfeld wurden die folgenden Arbeitshypothesen aufgestellt:

- **Hypothese 1:**

- (a) Es gibt einen Zusammenhang zwischen den entwicklungsbiologischen Daten (Alter, Größe, Gewicht) und den konditionell-koordinativen und koordinativen Fähigkeiten.
- (b) Es gibt einen Zusammenhang zwischen den entwicklungsbiologischen Daten und den Wirbelsäulenparametern.

- **Hypothese 2:**

- (a) Es gibt einen Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und den konditionell-koordinativen und koordinativen Fähigkeiten.
- (b) Es gibt einen Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und den Wirbelsäulenparametern.

- **Hypothese 3:**

- (a) Es gibt einen Zusammenhang zwischen dem medialen Freizeitverhalten (PC, TV) und den konditionell-koordinativen und koordinativen Fähigkeiten.
- (b) Es gibt einen Zusammenhang zwischen dem medialen Freizeitverhalten und den Wirbelsäulenparametern.

- **Hypothese 4:**

- (a) Es gibt einen Zusammenhang zwischen dem sportlichen Verhalten (konditionell, konditionell-koordinativ und koordinativ geprägte Sportarten) und den konditionell-koordinativen und koordinativen Fähigkeiten.
- (b) Es gibt einen Zusammenhang zwischen dem sportlichen Verhalten und den Wirbelsäulenparametern.

## I. THEORETISCHE ASPEKTE

### 1. Die motorische Entwicklung im Kindes- und Jugendalter

Unterschiede zwischen Kindern und Jugendlichen im Verhältnis zu Erwachsenen sind bedingt dadurch, dass bei letzteren schon ein gewisser physiologischer Status quo erreicht ist, während Heranwachsende entwicklungsbiologischen Schwankungen unterliegen. In den verschiedenen Entwicklungsstufen finden bedeutende physische, psychische, kognitive und psychosoziale Veränderungen statt, die im Hinblick auf körperliche Aktivität Berücksichtigung finden müssen, um zur Gesundheitserziehung und Gesunderhaltung beizutragen. Die Einflussfaktoren können in innere und äußere Faktoren unterschieden werden (EIBEN in WILLIMCZIK / GROSSER, 1981, 196): Die Erbanlagen als innere Faktoren determinieren das Geschlecht, die Rasse, die Konstitutionsbasis und das endokrine Drüsensystem, wobei bei letzterem v.a. das metabolische Wachstumshormon Somatropin und das Schilddrüsenhormon Thyroxin wichtig für das Wachstum sind. Daher sind bereits im Alter von 3-4 Jahren Körperbauunterschiede ersichtlich. Die äußeren Faktoren werden differenziert in natürlich und gesellschaftlich. Nach SINGER (in WILLIMCZIK / GROSSER, 1981, 39) stellen vor allem umweltbedingte Faktoren wie die familiären Bedingungen, der sozio-ökonomische Status und die Verbindung zu Gleichaltrigen die Weichen für eine optimale motorische Entwicklung und eine positive Einstellung zur Bewegung. Ein breites motorisches Spektrum fördert beim Kleinkind sowohl die körperliche als auch geistig - seelische und soziale Entwicklung (LIBMAN, 1998, 725; STRYER et al., 1998, 697). Im folgenden werden die Entwicklungsphasen und die daraus entstehenden notwendigen Maßnahmen näher erläutert.

#### 1.1. Entwicklungsphasen

Nach EIBEN (in WILLIMCZIK / GROSSER, 1981, 187) folgt einleitend eine kurze Begriffsdefinition. Der Begriff der *Entwicklung* bedeutet demnach „...eine Serie qualitativer Veränderungen, die in der Spezialisierung, Differenzierung und in der Vervollkommnung der Funktionen zum Ausdruck kommt“.

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

Diese Definition hat als Unterbegriff das *Wachstum*, was die quantitative mengenmäßige Zunahme an Länge, Gewicht, Kraft, Volumen, Produktionsmenge an Sekreten etc. bedeutet. Das Wachstum läuft nicht konstant linear ab, sondern in Schüben (MELLEROWICZ et al, 2000, 80). Dabei wachsen verschiedene Strukturen nicht mit der gleichen Geschwindigkeit, sondern es entsteht ein phasentypisches Missverhältnis in den Körperproportionen, das *zentripetale Wachstumsgesetzmäßigkeit* (ZURBRÜGG, 1982, 53) genannt wird.

Der Begriff *Entwicklungsphasen* schließlich ist definiert als Abschnitte eines einheitlichen Entwicklungsverlaufes, die durch anschaulich hervortretende Entwicklungsmerkmale deutlich voneinander abhebbar sind. Die Entwicklungsphasen werden zur groben Orientierung nach dem kalendarischen Alter unterteilt (vgl. Tab.1), aber auf individuelle Ausprägungen ist unbedingt zu achten.

Tab.1: Einteilung der Entwicklungsstufen nach dem kalendarischen Alter (in WEINECK, 2000, 354)

Entwicklungsstufe	Kalendarisches Alter [Jahre]
Säuglingsalter	0-1
Kleinkindalter	1-3
Vorschulalter	3-6/7
Frühes Schulkindalter	6/7-10
Spätes Schulkindalter	10-Eintritt der Pubertät (Mädchen 11/12; Jungen 12/13)
Erste puberale Phase (Pubeszenz)	} Pubertät Mädchen 11/12-13/14 Jungen 12/13-14/15
Zweite puberale Phase (Adoleszenz)	
Erwachsenenalter	Mädchen 13/14-17/18 Jungen 14/15-18/19 Jenseits 17/18 bzw. 18/19

Solche individuellen Unterschiede äußern sich in einer hochgradigen Variabilität der Entwicklungsgeschwindigkeit bei kalendarisch gleich alten Kindern und Jugendlichen. Der *Normalentwickler* liegt in der Norm und kalendarisches und biologisches Alter stimmen überein. Beim Phänomen der *Akzeleration* (Frühentwicklung von einem oder mehr Jahren) tritt eine Beschleunigung der Entwicklungsphasen auf, wogegen die *Retardierung* (Spätentwicklung) einen verzögerten Eintritt von einem oder mehr Jahren bedingt. Im Laufe dieses Kapitels wird auf die Bestimmung der Begriffe und des individuellen Altersstatus noch genauer eingegangen.

### **1.1.1. Einteilung der Entwicklungsphasen nach dem kalendarischen Alter**

Der Zeitraum zwischen Geburt und Erwachsenenreife wird in verschiedene Phasen eingeteilt, in denen jeweils dominant entweder Längen- oder Breitenwachstum stattfindet.

#### **Das Säuglings- und Kleinkindalter**

In der ersten Phase der Entwicklung treten in relativ kurzer Zeit tiefgreifende Veränderungen ein. Das *Säuglingsalter* wird eingeordnet zwischen der Geburt und dem Ende des 1. Lebensjahres und beinhaltet den ersten enormen statomotorischen und psychischen Entwicklungsschub. Die Wachstumsgeschwindigkeit ist im ersten Lebensjahr am größten, fällt danach aber wieder ab. Die Geburtsgröße steigert sich um rund 50%, das Geburtsgewicht verdreifacht sich sogar. Die Gehirnmasse verdoppelt sich, wobei eine Differenzierung der Großhirnfunktionen erfolgt. Anfangs augenscheinlich unkoordinierte Strampelbewegungen aller Extremitäten werden mit der Zeit zielgerichtet und differenziert eingesetzt. PELLEGRINI / SMITH (1998, 577) untersuchten das Spielverhalten von Kindern aus drei unterschiedlichen Entwicklungsphasen und stellten bei Kleinkindern fest, dass rhythmische Stereotypen zur Verbesserung bestimmter Bewegungsmuster führen. Das Greifen und somit „Begreifen“ von Gegenständen stellt einen großen Schritt in der sozialen Integration dar.

Das Heben und Bewegen des Kopfes führt zur verbesserten Orientierung im Raum und erschließt einen größeren Wahrnehmungsradius. Die Muskulatur des Rumpfes und der Extremitäten wird gekräftigt durch die Fortbewegung im Krabbeln und langsame Aufrichtung in die Vertikale. Die Fortbewegung auf allen Vieren dient auch der Ausprägung der Kreuzkoordination im Gehirn. Das aufrechte Stehen und Gehen schließlich ist ein wichtiger Schritt für die weitere motorische und psychosoziale Entwicklung des Kindes sowie für die Ausbildung der physiologischen Wirbelsäulenform.

Die Phase des *Kleinkindalters* dauert vom 2.-4. Lebensjahr und die motorische Entwicklung ist schon weit fortgeschritten. Der erste große Schub von Breiten- und Längenwachstum ist abgeschlossen, doch das Gehirn entwickelt sich in großem Maße weiter. Nach zwei Lebensjahren hat das Gehirn drei Viertel des Gewicht eines Erwachsenen erreicht, was einen motorischen sowie geistigen Fortschritt bedeutet. Nach HURLOCK (1972, 106) erfährt das Kleinhirn in den ersten beiden Lebensjahren eine 300prozentige Gewichtszunahme. Charakteristisch für diese erste Entwicklungsphase ist ein physiologisches Missverhältnis der

Körperproportionen bezüglich Kopf- und Körperhöhe zugunsten der Kopfhöhe (Kindchenschema). Im Bereich der Motorik bilden sich in dieser Entwicklungsphase der Gleichgewichtssinn und die „bevorzugte Hand“ oder der „bevorzugte Fuß“ aus. Im Hinblick auf die vielfältigen motorischen und psychischen Veränderungen und Fortschritte des Kleinkindes muss unbedingt ein günstiges Umfeld geschaffen werden, damit die nervalen Strukturen optimal in Verbindung treten können.

### **Das Vorschulalter**

Dieses „goldene Alter der Kindheit“ wird zwischen dem 3. und 6./7. Lebensjahr eingeordnet, was ungefähr dem Eintritt in die Schule entspricht. Die Gewichtsentwicklung des Gehirns ist fast schon abgeschlossen, da mit 6 Jahren rund 90-95% des Erwachsenengewichts erreicht sind. Zudem ist nach DEMETER (1981, 35) die Myelinisierung der afferenten und efferenten Nervenfasern komplett, was zu einer enorm verbesserten Informationsaufnahme und -verarbeitung führt. Im Bereich der Motorik tritt daher eine gesteigerte Bewegungsgenauigkeit ein, verbunden mit einem sehr stark ausgeprägten Bewegungs- und Spieldrang. PELLEGRINI / SMITH (1998, 577) bestätigen in ihrer Untersuchung den Spieltrieb mit der Hypothese einer funktionellen Verbesserung von Kraft und Ausdauer. Weniger Signifikanz erreichten die Ergebnisse bezüglich der Reduzierung von Fettgewebe und hinsichtlich der Thermoregulation. Die Sammlung von Bewegungserfahrungen dient in großem Maße der weiteren motorischen und psychischen Entwicklung, so dass vielfältige Bewegungsmöglichkeiten unbedingt zu realisieren sind. Die Verantwortung dafür obliegt den Eltern, die gerade in dieser Entwicklungsphase ein großes Vorbildpotential haben, sowie dem Kindergarten oder der Vorschule. In der Sozialisierung hat ein gutes motorisches Können einen hohen Stellenwert und führt in der Gruppe zu einer gesteigerten sozialen Kompetenz und mehr Selbstbewusstsein. Bezüglich der Bewegungsaufgaben müssen in dieser Entwicklungsphase mehrere Faktoren abgedeckt werden, damit Motorik sowie Kreativität gefordert werden. Vorgefertigtes Spielzeug lässt diesbezüglich keinen optimalen Handlungsspielraum zu, so dass ein breites Spektrum an möglichen Spielsachen nötig ist. Als sinnvolles Beispiel dafür sei hier die Bewegungsbaustelle von MIEDZINSKI (1983, in LEIST, 1993, 91) genannt, die mit attraktiven Alltagsgegenständen verschiedenste Aufforderungscharaktere möglich macht (vgl. Abb.1). Nach LEIST (1993, 94) ist hierbei nicht nur Gestalt, sondern sind Organisation, konstruktives Denken und Machen,

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

gemeinsames Handeln und Rollenspiele im Vordergrund (vgl. PELLEGRINI / SMITH, 1998, 577).

Gegen Ende des Vorschulalters zwischen dem 5. und 7. Lebensjahr findet der *erste Gestaltwandel* statt, wobei durch verstärktes Extremitätenwachstum eine Verschiebung vom bisher bestehenden Kleinkindschema hin zu Erwachsenenproportionen erfolgt.



**Abb.1: Bewegungsbaustelle (in LEIST, 1993, 93)**

### **Das frühe Schulkindalter**

Dieser Entwicklungsphase wird der Zeitraum zwischen dem Schulbeginn (6./7. Lebensjahr) und dem Ende der Grundschule (etwa 10. Lebensjahr) zugeordnet. Bei Mädchen und Jungen läuft die Ausprägung von Körperhöhe und –gewicht im Schulkindalter fast parallel. Die Entwicklung des Gehirns ist gekennzeichnet durch die fast volle Größe des Erwachsenen, jedoch die Ausdifferenzierung der Hirnzellstrukturen ist noch inkomplett. Das Zentralnervensystem ist durch den hohen Ausprägungsgrad der Analysatoren gut ausgebildet, was gute Voraussetzungen in der Motorik erlaubt. Das Bewegungslernen wird durch einen hochgradigen Bewegungs- und Spieldrang unterstützt, so dass hier eine *sensitive Phase* der motorischen Entwicklung mit mehreren günstigen Faktoren vorliegt. Einerseits besteht psychisch eine hohe Motivation zur Bewegung, andererseits liegen optimale körperliche Voraussetzungen vor wie günstige Kraft–Hebel–Verhältnisse, hohe Konzentrationsfähigkeit, feinkoordinatives Differenzierungsvermögen und gute Informationsverarbeitung. Um jedoch

neu Erlerntes dauerhaft abzuspeichern, müssen durch häufiges Wiederholen und Üben feste Bewegungsschemata entstehen. Im frühen Schulkindalter ist daher auf einen freudvollen polysportiven Lebensstil Wert zu legen, um eine breitgefächerte Basis an motorischen Programmen zu festigen. Vor allem die koordinativen Fähigkeiten finden ihre optimale Grundlage im Schulkindalter.

### **Das späte Schulkindalter**

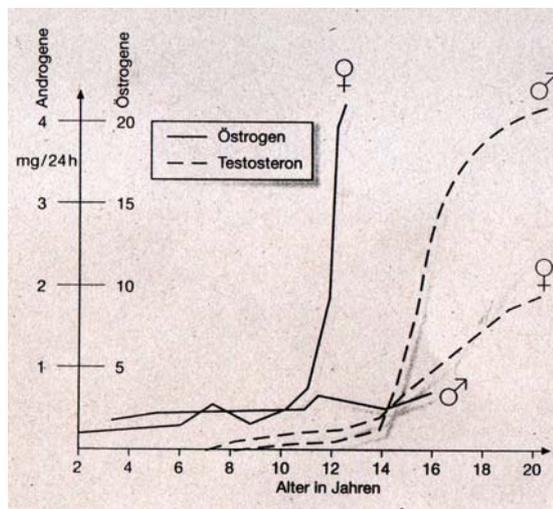
In dieser Phase erfolgt das zweite Breitenwachstum des Jugendlichen, wobei die jährliche Längenzuwachsrates zurück geht (vgl. CRASSELT, 1989, in MELLEROWICZ et al., 2000, 79). Nun bestehen für den Heranwachsenden optimale Voraussetzungen in Bezug auf Lernen im allgemeinen. Vom zeitlichen Umfang dauert das späte Schulkindalter vom 10. Lebensjahr bis zum Eintritt der Pubertät. Bezüglich der Motorik besteht eine in hohem Maße ausgeprägte Gewandtheit durch die endgültige Ausreifung des Vestibularapparates und der Analysatoren (WEINECK, 2000, 359). Unterstützung dafür kommt weiterhin durch den anhaltend hohen Bewegungsdrang, so dass das Schulkindalter als Schlüsselphase im Bewegungsklernen gilt. PELLEGRINI / SMITH (1998, 577) vermuten in dieser Entwicklungsphase einen vermehrt sozialen Aspekt im hohen Spieltrieb. Dadurch sollen v.a. bei den Jungen Hierarchien geschaffen und kämpferische Fähigkeiten ausgeprägt werden. Insgesamt führt die motorische Vernachlässigung in dieser Entwicklungsphase zu weitreichenden Defiziten im späteren Leben.

### **Die erste puberale Phase (Pubeszenz)**

Der *zweite Gestaltwandel* oder Phase der Streckung umfasst den Zeitraum vom Beginn der Ausbildung der sekundären Geschlechtsmerkmale bis zum Erwerb der Geschlechtsreife. In diesem Zeitraum finden tiefgreifende physische, psychische und psychosoziale Veränderungen statt, die der Heranwachsende in einem solchen Ausmaß nie zuvor erlebt hat und auch als Erwachsener nicht mehr derart erleben wird (COTTA / SOMMER, 1986 in MELLEROWICZ et al., 2000, 79). Kennzeichnend ist eine geschlechtsspezifische Entwicklung hinsichtlich des Alters: Bei Mädchen setzt die Pubertät in der Regel mit 11-12 Jahren früher ein und dauert bis zum Eintritt der Menarche mit 13/14 Jahren, bei Jungen beginnt die Pubertät (erste Pollution) mit 12-13 Jahren und dauert bis 14/15 Jahre. Körperlich tritt eine Wachstumsbeschleunigung, das sogenannte zweite Längenwachstum, ein, die

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

wiederum der zentripetalen Wachstumsgesetzmäßigkeit von ZURBRÜGG (1982, 53) folgt: der Wachstumsschub erreicht die einzelnen Abschnitte des Achsenskeletts in unterschiedlicher Geschwindigkeit, wobei Füße und Hände schneller reifen als Unterschenkel und Unterarme. Diese entwickeln sich wiederum schneller als Oberschenkel und Oberarme. Zwischen dem 9. und 12. Lebensjahr durchlaufen Mädchen einen schnelleren Wachstumsschub bezüglich Größe und Gewicht als Jungen, die später in die Pubertät eintreten. Laut EIBEN (in WILLIMCZIK / GROSSER, 1981, 208) lagern Mädchen an Rumpf und Extremitäten mehr Körperfett an als Jungen, was im Hinblick auf den Gesamtfettgehalt und die Körperdichte zu deutlichen geschlechtsspezifischen Unterschieden führt. Nach ROSS et al. (1978, in WILLIMCZIK / GROSSER, 1981, 178) werden Jungen im Laufe des Wachstumsschubs durchschnittlich schlanker und die Muskelumfänge nehmen disproportional zu. Ursache dieser vielschichtigen Veränderungen ist ein plötzlicher Anstieg der Sexualhormone beider Geschlechter. Bereits gegen Ende des Schulkindalters beginnt im Körper die Freisetzung von Wachstums- und gonadotropen Hormonen, wobei letztere zur Ausprägung der primären und sekundären Geschlechtsmerkmale führen. Bis zum Eintritt der Pubertät besteht kein wesentlicher hormoneller Unterschied zwischen den Geschlechtern, doch danach findet eine gravierende Differenzierung statt (vgl. Abb. 2).



**Abb. 2: Die Bildung von Testosteron und Östrogen bei Jungen und Mädchen im Altersgang (in GROSSER et al., 2001, 212)**

Im Körper der männlichen Heranwachsenden erfolgt ein sprunghafter Anstieg des anabolen männlichen Sexualhormons Testosteron, was eine starke Ausprägung von Muskelmasse und –

kraft bedingt. REITER / ROOT (1975, 128) geben einen 10fachen Anstieg des Testosterons im Verhältnis zur Vorpubertät an (vgl. Tab.2). Durch den ausgeprägten Wachstumsschub kommt es zu einer deutlichen Verschlechterung der Bewegungsqualität: Ungünstige Hebelverhältnisse und unpräzise Bewegungssteuerung führen zu einer Einschränkung der koordinativen Fähigkeiten. Andererseits ist dies die erste günstige Phase der Trainierbarkeit der konditionellen Fähigkeiten, die unbedingt genutzt werden sollte. Eine solide Ausprägung der Kondition als Basis ermöglicht nach Abschluss des Wachstums eine differenzierte Abstimmung mit den koordinativen Fähigkeiten.

Tab. 2: Die Veränderungen des Testosteronspiegels (ng/100 ml) im Kindes- und Jugendalter (in WEINECK, 2000, 361)

Alter	Weiblich	Männlich
8- 9	20	21- 34
10-11	10-65	41- 60
12-13	30-80	131-349
14-15	30-85	328-643

Die physische Umstrukturierung des Jugendlichen während der Pubertät führt neben anderen Faktoren zu psychischen Unstimmigkeiten, da der „neue Körper“ erst einmal verarbeitet werden muss. Hinzu kommt die neu entdeckte Sexualität, hormonelle Schwankungen und die Abkehr von der Kindheit und dem Elternhaus. Durch diese Revolution in der Entwicklung ist der Jugendliche kein Kind mehr, aber auch noch kein Erwachsener – er oder sie ist zwischen zwei Lebensabschnitten hin- und her gerissen und gehört keinem der beiden an. Wesentlichen Einfluss auf die seelische Entwicklung haben Milieufaktoren, da die Peer Group in der sozialen Hierarchie an erste Stelle tritt (vgl. YSTGAARD et al., 1999, 12). Die Peer Group kann nach OERTER / MONTADA (1987, 316) auf drei Ebenen definiert werden: (a) als große Gemeinschaft mit gleichen Interessen, (b) als konkrete Gruppe und (c) als Freundschaft mit spezifischen Bindungserfahrungen.

### **Die zweite puberale Phase (Adoleszenz)**

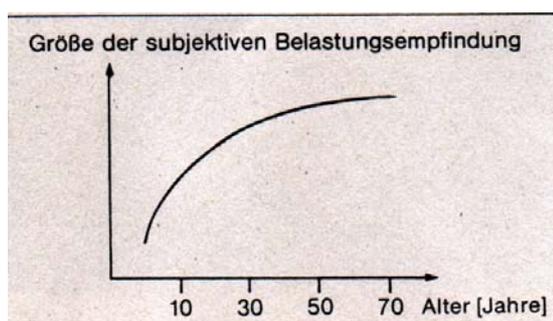
Mit dem Abschluss der Adoleszenz sind die Pubertät sowie alle Wachstums- und Entwicklungsprozesse abgeschlossen. Auch Phase der Füllung und Reharmonisierung (drittes Breitenwachstum) genannt, umfasst sie den Zeitraum zwischen 13/14 Jahren bis 17/18 Jahren

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

bei Mädchen und zwischen 14/15 Jahren und 18/19 Jahren bei Jungen. Bei letzteren kommt es aufgrund des Testosterons weiterhin zu einer starken Ausprägung der Skelettmuskulatur, während bei Mädchen der Anteil des Körperfettgehalts steigt (de MAREES, 1989, in MELLEROWICZ et al., 2000, 79). Durch ein wieder günstiges Verhältnis der Körperproportionen entsteht noch einmal eine sensitive Entwicklungsphase mit der Möglichkeit motorischer Leistungssteigerung. Sowohl konditionelle als auch koordinative Fähigkeiten sind optimal zu schulen und ermöglichen das „zweite goldene Lernalter“ der Entwicklung. Als weiterer positiver Faktor gilt die psychische Ausgeglichenheit nach den Wirren der Pubertät, womit wieder eine soziale Stabilität, auch in Bezug auf Sport, möglich ist.

### 1.1.2. Sportbiologische Grundlagen der Entwicklungsphasen

In den Entwicklungsphasen des Kindes- und Jugendalters treten durch die schon erläuterten Schwankungen der psychophysischen Belastbarkeit wachstumsbedingte Besonderheiten auf, die von großer Bedeutung für ein sportliches Training sind. Bewegung im allgemeinen ist für Heranwachsende uneingeschränkt zu befürworten, und Kinder weisen einen höheren Bewegungsdrang auf als Erwachsene, hervorgerufen durch die Dominanz zerebraler Anteile, v.a. des Pallidums, und dem subjektiv geringeren Anstrengungsempfinden (BAR-OR, 1982, 27).



**Abb. 3: Altersabhängigkeit in der subjektiven Belastungsempfindung, bezogen auf die maximale Herzfrequenz (in WEINECK, 2000, 346)**

Die sportbiologischen Grundlagen für Heranwachsende sind geprägt von einer Vielzahl von Faktoren, die alle Konsequenzen auf die physische, psychische und psychosoziale Verfassung

haben und den Prozess des Erwachsenwerdens einmalig machen. CLAPAREDE drückte diese Tatsache bereits im Jahr 1937 folgendermaßen aus (in WEINECK, 2000, 346):

*„Das Kind ist kein Miniaturerwachsener, und seine Mentalität ist nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ von der des Erwachsenen verschieden, so dass ein Kind nicht nur kleiner, sondern auch anders ist.“*

Im Folgenden werden allgemeine Besonderheiten des Wachstums dargestellt, auf die im Hinblick des sportlichen Trainings Rücksicht genommen werden muss.

### **Körpergröße und -proportionen**

Während des Wachstums, das, wie schon erwähnt, nicht gleichmäßig, sondern schubweise abläuft, verändern sich die Körperproportionen und bedingen ständig unterschiedliche Voraussetzungen im Last–Kraft–Verhältnis des Individuums (COTTA / SOMMER, 1986 in MELLEROWICZ et al., 2000, 79). Der sprunghafte Wachstumsschub in der Pubertät mit seiner zentripetalen Wachstumsgesetzmäßigkeit stellt einen besonders tiefgreifenden Einschnitt in der Entwicklung des Jugendlichen dar. Ein weiterer Störfaktor ist in dem breiten Spektrum der Parameter zu sehen, das durch Akzeleration und Retardation bewirkt wird. Diesbezüglich wird auf den nächsten größeren Abschnitt verwiesen.

### **Stoffwechsel**

Bedingt durch ständige Aufbauprozesse im Körper des Heranwachsenden und Wärmeverlust durch die verhältnismäßig größere Körperoberfläche besteht ein deutlich erhöhter Grundumsatz (vgl. Tab. 3). GROSSER et al. (2001, 180) geben um 25% erhöhte Werte an als bei einem durchschnittlichen Erwachsenen, wobei sich die Werte während Wachstumsschüben oder bei Sporttreiben noch weiter erhöhen. Bei Mädchen wird der Maximalwert des Kalorienbedarfs zwischen 12 und 15 Jahren erreicht, bei Jungen zwischen 15 und 18 Jahren (DONATH / SCHÜLER, 1979, 23). Auch die Zusammensetzung der Ernährung unterscheidet sich von den Bedürfnissen des Erwachsenen durch einen gesteigerten Bedarf an Flüssigkeit, Nährstoffen, Vitaminen, Mineralien und vor allem Eiweiß. Wichtig beim sportlichen Training von Kindern und Jugendlichen ist daher, dass der Betriebsstoffwechsel nicht höher sein darf als der Baustoffwechsel der Strukturen (bionegative oder Maladaptation).

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

Tab. 3: **Energieumsatz von Kindern und Jugendlichen nach der Deutschen Gesellschaft für Ernährung 1975 (in WEINECK, 2000, 645)**

		Energie [kcal/kg Körpergewicht/Tag]		Energie [kJ/kg Körpergewicht/Tag]	
		m	w	m	w
Säuglinge	0– 6 Monate	120–110		500–460	
	7–12 Monate	110–100		460–420	
Kinder	1– 3 Jahre	90–80		380–330	
	4– 6 Jahre	80		330	
	7– 9 Jahre	70		290	
	10–12 Jahre	60	50	250	210
	13–14 Jahre	50	45	210	190
Jugendliche	15–18 Jahre	50	45	210	190

### Immunsystem

Das Immunsystem reift bis zum 17. Lebensjahr heran. Moderate sportliche Aktivität kann verschiedene Parameter der Immunabwehr anregen, aber vor allem in der Pubertät können extreme Beanspruchungen die gegenteilige Wirkung hervorrufen (NOFFSINGER, 1996, 585; SHEPARD / SHEK, 1996, 133).

### Hormonelles System

Wie schon erwähnt, verändert sich der Hormonhaushalt des Heranwachsenden in der Pubertät deutlich. Ab etwa 10/11 Jahren setzt bei den Mädchen die Produktion der Östrogene ein, bei Jungen entwickeln sich Androgene, v.a. Testosteron, zwischen 12 und 16 Jahren. Daraus folgt die Entwicklung der primären und sekundären Geschlechtsmerkmale sowie die geschlechtsspezifisch unterschiedliche Ausprägung der Muskulatur.

### Skelettsystem

Die Strukturen des passiven Bewegungsapparates reagieren relativ langsam auf formative Belastungsreize. Die Anpassung erfolgt mit unterschiedlicher Geschwindigkeit: Muskulatur reagiert mit etwa einer Woche am schnellsten auf adäquate Reize, während Knochen, Knorpel, Bänder und Sehnen dazu Wochen brauchen. Daher ist deren Adaptationsgeschwindigkeit maßgebend für die Trainingssteuerung im Kindes- und Jugendsport.

Wie im „Mark–Jansen–Gesetz“ (BERTHOLD / THIERBACH, 1981, 165) festgelegt, besteht bezüglich der Empfindlichkeit eines Gewebes eine Proportionalität zur

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

Wachstumsgeschwindigkeit, was eine verminderte Belastbarkeit des Heranwachsenden zur Folge hat. Laut THOMAS (1983, 308) sind Mädchen bereits bei der Geburt trotz einem geringeren Geburtsgewicht bezüglich der Knochenentwicklung um zwei Wochen voraus. Dieser Vorsprung erhöht sich während des Wachstums und beim Eintritt in die Pubertät beträgt er zwei Jahre.

Das Wachstum des *Knochengewebes* erfolgt von den Ossifikationskernen in den Epiphysen (Wachstumsfugen) der langen Röhrenknochen. In den Epiphysen findet das primäre, in den Apophysen das sekundäre Wachstum des Knochens statt sowie die Verknöcherung oder Ossifikation. Nach zwei Lebensjahrzehnten sind diese Wachstumszentren verbraucht und durch Knochengewebe ersetzt, so dass zwischen dem 19. (Mädchen) und 21. Lebensjahr (Jungen) das Längenwachstum abgeschlossen ist und eine sogenannte Epiphysennarbe übrig bleibt (TITTEL, 2000, 32; GROSSER et al., 2001, 179). Der jugendliche Knochen ist zwar sehr biegsam, aber noch nicht auf hohe Druck- und Zugbelastungen ausgelegt. Deshalb beinhalten diese Strukturen beim Training im Kindes- und Jugendsport die größten Gefahren, da die mechanische Belastbarkeit des Knochengewebes deutlich gemindert ist. Als Notwendigkeit besteht daher die Ausprägung eines stabilisierenden Muskelkorsetts ab dem 8. Lebensjahr durch ein funktionales Muskeltraining (GROSSER et al., 2001, 179). TITTEL (2000, 32) verweist hierzu auf das Prinzip der mehrfachen Sicherheitsquote in der Technik, um dem jugendlichen Skelett immer genügend Zeit zur funktionellen Anpassung zu geben.

Das *Knorpelgewebe* unterliegt denselben Gefahren wie der Knochen durch die inkomplette Ossifikation der knorpelbildenden Epiphysenfugen und ist anfällig gegenüber erhöhten Druck- und Scherkräften.

*Bänder und Sehnen* sind beim Heranwachsenden noch nicht in der Lage, hohe Zugbelastungen zu kompensieren. Die Zugfestigkeit wird bestimmt durch Proteinketten, die sich zu kristallgitterähnlichen Strukturen, sogenannten Micellen, zusammenschließen. Diese Gitterstruktur ist beim jungen Menschen noch nicht ausreichend dicht und verfestigt sich erst im Laufe des Wachstums (TITTEL, 2000, 22). Unterstützend dabei ist eine qualitativ und quantitativ adäquate Belastung durch dosiertes Sporttreiben.

Als weitere wichtige Maßnahme im Kindes- und Jugendsport gilt eine ausreichend hohe Regenerationszeit, die höher anzusetzen ist als beim Erwachsenen.

## **Muskulatur**

Die Entwicklung der Muskulatur ist von der Geburt bis zum Erwachsenenalter progredient. Nach DEMETER (1981, in MELLEROWICZ et al., 2000, 80) beträgt der prozentuale Anteil an der Gesamtkörpermasse beim Säugling 25%, zu Beginn der Pubertät 33% und beim Erwachsenen 40%. Hinsichtlich des Aufbaus und der mengenmäßigen und strukturellen Ausprägung des aktiven Bewegungsapparates gibt es Unterschiede zwischen Kindern und Erwachsenen. Laut WEINECK (2000, 351) beträgt der Muskelanteil beim Kind in Relation zur Gesamtkörpermasse rund 27% und ist damit geringer als beim Erwachsenen. Bis zum 12. Lebensjahr überwiegen mit rund 65-75% die langsam zuckenden Muskelfasern (GROSSER et al., 2001, 179). Geschlechtsspezifische Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen machen sich erst ab dem Eintritt in die Pubertät bemerkbar, da sich durch die verstärkte Testosteronbildung bei den Jungen die Muskelmasse und –kraft deutlich erhöhen. REITER / ROOT (1975, 128) geben bei Jungen eine Steigerung des Muskelanteils von 27% auf 41,8% an, bei Mädchen auf 35,8%. In dieser Entwicklungsphase treten bei komplexen Bewegungen oftmals Koordinationsstörungen auf, bedingt durch ein Missverhältnis zwischen Skelett- und Muskelwachstum (COTTA / SOMMER, 1986, in MELLEROWICZ et al., 2000, 80). Die Muskelmasse in Relation zum Körpergewicht entwickelt sich laut GROSSER et al. (2001, 179) wie folgt:

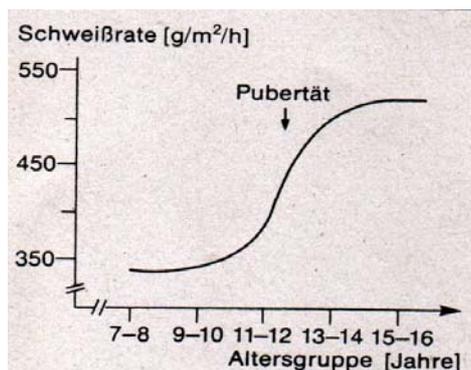
4-6 Jahre:	ca. 20%
7-10 Jahre:	ca. 23%
10-12/13 Jahre:	ca. 25-28%
12/13 – 14/15 Jahre:	ca. 30-35%
bis 16/19 Jahre:	ca. 33-45%

Ein weiterer Unterschied zum Erwachsenen besteht in der relativ niedrigen Laktatsäuretoleranz. Die anaerobe Kapazität sowie die genetisch bedingte Faserverteilung von FTG-, FTO, und ST-Fasern treten erst ab der Pubertät verstärkt in Erscheinung und erreichen nach KEUL (1982) zwischen dem 20. und 30. Lebensjahr ihren Höhepunkt. Daher sind im Kindesalter Belastungen, die mit einem hohen Laktatsäureanfall einhergehen, möglichst zu vermeiden (ROST, 1998, in MELLEROWICZ et al., 2000, 79). Im Gegensatz dazu sind aerobe Belastungen gut tolerierbar und das sogar unter besseren Voraussetzungen als bei

Erwachsenen. BERG / KEUL / HUBER (1980, 490 f.) stellten fest, dass durch einen höheren Anteil oxidativer Enzyme freie Fettsäuren schneller zu verwerten sind, was zur Schonung der Glucosespeicher führt. Die aerobe Kapazität überwiegt bei Kindern in Relation zum Körpergewicht, ehe ab dem Eintritt in die Pubertät die anaerobe Kapazität zunimmt.

## Thermoregulation

Nach der Definition von PSCHYREMBEL (1998, 796) ist die u.a. für die Thermoregulation und Wärmeverlust verantwortliche Körperoberfläche die einzige Variable, die mit dem Grundumsatz korreliert. Als absoluter Schätzwert wird für die Körperoberfläche eines 9-jährigen Kindes ein Quadratmeter angegeben, beim Erwachsenen 1,73 Quadratmeter. Bei der Betrachtung der relativen, vom Körpergewicht abhängigen Körperoberfläche kehrt sich dieses Verhältnis jedoch um, da das Kind einen 36% höheren Wert aufweist als der Erwachsene (BAR-OR, 1983, 262).



**Abb. 4: Die Entwicklung der Schweißrate im Kindesalter bei relativ gleicher Arbeitsleistung (in WEINECK, 2000, 353)**

Kinder haben eine verhältnismäßig niedrigere Schweißrate, bedingt durch eine geringere Anzahl und Exkretionsleistungsfähigkeit der Schweißdrüsen. Unter gemäßigten klimatischen Bedingungen ergibt sich daraus aber kein Nachteil im Vergleich zum Erwachsenen. Die Toleranz gegenüber extrem erhöhten Außentemperaturen ist jedoch herabgesetzt aufgrund eines Anstiegs der Körperkerntemperatur bei unzureichender Kühlung durch Schweißproduktion (BAR-OR, 1995, 31). Zudem ist nach GROSSER et al. (2001, 180) die Durchblutung der inneren Organe und der Haut herabgesetzt, was eine Reduktion der Langzeitausdauer zur Folge hat.

## **Gehirnentwicklung und zentrales Nervensystem**

Das Gehirn entwickelt sich im Gegensatz zu anderen Körperteilen mit sehr hoher Geschwindigkeit. Die mittlere Masse des Gehirns nimmt von etwa 400g beim Neugeborenen auf 1375g beim Erwachsenen zu, so dass sich die Relation zum Körpergewicht von 1:10 beim Neugeborenen zu 1:50 beim Erwachsenen ändert (TITTEL, 2000, 367). Bereits im Säuglings- und Kleinkindalter erfolgt eine rasche Vernetzung der Nervenzellen des zentralen Nervensystems, besonders intensiv bis zum 3. Lebensjahr (FALCK / LEHR, 1980, 103 nach AKERT, 1971, 509). Hinsichtlich der Motorik des Kindes ist es daher relevant, dass bereits in diesem frühen Alter adäquate Reize von Seiten der Umwelt gesetzt werden. Falls diese Reize ausbleiben, führt dies zu einer verminderten Entwicklung der betroffenen Hirnareale (PICKENHAIN, 1979, 45), was die Ausprägung der koordinativen Fähigkeiten beeinträchtigt. Laut GROSSER et al. (2001, 178) ist die Endgröße des Gehirns im 6. Lebensjahr mit 90% fast erreicht und mit 12 Jahren komplett, so dass das Gehirn dann aus 100-300 Milliarden Zellen besteht. Demzufolge sind im Kindes- und Jugendsport die Phasen zwischen 6/7 Jahren und 12/13 Jahren ideal zur Schulung von Bewegungskoordination und Schnelligkeitsfähigkeiten zu nutzen.

### **1.1.3. Bestimmung des individuellen Altersstatus**

Wie schon früher erwähnt, lässt die Angabe des kalendarischen Alters keinen absoluten Vergleich zweier gleichaltriger Heranwachsender zu, sondern ausschlaggebend ist das *biologische Alter*, das schon 1908 (230) als „physiological age“ von CRAMPTON postuliert wurde. Es existiert keine allgemeingültige Definition dieses Konstrukts, doch wird es von SHARMA / HIRTZ / WUTSCHERK (1991, 150) als „Differenz, die zwischen dem individuellen Entwicklungsstand und dem vom Durchschnitt der Gesamtheit erreichten besteht“ beschrieben. Bei der Betrachtung kalendarisch gleichaltriger Kinder und Jugendlicher kann es zu deutlichen Diskrepanzen kommen, die durch den individuellen biologischen Reifegrad entstehen. PICKENHAIN et al. (1993, in MELLEROWICZ et al., 2000, 80) geben Entwicklungsunterschiede zwischen 4 und 6 Jahren an. Daraus folgert im sportlichen Training die Konsequenz eines unterschiedlichen pädagogischen und trainingsmethodischen Ansatzes, um eine optimale Förderung zu erhalten. Vor allem in der Phase der Pubertät werden solch individuelle Entwicklungsunterschiede deutlich, die sich

aber um das 18./19. Lebensjahr herum wieder normalisieren (WUTSCHERK, 1974, 159; GROSSER et al., 2001, 180). Dies impliziert im Sport eine Kategorisierung nach dem Reifegrad und nicht nach dem Alter, wodurch in Kontaktsportarten der Wettbewerb gesteigert und die Verletzungsgefahr minimiert werden würde (ROEMMICH / ROGOL, 1995, 483).

Im Folgenden werden die verschiedenen Formen von Entwicklungsunterschieden und wissenschaftliche Methoden zur Bestimmung des individuellen biologischen Alters näher erläutert.

### **1.1.3.1. Das biologische Alter**

Das biologische Alter wird nicht nur vom vorhandenen Genpool und dessen Ausprägung definiert, sondern setzt sich aus einer Vielzahl von Faktoren zusammen (vgl. Abb.5). Die Ausprägung der Erbanlagen erfolgt durch ein wechselseitiges Zusammenspiel zwischen der erbbedingten Konstitution und der Umwelt. Nach JOCH / HASENBERG (1999, 5) verweist das biologische Alter auf den Zusammenhang von biologischer Reife, Wachstumstempo und sportlicher Leistungsfähigkeit und schafft eine engere Beziehung zum motorischen Leistungsstand als das kalendarische Alter. Erst die Betrachtung der Gesamtheit aller, die Entwicklung beeinflussenden Faktoren (Wachstum, Ossifikation, Dentition, Pubertät, Hormongenetik, Stoffwechsel und Kreislauf, Motorik, Umwelt, Ernährung, sportliche Leistung und Psyche) lassen komplexe Aussagen zu (KÖTHE / SCHMIDT, 1982, 217).

Der Entwicklungsstand eines Heranwachsenden ist entweder unter dem zeitlichen Aspekt oder dem Aspekt der individuellen Entwicklung als Folge der Erbanlagen und deren Wechselspiel mit der Umwelt zu betrachten. Das kalendarische oder chronologische Alter macht nur eine Aussage über die Zeit, in der eine Entwicklung stattfand, aber nicht über deren Ausmaß oder Geschwindigkeit. Somit erfolgt eine Einteilung von kalendarisch Gleichaltrigen am Mittelwert oder Erfahrungsdurchschnitt der Altersgruppe. Wichtiger wäre jedoch die Betrachtung des Einzelnen im Verhältnis zur Gesamtpopulation, was durch die Bestimmung des biologischen Alters teilweise möglich wird, wobei eine klare Terminierung der untersuchten Parameter nötig ist.

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

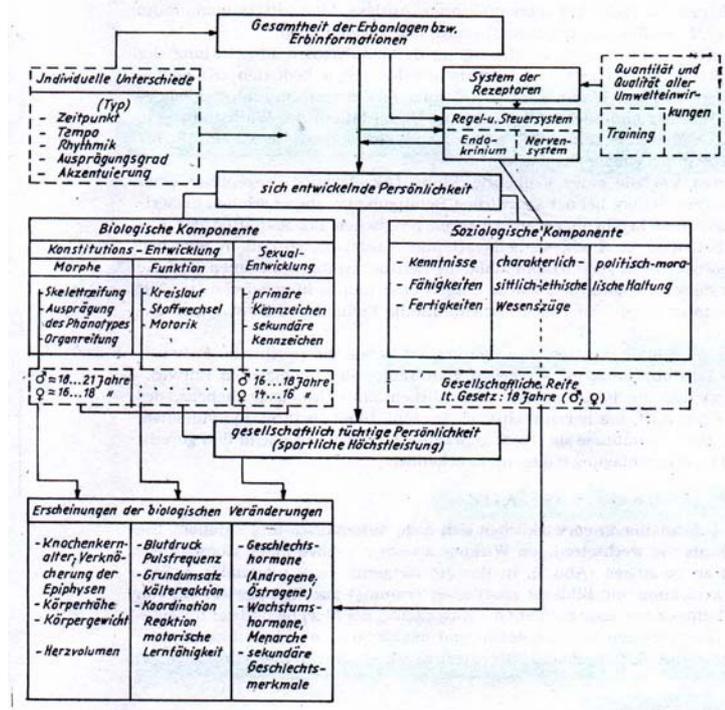


Abb. 5: Einflussfaktoren auf das biologische Alter (in WUTSCHERK, 1974, 160)

Laut WUTSCHERK (1974, 162) können bei der Bestimmung des biologischen Alters daher alle Parameter herangezogen werden, die sich im Verlauf der Entwicklung ausreichend in Abstufungen verändern und hinreichend korrelativ mit der Gesamtentwicklung in Verbindung stehen. Als brauchbare Methoden zur Bestimmung des individuellen biologischen Altersstatus gibt er daher Betrachtungen der Verknöcherung des Skeletts, der sexuellen Reifung und gesetzmäßiger Proportionsveränderungen des Körperbaus an, die nun kurz näher erläutert werden sollen.

Bezüglich der Bestimmung des *Knochenalters* findet das Längenwachstum des Knochens an den Epiphysenfugen statt und um das 22. Lebensjahr verknöchert diese knorpelige Wachstumszone, so dass dann das Längenwachstum abgeschlossen ist. Das Knochenalter wird an speziellen Epiphysenfugen, z.B. den Handwurzelknochen, röntgenologisch bestimmt und birgt daher schon eine gewisse Einschränkung. Weiterhin birgt diese Methode einen hohen Aufwand an technischen Geräten und der Strahlenbelastung, die beim Röntgen auftritt. Eine weitere Methode stellt die Bestimmung des „Reifezeichen – Alters“ dar, die sich primär auf die Ausprägung der Reifungsvorgänge (Menstruation, Geschlechtshormone, Veränderungen des Phänotyps) bezieht.

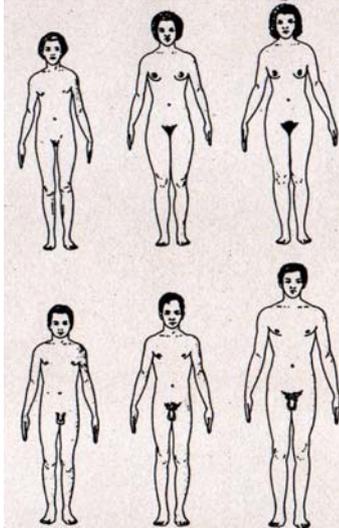
Die *Relation von Körpergröße zu Körpergewicht* lässt eine Quotientenbildung zu. Die bekannten Indices (Quetelet-Index, Kaup-Index, Rohrer-Index, Livi-Index) bestätigen die Streck- und Füllphasen durch die Aussage einer relativ höheren Gewichtszunahme je Körperhöhenheit.

Weiterhin existiert die Methode der Bestimmung des *Komplex-Körperbaumerkmals C* durch Erfassung verschiedener physischer Parameter (Gewicht, Höhe, Schulterbreite, Beckenstachelbreite, Beinlänge, Armlänge, Oberschenkel- und Oberarmumfang).

In der vorliegenden Arbeit wurde die Methode des Körperbauentwicklungsalters (KEA) nach WUTSCHERK (1983, in SENF, 1989, 21) verwendet, die bei der Vorstellung der Testbatterie im späteren Text genauer beschrieben wird.

### **1.1.3.2. Akzeleration und säkulärer Trend**

Bereits im Jahre 1935 prägte KOCH (in WILLIMCZIK / GROSSER, 1981, 215) den Begriff der *Akzeleration* oder Frühentwicklung und machte damit auf eine schon seit 100 Jahren beobachtete beschleunigte Entwicklung des Menschen aufmerksam. Von diesem Phänomen beeinträchtigt, vergrößern sich die Körpermaße und auch die biologische Entwicklung hinsichtlich der sexuellen Reifung beschleunigt sich zusehends über die Generationen. Des Weiteren werden psychosoziale Komponenten der heranwachsenden Persönlichkeit beeinflusst. Der säkuläre Trend äußert sich in der Zunahme der Größe in der Erwachsenenpopulation. Die Akzeleration lässt sich unter differenzierten Blickwinkeln betrachten: Zunächst wird zwischen *säkulärer* und *individueller Akzeleration* (WEINECK, 2000, 403) unterschieden. Erstes bezieht sich auf die Gesamtpopulation und die Entwicklung von Generation zu Generation, während bei letzterem die Entwicklung einzelner Individuen in Relation zur Norm ihrer Altersgruppe gesetzt wird (vgl. Abb.6). Dieser Aspekt wird im weiteren Verlauf der Arbeit noch vertieft, da sich dadurch zwangsläufig Probleme für den Schulsport auftun.



**Abb. 6: Unterschiede im Reifenniveau (in OERTER / MONTADA, 1987, 273)**

Weiterhin ist eine Unterteilung der Akzeleration in eine *morphologische* (Zunahme der Körpergröße), *funktionelle* (körperliche Reifung) und *psychische* (geistig-seelischer Reifegrad) vorzunehmen (KENNTNER, 1983, 33). Die Ursachen für die beschleunigte Entwicklung werden durch verschiedene Theorien und Hypothesen erklärt, die hier nur kurz genannt werden sollen.

Nach der *Land-Stadt-Migrationstheorie* von BRENNHOLDT – THOMSON (1957 in PÖTTINGER, 1969, 36) kommt es in den Städten zu einer Reizüberflutung (Urbanisationstrauma), die zu einer gesteigerten vegetativ-innersekretorischen und zerebralen Aktivierung, somit einer Reifungsbeschleunigung, führt. Die *Ernährungstheorie* nach BORMANN / REYHER-PAULY (1970, 1155) fordert eine qualitativ und quantitativ ausreichende Ernährung als Basis für das Erreichen der genetisch vorgegeben Wachstumsgrenze. Letztgenannte Autoren begründen im Rahmen der *Hominisierungstheorie* die beschleunigte Entwicklung als Phänomen, das seit der Menschwerdung existiert und auch weiterhin anhalten werde. Nach der *Erbanlagentheorie* (SÄLZLER, 1967, 33) soll die Akzeleration partiell durch die Erbanlagen und deren Realisierung unter bestimmten Umweltbedingungen beeinflusst werden. Der *Heterosis- und Isolatenerbruchtheorie* nach besteht ein Konkurrenzverhältnis zwischen den Genen von Vater und Mutter und somit eine deutlichere Merkmalsausprägung (PÖTTINGER, 1969, 33). Durch eine zunehmende Erweiterung des physischen und psychischen Horizonts werden alteingesessene Strukturen aufgelöst und nach DAHLBERG (1947, in KENNTNER, 1983, 33) führt die daraus entstehende „Rassenmischung“ zur Akzeleration.

KOCH (1936, in SÄLZLER, 1967, 18) sucht mit Hilfe der *Heliogenen Theorie* die Ursachen der Akzeleration in einer vermehrten Sonnenbestrahlung des Individuums, bedingt durch ein verändertes Freizeitverhalten. In der *Komplextheorie* schließlich werden mehrere Einflussfaktoren als Ursachen genannt, die in ihrer Summe eine beschleunigte Entwicklung bedingen (DE RUDDER, 1960, in KENNTNER, 1983, 33).

Nach EIBEN (in WILLIMCZIK / GROSSER, 1981, 216) wird die menschliche Evolution am Beispiel der Akzeleration nicht mehr genetisch, sondern in erster Linie durch gesellschaftliche und verbesserte Umweltfaktoren bestimmt.

### **1.1.3.3. Retardation**

Die im Verhältnis zur entsprechenden Norm verzögert auftretende Entwicklung wird *Retardation*, *Retardierung* oder *Dezeleration* genannt (SÄLZLER, 1967, 18; OSTER, 1970, 1100). Vor allem im Bereich der Talentsuche werden Retardierte im Vergleich zu Akzelerierten oftmals vernachlässigt, doch bis zum Abschluss des Wachstum sind alle bestehenden Missverhältnisse gegenüber der Norm ausgeglichen.

## **1.2. Die koordinativen Steuerungsprozesse**

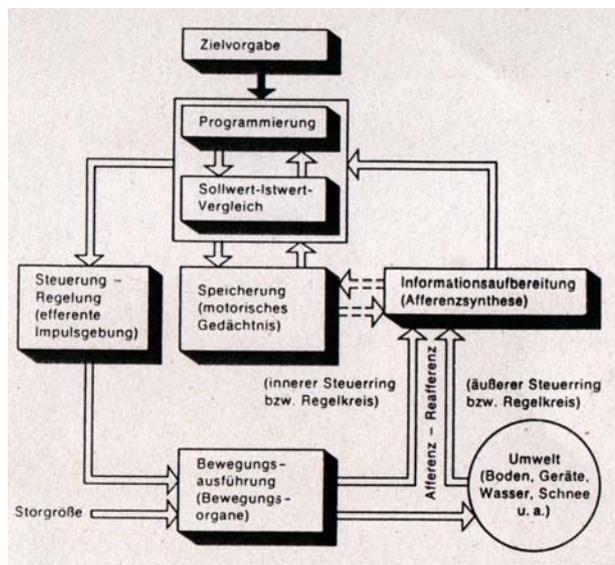
Je komplexer und komplizierter eine Bewegung wird, desto wichtiger wird der Einfluss der *koordinativen Fähigkeiten*. GROSSER et al. (2001, 96) definieren den Begriff *Koordination* physiologisch als Zusammenwirken von Zentralnervensystem (ZNS) und Skelettmuskulatur innerhalb einer willkürlichen zielgerichteten Bewegung. Die koordinativen Fähigkeiten sind durch Prozesse der Bewegungssteuerung und -regelung definiert. Innerhalb eines komplexen Bewegungsablaufs wird ein Programmwurf vom motorischen Zentrum der Großhirnrinde notwendig, der über die Pyramidenbahn an untergeordnete Strukturen weitergegeben wird, wo dann ein adäquater Wechsel von Erregungs- und Hemmungsimpulsen erfolgt. Ziel dieser Aktionen ist die Präzisierung, Ökonomisierung und Effektivierung von sportlichen Bewegungsabläufen (WEINECK, 2000, 331) oder *Automatisation der Bewegung*. Aus diesem Bewegungstereotyp ergeben sich für den Sportler folgende Vorteile: Ein späterer Ermüdungseintritt durch einen verringerten Kraft- und Energieaufwand der Muskulatur, weiterhin eine Harmonisierung des Bewegungsflusses, die Entlastung der Großhirnrinde, die

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

Steigerung der sensomotorischen Lernfähigkeit sowie eine erhöhte Unfall- und Verletzungsprophylaxe. THORWESTEN et al. (1999, 122) wiesen weiterhin eine bessere Sensomotorik der Wirbelsäule und Trainierbarkeit der Propriozeption bei Sportlern in Relation zu Nichtsportlern nach.

### 1.2.1. Die motorischen Zentren des ZNS aus neurophysiologischer Sicht

Es wird im allgemeinen davon ausgegangen, dass an allen Arten von Bewegungsabläufen Strukturen beteiligt sind, die streng hierarchisch arbeiten und im Gedächtnis abgespeicherte Steuerungsprogramme bilden, auf die im Sinne der Automatisierung beliebig zurückgegriffen werden kann. Außerdem findet ein ständiger Austausch von rückgekoppelten Informationen statt, um immer eine optimale situative Anpassung an die Umwelt zu gewährleisten. Anhand des Modells der Bewegungskoordination nach MEINEL / SCHNABEL (1987, 66) werden diese Regelkreise in Teilprozesse differenziert (vgl. Abb. 7), deren Beschreibung folgt (nach MARTIN / CARL / LEHNERTZ, 1993, 59 ff).



**Abb. 7: Modell der Bewegungskoordination in MARTIN et al., 1993, 58**

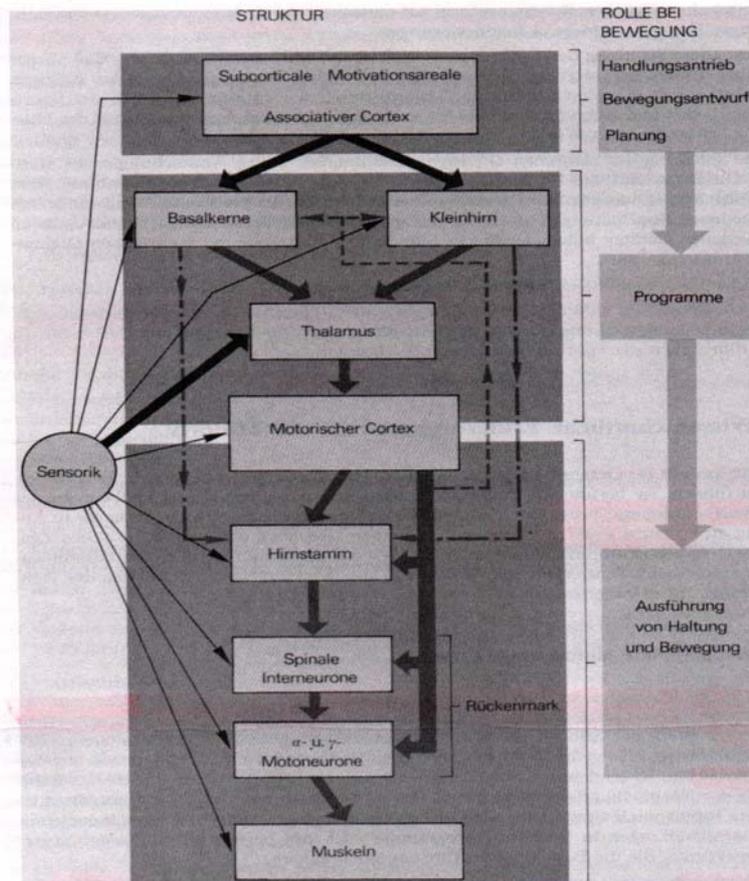
Die Qualität und Ausprägung der Steuerungsprozesse ist abhängig von der Informationsaufnahme und Weiterverarbeitung durch die Analysatoren (Sinnesorgane). Jeder Analysator besitzt jeweils spezielle Rezeptoren, afferente Nervenbahnen und sensorische Zentren in verschiedenen Hirnarealen (WEINECK, 2000, 332). Insgesamt unterscheidet man

fünf Analysatoren, die jedoch meist ergänzend zusammenarbeiten (nach SCHNABEL, 1977, 25 f.):

(1) *Der kinästhetische Analysator* besitzt Rezeptoren in allen Muskeln, Bändern, Sehnen und Gelenken und gibt Informationen über die Stellung der Extremitäten und des Rumpfes im Raum und über einwirkende Kräfte. Hier erfolgt die genaue zielgerichtete Abstimmung von Reaktionen bezüglich Raum- und Zeitkoordination. (2) Die Rezeptoren des *taktilen Analysators* befinden sich in der Haut und geben Informationen über Form und Oberflächenstruktur berührter Gegenstände. (3) *Der statikodynamische Analysator* liegt im Vestibularorgan des Innenohres und informiert über Veränderungen bezüglich Richtung und Beschleunigung des Kopfes. (4) *Der optische Analysator* besitzt sogenannte Distanz- oder Telerezeptoren und ermöglicht das zentrale und periphere Sehen. (5) *Der akustische Analysator* schließlich gibt Informationen zur Realisierung rhythmischer Bestandteile einer Bewegung.

Aus abgespeicherten Erfahrungen des motorischen Gedächtnisses, der Definition des Handlungsziels sowie Informationen über die Ausgangssituation wird eine Programmierung des Bewegungsablaufs und die Ergebnisvorwegnahme (Antizipation) erstellt. Als nächster Schritt folgen Steuerimpulse an die Muskulatur, die die Bewegung dann in Abstimmung mit Muskel- und äußeren Kräften ausführt. Dabei findet ständig eine Rückkopplung (Feedback) mit dem vorher entworfenen Bewegungsprogramm statt, sozusagen ein Soll-Ist-Wert-Vergleich. Falls dort Unstimmigkeiten entdeckt werden sollten, ergeht eine Korrektur über erneute Regelimpulse an die Muskulatur.

Im Folgenden werden die beteiligten Strukturen kurz erläutert, die alle supraspinal, also oberhalb des Rückenmarks, liegen. Abb.8 zeigt den Informationsfluss zwischen den motorischen Zentren auf.



**Abb. 8: Blockdiagramm der supraspinalen und spinalen motorischen Zentren mit zusammengefassten sensorischen Zuflüssen (in MARTIN et al., 1993, 64)**

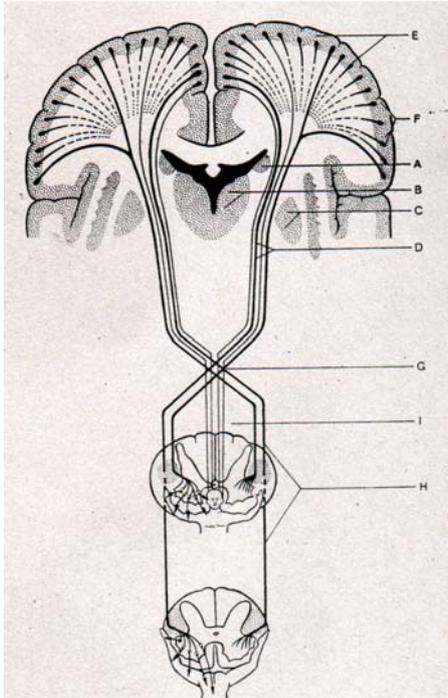
### 1.2.2. Der Motorcortex ( Großhirnrinde)

Das Groß- oder Endhirn dient als Steuerzentrale bei der Bewegungsausführung, da es sowohl direkt über die Pyramidenbahn (Tractus corticospinalis), als auch indirekt über den Hirnstamm die motorischen Zentren des Rückenmarks erreicht. Die Oberfläche des Großhirns nennt man Rinde oder Cortex cerebri und sie ist zwischen 1,5 und 4,5 mm dick (DUUS, 1995, 352; TITTEL, 2000, 367). Im assoziativen Cortex entstandene Bewegungsprogramme leitet der Motorcortex als letzte supraspinale Station ein in die Reihe von Strukturen, die letztlich die Bewegung realisieren. Die motorischen Zentren liegen in der vor der Zentralfurche gelegenen Windung des Stirnlappens (Gyrus praecentralis). Die einzelnen Körperregionen sind darin derart lokalisiert, dass die fußwärts gelegenen Körperabschnitte im Zentrum der Willkürmotorik ihre Repräsentation am weitesten nach dorsal haben. Die einzelnen Körperteile sind nicht in Relation ihrer anatomischen Größe im Cortex vertreten, sondern nach der

funktionellen Aufgabe und der Zahl der motorischen Einheiten. Muskelgruppen mit feinkoordinativen Aufgaben nehmen daher die größten Ausmaße im Cortex ein. Aufgrund der Vielzahl von Prozessen ist die Kapazität des Großhirns jedoch limitiert, so dass Details des Bewegungsablaufes an andere Strukturen abgegeben werden müssen.

### **1.2.3. Die Pyramidenbahn**

Die Pyramidenbahn oder sensomotorisches System (Abb.9) ist in der Motorik für das Erlernen von Bewegungen von großer Bedeutung, da hier die Impulse für isolierte Bewegungen einzelner Muskelgruppen der gleichen oder kontralateralen Körperseite übermittelt werden. Nach PSCHYREMBEL (1998, 1276) versteht man unter dem auch genannten Tractus corticospinalis die Gesamtheit der absteigenden Leitungsbahnen des zentralen Nervensystems, die in der Großhirnrinde entspringen und zu den motorischen Kernen der Hirnnerven oder den Vorderhornzellen des Rückenmarks ziehen. Die Bahnen entspringen im Stirnlappen (Gyrus praecentralis), kreuzen zu 80-85% auf die jeweils andere Seite und bilden dann die Pyramidenseitenstrangbahn (DUUS, 1995, 43; TITTEL, 2000, 374). Die anderen Anteile werden als Pyramidenvorderstrangbahn bezeichnet und sie kreuzen erst im jeweiligen Segment. Beide Bahnen enden direkt oder indirekt (über Interneurone) an den Vorderhornzellen des Rückenmarks (Alphamotoneurone).



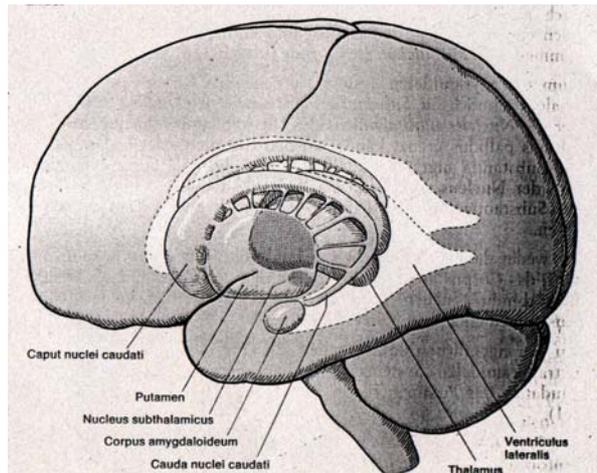
*A = Schweifkern, B = Sehhügel, C = Linsenkern, D = innere Kapsel, E = oberer Teil des Gyrus praecentralis, F = unterer Teil des Gyrus praecentralis, G = Kreuzung der Pyramidenbahnen, H = Pyramidenseitenstrangbahn, I = Pyramidenvorderstrangbahn*

**Abb. 9: Schema (unter Mitverwendung einer Zeichnung von Delmas) von der Pyramidenbahn (in TITTEL, 2000, 374)**

#### **1.2.4. Das extrapyramidale System**

Das *extrapyramidale System* enthält alle motorischen Strukturen des ZNS, die nicht der Pyramidenbahn angehören.

Die Aufgaben umfassen nach TITTEL (2000, 375) die Feinabstufung des Muskeltonus sowie unwillkürlicher und Koordinationsbewegungen (z.B. das Pendeln der Arme beim Gehen), die Regulierung der Körperhaltung, Ausdrucks- und Abwehrbewegungen sowie des Gleichgewichts. Weiterhin wird hier die Bewegungsqualität genau abgestimmt. Die Arbeit des extrapyramidalen oder Systems der basalen Ganglien stellt eine enorme Entlastung der Großhirnrinde dar, die dadurch wieder an Kapazität für neue Handlungen gewinnt. Das pyramidale und extrapyramidale System kooperieren bei der Bewegungssteuerung.

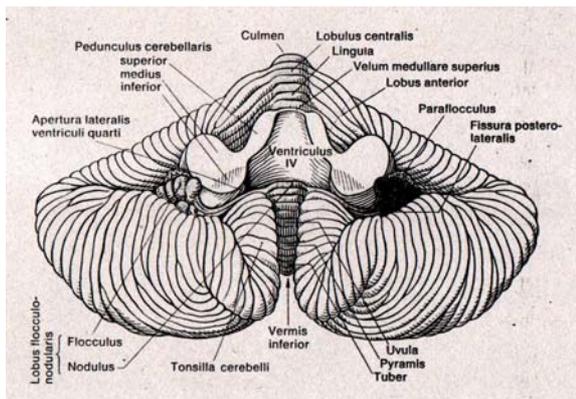


**Abb. 10: Basalganglien (in DUUS, 1995, 312)**

Nach MARTIN / CARL / LEHNERTZ ( 1993, 65) sind die Basalganglien hauptsächlich für die Anbahnung und Ausführung langsamer Bewegungen verantwortlich, wobei sie mit dem Kleinhirn auf einer Ebene stehen. Kurze, hochfrequente Belastungen führen nach TITTEL (2000, 376) zu einer Zunahme des Nervenquerschnitts und der Zellgröße, während ein dynamisches aerobes Ausdauertraining von mindestens 45-50% der individuellen Höchstleistung eine deutliche Verbesserung der segmentalen Hirndurchblutung zur Folge hat.

### **1.2.5. Das Kleinhirn**

Das Kleinhirn (Cerebellum) liegt in der hinteren Schädelgrube unterhalb des Hinterhauptlappens und steht über drei paarige Kleinhirnstiele durch afferente und efferente Bahnen mit Großhirn, Hirnstamm, Vestibularsystem und Rückenmark in Verbindung (PSCHYREMBEL, 1998, 783). Seine Aufgabe ist die ständige Regulierung von Haltung, Muskeltonus, Gleichgewicht (Stützmotorik) und die Koordination von Teilbewegungen (Zielmotorik) zu einem sinnvollen Ganzen (DUUS, 1995, 233-234).



**Abb. 11: Ansicht des Kleinhirns von unten (in DUUS, 1995, 226)**

In der Bewegungssteuerung spielt das Kleinhirn als „Fertigkeitsspeicher“ eine außerordentlich wichtige Rolle, es gilt als „beigeordnetes Reglerorgan der ganzen Motorik“ (TITTEL, 2000, 381). Die Bewegung wird in diesem Organ kontrolliert und einem Soll-Ist-Wert-Vergleich anhand der Programme aus dem Großhirn und dem extrapyramidalen System unterzogen, so dass gezielte Korrekturmaßnahmen ergriffen werden können. MIALL (1998, 284) nennt hierbei v.a. die Hand-Auge-Koordination, die er bei Versuchspersonen gezielt testete. Durch intensives Bewegungslernen erfolgen neuronale Veränderungen im ZNS, die als dynamische Engramme bezeichnet werden (MARTIN / CARL / LEHNERTZ, 1993, 68) und bis zu Stunden anhalten. Neu zu erlernende Bewegungen werden stabilisiert, wenn in dem Zeitraum, in dem diese neuronalen Umorganisationen existieren, verstärkt geübt wird. Im Kleinhirn als sog. motorischen Gedächtnis werden dann erlernte Programme abgespeichert, die im Idealfall als Automatismen zur Verfügung stehen.

### **1.3. Die juvenile Wirbelsäule**

Gerade bei Kindern und Heranwachsenden stellt man heute fest, dass ein großer Prozentsatz an schlechter Haltung und Fehlstellungen der Wirbelsäule leidet, was im späteren Leben zu schweren orthopädischen Problem führen kann. In einer neuen Studie des Wissenschaftlichen Instituts der Ärzte Deutschlands (WIAD) wurden bei 56 % der getesteten Jugendlichen im Alter zwischen 12 und 18 Jahren Haltungsschäden festgestellt.

Im Folgenden wird sowohl auf die Entwicklung der Wirbelsäule eingegangen als auch auf Fehlformen.

### 1.3.1. Der Aufbau der Wirbelsäule

Das zentrale Achsenorgan des Körpers hat einerseits eine statische Aufgabe zur Stabilisierung der aufrechten Haltung, andererseits eine dynamische Funktion bei allen großen Bewegungen des Rumpfes. Verbunden durch Bänder und Muskeln, besteht die Wirbelsäule aus 24 beweglichen Wirbeln (7 Hals-, 12 Brust-, 5 Lendenwirbel) aus Knorpelgewebe, zwischen denen jeweils eine Bandscheibe aus Knorpelgewebe liegt. Nach TITTEL (1999, 45) sind diese verbunden durch insgesamt 133 Gelenke, aufgegliedert in 26 „Halbgelenke“ (23 Zwischenwirbelscheiben, 2 Ileosacralgelenke, 1 Symphyse) und 107 „echte“ Gelenke (44 Wirbelbogengelenke, 10 Unkovertebralgelenke, 48 Wirbel-Teilgelenke und 7 Kopfgelenke). Die menschliche Wirbelsäule ist gekennzeichnet durch physiologische Schwingungen in der Sagittalebene, die durch funktionelle Beanspruchungen im Laufe der ersten Lebensjahre ausgebildet werden. Nach JUNGHANN (1986, 8) hat die Wirbelsäule ihre endgültige Form, die sogenannte doppel-S-förmige Schwingung, erst nach dem zweiten Lebensjahrzehnt erreicht. Sinn der physiologischen Schwingungen ist eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegenüber externen Kräften und die Kompensation von Stoßbelastungen, die ansonsten verletzbar Strukturen wie Gehirn und Rückenmark beschädigen würden. Dazu tragen auch die kollagenen Band- oder Zwischenwirbelscheiben bei.

Im Bereich des Halses besitzt sie eine konvexe Krümmung nach vorne (Halslordose), gefolgt von einer konvexen Ausbuchtung nach hinten im Brustabschnitt (Brustkyphose) und einem wieder nach vorn konvexen Abschnitt im unteren Rückenbereich (Lendenlordose). Am unteren Ende der Wirbelsäule befindet sich als „Schwachstelle“ (TITTEL, 1999, 46) das mit dem Steißbein verwachsene Kreuzbein als Teil des Beckens (Sacrum), wo 70-75% der Flexions- und Extensionsbewegungen ablaufen. Der Lumbosakralwinkel als Längsachse des Kreuzbeins beträgt nach TITTEL (2000, 80) beim Mann im Mittel  $142^{\circ}$  ( $123-157^{\circ}$ ), bei der Frau im Durchschnitt  $144^{\circ}$  ( $124-164^{\circ}$ ). Die Wirbelsäule ist in biomechanischer Hinsicht äußerst beweglich und die Richtungen umfassen Flexion, Extension, Lateralflexion und Rotation. Nach ROTHMAN / SIMEONE (1992, 82) beträgt das Ausmaß der Flexion rund  $90^{\circ}$  und erfolgt hauptsächlich aus den cervikalen und thorakalen Abschnitten, die Extension dagegen ist mehr eingeschränkt und findet primär in den cervikalen und lumbalen Regionen statt. Die Lateralflexion zu beiden Seiten ist immer verbunden mit einer leichten Rotationskomponente und beträgt rund  $60^{\circ}$ , vor allem cervical und lumbal. Die Rotation schließlich ist im Bereich von  $90^{\circ}$  zu jeder Seite möglich und wird hauptsächlich cervical und

thorakal realisiert, da die Lendenwirbelsäule durch die fast sagittale Stellung der miteinander verbundenen Gelenkfortsätze ein geringeres rotatorisches Bewegungsausmaß besitzt.

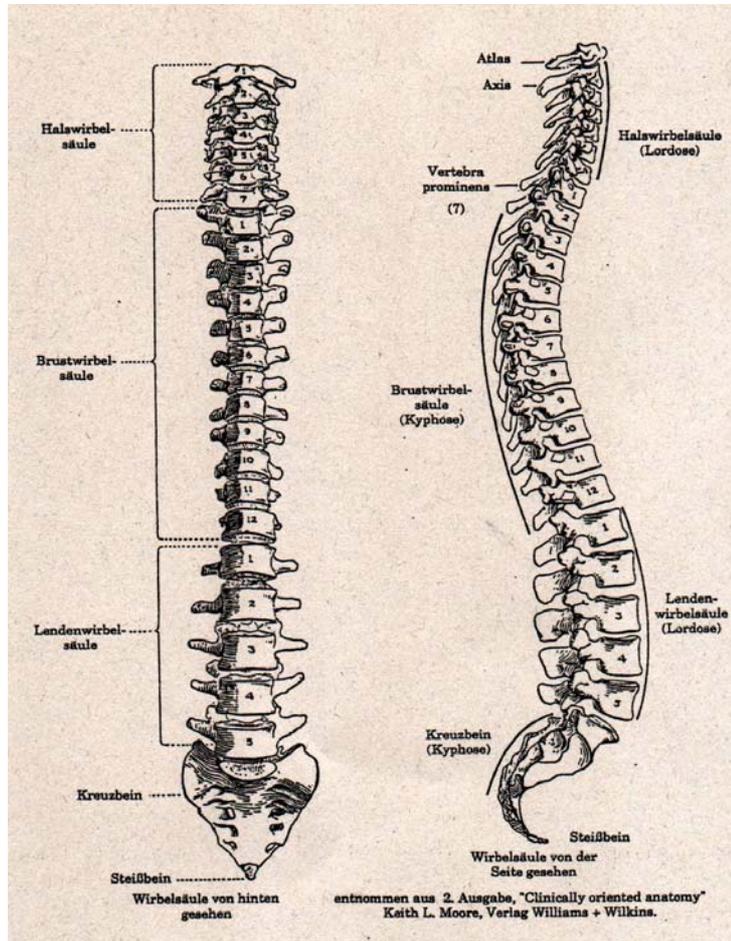
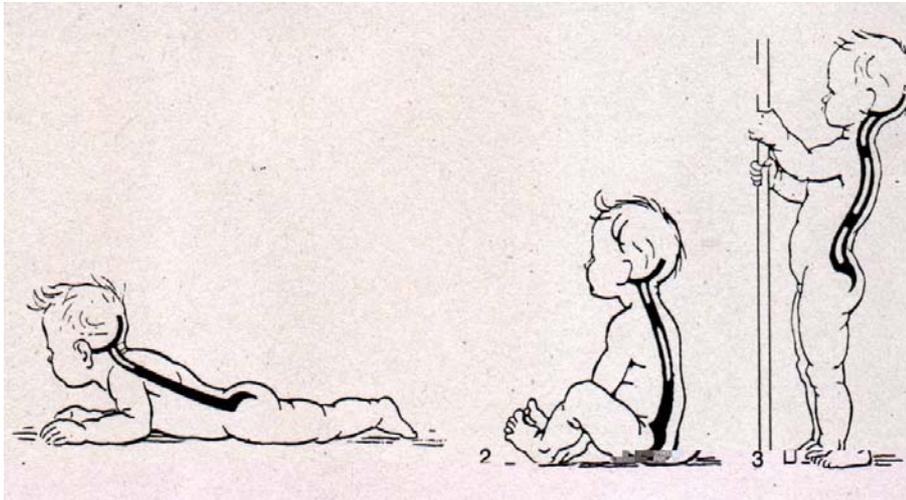


Abb. 12: Aufbau der Wirbelsäule (in BEITEL,1992, 7)

### 1.3.2. Entwicklung der physiologischen Wirbelsäulenform

Evolutionär bedingt hat laut TITTEL (2000, 86) die Wirbelsäule im Mutterleib wie bei Vierfüßlern die Form einer Total-Kyphose. Kinderärzte raten, das Kind ab dem dritten Monat hauptsächlich auf den Bauch zu legen. Das Kind versucht dann, den Kopf von der Unterlage abzuheben und erfährt somit eine Kräftigung von Nackenmuskulatur und der tiefen Rückenmuskeln im oberen Brustabschnitt. Dabei wird die physiologische *Halslordose* ausgebildet. Mit einem halben Jahr kann das Kind den Kopf gut selbst halten und es richtet sich verstärkt aus dem Rumpf heraus auf, um den Wahrnehmungshorizont zu erweitern. Des Weiteren kommt es durch die zunehmende Fortbewegung im Rutschen und Kriechen zur

Kräftigung der unteren Extremitäten und beim Versuch der Aufrichtung in den Stand bildet sich die physiologische *Lendenlordose* mit der kompensatorischen *Brustkyphose* aus.



**Abb. 13: Die Entstehung der physiologischen Wirbelsäulenkrümmungen (in WEINECK, 2000,355)**

Zusammengefasst kann man die Entwicklung der aufrechten Haltung beim Kleinkind in drei größere Abschnitte unterteilen (TITTEL, 2000, 87): Zuerst rutscht das Kind auf dem Bauch bzw. krabbelt in Vierfüßlerstellung, dann folgt ein dem Menschenaffen ähnlicher Gang. Dieser ist charakterisiert durch gebeugte Knie- und Hüftgelenke und dem nach vorn geneigten Rumpf. Nach zwei Jahren richtet es sich schließlich auf, wobei der im Verhältnis große Kopf ausbalanciert wird. Damit ist eine gerade Sicht nach vorne erst möglich.

TITTEL (1999, 57) rät unbedingt zu Bewegung und gibt folgende Prämissen zur Be- und Entlastbarkeit der Wirbelsäule im Kindes- und Jugendsport:

Zur Verbesserung der muskulären **Belastbarkeit** der Wirbelsäule:

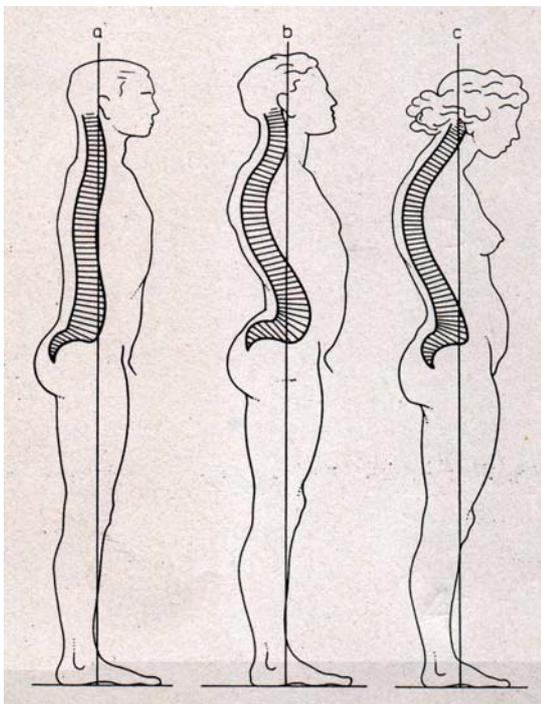
- gezielte frühzeitige Auswahl- und Eignungsuntersuchung zum Ausschluss von Aufbau- und Entwicklungsstörungen
- systematischer, langfristiger Trainingsaufbau unter Beachtung der Alters- und Geschlechtsspezifika
- trainingsbegleitende sportärztlich-orthopädische Betreuung
- rechtzeitige Sicherung und Kontrolle des arthro-muskulären Gleichgewichts
- regelmäßige Dehnungs- und Kraftprogramme als Bestandteil jeder Trainingseinheit

Zur Verbesserung der muskulären **Entlastbarkeit** der Wirbelsäule:

- frühzeitiges Erlernen einer optimalen sportlichen Technik
- Entwicklung einer kräftigen Muskelstretschlinge und Bauchmuskulatur
- Schulung einer „weichen Landung“ nach Sprüngen und Abgängen zur Reduktion des Auftreffstoßes (Kniewinkel 70-80°)
- Wirbelsäulenschonende Trainingsmethoden und Geräte
- Prophylaktische und physiotherapeutische Maßnahmen
- Bodenbeschaffenheit und Sportschuhe

### 1.3.3. Fehlstellungen der juvenilen Wirbelsäule

In diesem Abschnitt soll nur auf kindliche und jugendliche Wirbelsäulenfehlstellungen eingegangen werden. Abweichungen von der physiologischen Form der Wirbelsäule können in sagittaler oder frontaler Richtung erfolgen. In der *Sagittalebene* treten Veränderungen der Krümmungen auf, die entweder zu stark ausgeprägt sind oder zu gering (vgl. Abb.14).



(a) = flacher Rücken, (b) = hohler Rücken, (c) = runder Rücken

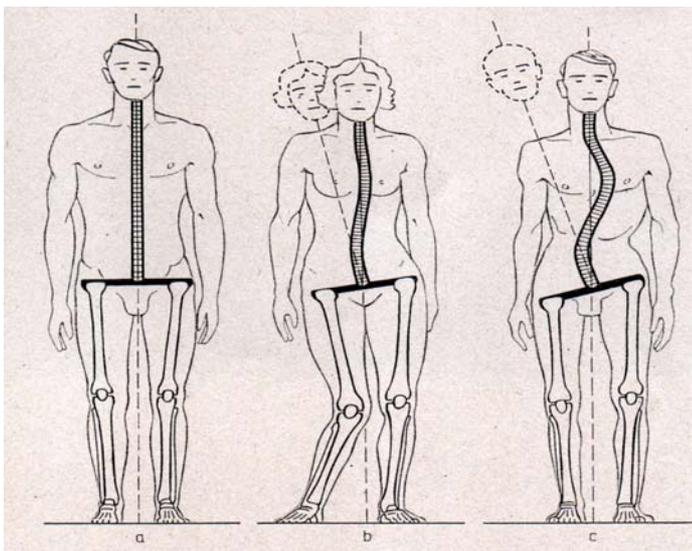
**Abb. 14: Abweichungen von den physiologischen Wirbelsäulenkrümmungen in sagittaler Richtung (in TITTEL 2000, 87)**

### Die juvenile Kyphose

Die *juvenile Kyphose* (Rundrücken) ist bei jungen Menschen die häufigste Form der Fehlhaltungen in der Sagittalebene. Im Alter zwischen 7 und 16 Jahren tritt sie vermehrt auf und ist charakterisiert durch eine Neigung des Kopfes nach vorne, eine verstärkte Rundung der Brustwirbelsäule nach hinten mit verbundenem Einsinken des Brustkorbs und eine Aufrichtung des Beckens mit erschlaffter Bauchdecke. Die Rückenmuskulatur ist enorm geschwächt und dies in Verbindung mit der unphysiologischen Abnutzung der Strukturen führt im Laufe der Zeit bei Nichtbehandlung zu kaum mehr kompensierbaren Rückenproblemen. Lange Sitzbelastungen fördern die Entstehung eines Rundrückens verstärkt (LENSCH, 2000, 12).

### Skoliosen

In der *Frontalebene* treten seitliche Asymmetrien der Wirbelsäule auf, die in geringer Ausprägung auch normal sind. So ist beim Rechtshänder die seitliche Neigung im Thorakalbereich nach rechts, im Lumbalbereich nach links (beim Linkshänder vertauscht) charakteristisch. Die seitliche Stellung des Beckens im Raum bestimmt dabei die Basis. Wie in Abb. 15 zu erkennen, muss nach der jeweiligen Neigung des Beckens in der frontalen Ebene unterschieden werden.



(a) = normale Haltung, (b) = „scheinbare“ Skoliose infolge bequemer Körperhaltung, (c) = „echte“ Skoliose durch einen rechtsseitigen Hüftgelenksprozess ausgelöst

**Abb. 15: Abweichungen der physiologischen Wirbelsäulenkrümmungen in frontaler Richtung (in TITTEL 2000, 88)**

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

Stärkere seitliche Abweichungen vom Lot bezeichnet man als *Skoliosen*, die häufig bei Heranwachsenden auftreten. Dies ist ein stiller Prozess, oft ohne direkte Schmerzartikulation, der unentdeckt zu schweren Schäden führt wiestellungsänderungen des Beckens oder Lageveränderungen der inneren Organe. Asymmetrien im Rumpf weiten sich vor allem während des Wachstumsschubes der Pubertät zu Skoliosen aus. EDELMANN (1996, 9) unterteilt die Fälle nach dem Alter in juvenile Skoliosen (zwischen 8 und 13 Jahren, Menarche) und Adoleszentenskoliosen (zwischen 14 und 18 Jahren, Knochenreife). Als pathologisch wird eine Skoliose nur dann bezeichnet, wenn eine dauerhaft seitliche Verbiegung der Wirbelsäule mit gleichzeitiger Torsion von Wirbeln vorliegt (RUSCH, 1998, 176).

Die Progredienz der Skoliosen beim Heranwachsenden nimmt unbehandelt mit dem Alter zu (FRANZ / SEIFERT, 1996, 12) und aus einer ursprünglichen Haltungsschwäche kann sich ein bleibender Haltungsschaden mit irreversibler Schädigung des Muskel-Band-Apparates entwickeln. In der Studie von NISSINEN et al. (2000, 570) wurden insgesamt 1060 Kinder (515 Mädchen, 545 Jungen) im Alter von 11-14 Jahren hinsichtlich skoliotischer Deformationen während des Wachstums untersucht. Im Alter von 22 Jahren erfolgte eine weitere Untersuchung, um einen Vergleich zwischen Pubertät und Erwachsenenalter zu erstellen. Ergebnisse waren eine vermehrte Abweichung nach rechts und eine annähernde Verdopplung der Prävalenz in der Pubertät. Dabei waren Rumpfasymmetrien und geringgradige Skoliosen mehr bei Mädchen zu finden, während im Erwachsenenalter keine geschlechtsspezifischen Unterschiede mehr bestanden. Die Autoren begründen dieses Phänomen damit, dass im Alter zwischen 12 und 13 Jahren bei Mädchen der Wachstumsschub früher als bei Jungen eintritt, wobei die Wirbelsäule instabil ist (WANG et al., 1996, 160). Nach MOLLER et al. (1997, 62) neigen Strukturen in den Phasen eines stark beschleunigten Wachstums vermehrt zu Instabilitäten und Anfälligkeit gegenüber Schädigungen. Nach der Pubertät konnten keine bedeutenden Einflüsse des ausklingenden Wachstums auf die Form der Wirbelsäule festgestellt werden (vgl. STIRLING et al. 1996, 1330). Als Therapie empfehlen ATHANASOPOULOS et al. (1999, 36) ein aerobes Ausdauertraining, das zur deutlichen Verbesserung der Leistungsfähigkeit bei den getesteten Mädchen im Alter von 14 Jahren führte.

## **2. Zur Gesundheitserziehung im Kindes- und Jugendalter**

Im folgenden Punkt werden Störfaktoren der kindlichen Entwicklung aufgezeigt, die zumeist in Kombination auftreten, und Strategien zu einer sinnvollen Gesundheitserziehung vorgestellt.

### **2.1. Allgemeine Wirkungen des Sporttreibens in den Entwicklungsphasen**

WOLFF (in NETTER, 1992, 187) wies schon 1892 auf einen Zusammenhang von organischer Form und Funktion hin, der sich in einer Wechselbeziehung äußert. ROUX (in WEINECK, 2000, 22) formulierte dies 1895 wie folgt:

*„Die organische Form bestimmt die Funktion. Die Funktion ihrerseits entwickelt, formt und spezialisiert das Organ.“*

Durch diese Konstellation ist der Mensch erst in der Lage, sich im Rahmen der Evolution an Veränderungen in seiner Umwelt anzupassen, und auch im Sport begründet sich die Leistungssteigerung durch Training durch eben diese Wechselbeziehung. Gezieltes regelmäßiges Sporttreiben führt beim Menschen zu Veränderungen von Organen und Funktionssystemen, die als *biologische Adaptationen im Sport* bezeichnet werden (WEINECK, 2000, 23) und in individuell unterschiedlicher Ausprägung auftreten. Laut GÜRTLER (1982, 35) beeinflusst die Wechselwirkung zwischen dem Organismus und der Umwelt in Abhängigkeit der Erbanlagen die individuelle physiologische Reizverarbeitung von Trainingsbelastungen (*Adaptabilität* bzw. *Anpassungsfähigkeit* des Menschen). Da der Heranwachsende, wie im vorausgehenden Text dargestellt, in seiner Entwicklung verschiedene Phasen durchläuft, ist die Interdependenz von organischer Form und Funktion einer Struktur nicht konstant, sondern die Adaptabilität unterliegt phasentypischen Schwankungen. Optimale Adaptationsphasen in der Entwicklung werden als *sensitive Phasen* bezeichnet und treten hinsichtlich koordinativer und konditioneller Fähigkeiten zu unterschiedlichen Zeiten auf. Sowohl allgemeine, als auch durch Training hervorgerufene Anpassungen sind jedoch reversibel und müssen ständig neu erworben werden (ISRAEL et al., 1983, 141). Wichtiges Kriterium beim sportlichem Training Heranwachsender ist es, die

sensitiven Phasen zum Zwecke der optimalen Ausschöpfung der Genexpression und Leistungssteigerung zu nutzen.

Beim sportlichen Training im Kindes- und Jugendbereich ist auf den Charakter der Sportart zu achten. Nach STAROSTA (1999, 14) werden die Sportarten vereinbarungsgemäß anhand ihrer durchgeführten Hauptbewegungen unterteilt in asymmetrisch, symmetrisch und gemischt. Erstere treten am häufigsten auf und können bei jungen Menschen bei übermäßiger Ausführung zu Deformationen des knöchernen und motorischen Systems führen.

### **2.1.1. Anpassungserscheinungen durch sportliches Training**

Im folgenden wird das Prinzip der Adaptation zur Erläuterung des sportlichen Trainings von Kindern und Jugendlichen kurz aufgezeigt.

Unter dem *anatomischen und physiologischen Aspekt* unterscheidet man die morphologische und die funktionelle Adaptation. Erste bezieht sich auf die äußere Gestalt und Form, das heißt im Sport auf u.a. die Körper- und Muskelmasse, das Herzvolumen, die Kapillarisation sowie die körperbaulichen Voraussetzungen. Als Beispiele seien hier das jugendliche Herz genannt, das sich an sportliche Belastung anpasst oder die gesteigerte Knochendichte in laufintensiven Sportarten (SCHONAU, 1998, 27; WÜNSCHE, auf dem Deutschen Orthopädenkongress in Wiesbaden, 2000). Der funktionelle Aspekt der Adaptation betrifft eine Kapazitätzunahme von Funktions- und Regelsystemen, z.B. Energie- und Gasstoffwechsel, Herzzeitvolumen (GÜRTLER, 1982, 35).

Adaptationen sind abhängig von der Beanspruchung, also dem Trainingsreiz, sowie der Belastbarkeit der betroffenen Struktur. Nach dem *belastungsphysiologischen Aspekt* führen qualitativ und quantitativ optimale Reize zur Formierung neuer Strukturen, bedingt durch eine Störung der Homöostase und Gegenregulation mit einer Erweiterung der Funktionsamplitude (JAKOWLEW, 1972, 367; SCHARSCHMIDT / PIEPER, 1982, 37/38). Dieser Prozess wird als *biopositive Adaptation* bezeichnet. Zu hohe oder zu viele Trainingsreize jedoch überlasten die betroffenen Strukturen und können zu einer langfristigen Gewebsschädigung führen. Die Gefahr einer solchen *bionegativen Adaptation* oder *Maladaptation* spielt besonders beim sportlichen Training Heranwachsender eine wichtige Rolle, auch im Hinblick auf den nächsten Punkt.

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

Biologische Adaptationen im Sport verlaufen nicht mit einer konstanten Geschwindigkeit, sondern die Strukturen und Systeme im Körper reagieren unterschiedlich schnell. Der aktive Bewegungsapparat (Muskulatur) unterliegt unter dem *zeitlichen Aspekt* einer schnellen Adaptation, während der passive Bewegungsapparat (Knochen, Knorpel, Bänder und Sehnen) langsam adaptiert (WEINECK, 2000, 24). Dieser Erkenntnis muss im Gesundheitssport mit Anfängern sowie im Jugendsport unbedingt Rechnung getragen werden, um keine strukturellen oder gesundheitlichen Schäden zu provozieren.

Eine Struktur oder ein System, das externer Beanspruchung ausgesetzt wird, reagiert in unterschiedlichen Ausmaßen. Wenn nur die vom Reiz betroffenen Strukturen selbst der Adaptation unterliegen, findet eine *spezifische Adaptation* statt, wogegen zusätzliche Anpassungen in nicht direkt vom Reiz betroffenen Strukturen als *unspezifische Adaptation* bezeichnet werden. ISRAEL et al. (1983, 141) definieren diese Form der biologischen Anpassung als *Kreuzadaptation*, die ebenfalls sowohl in biopositiver als auch bionegativer Ausprägung auftreten kann.

Unter dem *tätigkeits- und fähigkeitsspezifischen Aspekt* werden durch gezielte Trainingsreize bestimmter Sportarten hervorgerufene Anpassungsphänomene, die lokal an der arbeitenden Muskulatur auftreten, als *spezielle Adaptation* bezeichnet. Dies schließt auch Steuerungsmechanismen der Großhirnrinde mit ein. Gleiche Wirkungen verschiedener Sportarten auf den menschlichen Körper nennt man *allgemeine Adaptationen*. WEINECK (2000, 26) nennt hier als Beispiel für die Trainingseffekte der Ausdauersportarten die verbesserte allgemeine Grundlagenausdauer, die die Basis für weitere spezielle Trainingsinhalte bietet. Eine enge Interdependenz zwischen spezieller und allgemeiner Adaptation besteht, wenn mehr als ein Sechstel der Gesamtmuskulatur beansprucht wird, da hierbei biopositive Reize auf das kardiopulmonale System entstehen.

Wie anfangs schon erwähnt, ist das Phänomen der Adaptation nicht konstant, sondern muss immer im Rahmen einer sogenannten *Adaptationsfolge* wieder neu erworben werden. JAKOWLEW (1972, 367) sowie SCHARSCHMIDT / PIEPER (1982, 37/38) unterteilen verschiedene Schritte der Anpassung:

- Störung der Homöostase;
- Gegenregulation mit Erweiterung der Funktionsamplitude;
- Formierung neuer Strukturen;

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

- Erweiterung des Stabilitätsbereichs des sich anpassenden Systems;
- Reversibilität der Adaptationsprozesse bei Übungsdefiziten;

GÜRTLER (1982, 35) bezeichnet den letzten Punkt als *Deadaptation*. Diese führt zu einer Stagnation oder Verschlechterung der Leistungsfähigkeit, wenn keine adäquate Steigerung der Trainingsreize erfolgt, sondern immer in der selben Intensität trainiert wird. Im Hochleistungssport wird als aktive Deadaptation das sogenannte Abtrainieren eines Athleten gegen Ende seiner Karriere durchgeführt.

Als letzter Punkt sei die *Readaptation* genannt, die nach Phasen mit keinen oder nicht ausreichenden formativen Reizen durch einen erneuten Beginn des Anpassungsprozesses eintritt.

Als Überblick dient Abb.16 mit endogenen und exogenen Faktoren, die die Adaptation im Körper beeinflussen:

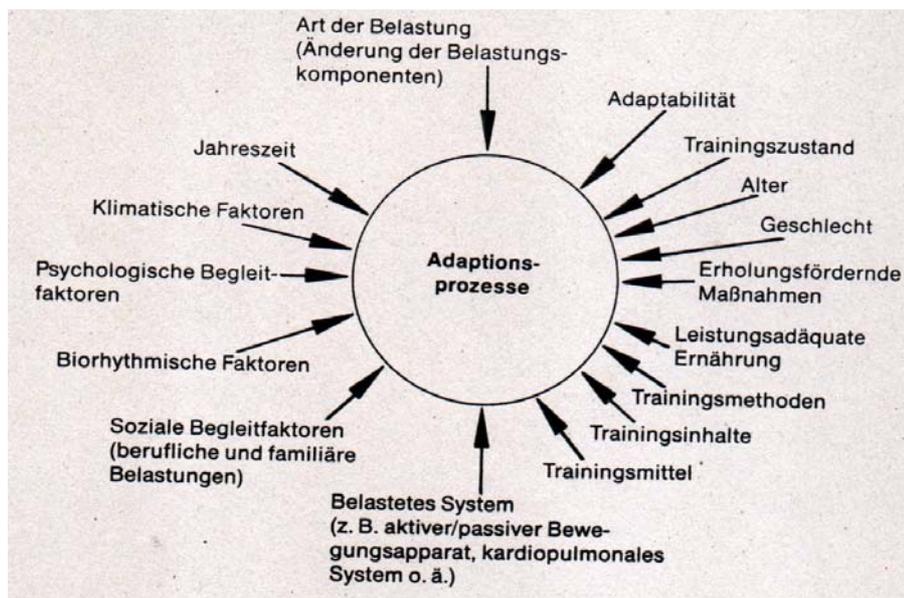


Abb. 16: Faktoren, welche die Adaptationsprozesse beeinflussen (in WEINECK, 2000, 26)

## 2.1.2. Konditionelle, konditionell-kordinative und koordinative Fähigkeiten im Kindes- und Jugendalter

Im Folgenden werden die allgemeinen Profile der motorischen Fähigkeiten im Hinblick auf den jugendlichen Sportler näher beschrieben sowie typische Adaptationen im Körper des Heranwachsenden. Im Vorfeld soll Tab.4 einen Überblick über die sensiblen Phasen bezüglich der sportlichen Fähigkeiten geben:

Tab. 4: Trainingsgünstige Entwicklungsphasen für die verschiedenen sportlichen Fähigkeiten und für die Bewegungsfertigkeiten (in MARTIN et al., 1993, 296)

Fähigkeit/Fertigkeit	Sensible Entwicklungsphasen
Bewegungskoordination	Vorschulalter frühes und spätes Schulkindalter
Bewegungsfertigkeiten	frühes und spätes Schulkindalter Adoleszenz
Beweglichkeit (passiv) (aktiv)	ab Kleinkindalter frühes und spätes Schulkindalter
Schnelligkeit	frühes und spätes Schulkindalter Pubeszenz
Maximalkraft	ab Pubeszenz
Ausdauer aerob anaerob	(keine sensible Phase) ab Pubeszenz

### 2.1.2.1. Konditionelle und konditionell-kordinative Fähigkeiten

Bezüglich der Differenzierung der sportmotorischen Fähigkeiten wird in der Literatur nach der Art der Energiebereitstellung unterschieden. Nach GROSSER et al. (2001, 9; Tab.5) sind die *konditionellen Fähigkeiten* primär morphologisch-energetisch bestimmt. Sie umfassen die Ausdauerfähigkeiten (Grundlagen-, Kurzzeit-, Mittelzeit-, Langzeitausdauer), Anteile der Kraftfähigkeiten (submaximale Kraftausdauer, Ausdauerkraft, Maximalkraftausdauer) sowie der Schnelligkeitsfähigkeiten (azyklische Kraftschnelligkeitsausdauer, zyklische Sprintausdauer). Die *koordinativen Fähigkeiten* hingegen sind hauptsächlich durch Steuerungs- und Regelungsprozesse gekennzeichnet und umfassen die motorische Steuerungs-, Anpassungs- und Lernfähigkeit unter dem Überbegriff *Gewandtheit*. Die *konditionell-kordinativen Fähigkeiten* stellen eine Mischform aus den beiden erstgenannten Teilaspekten dar und beinhalten die Beweglichkeit, weitere Teile der

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

Schnelligkeitsfähigkeiten (azyklische Aktionsschnelligkeit, zyklische Frequenzschnelligkeit, azyklische Kraftschnelligkeit, zyklische Sprintkraft) sowie der Kraftfähigkeiten (Maximal-, Schnell- und Reaktivkraft).

Tab. 5: Sportmotorische Fähigkeiten (in GROSSER et al., 2001, 9)

Sportmotorische Fähigkeiten		
Konditionelle Fähigkeiten primär morphologisch-energetisch bestimmt	Konditionell-koordinative Fähigkeiten morphologisch-energetisch und von Steuer- und Regelvorgängen bestimmt	Koordinative Fähigkeiten primär von Steuer- und Regelvorgängen bestimmt
<b>Ausdauerfähigkeiten</b> – Grundlagenausdauer – Kurzeitenausdauer – Mittelzeitausdauer – Langzeitausdauer  <b>Kraftfähigkeiten</b> – (submax.) Kraftausdauer – Ausdauerkraft – Maximalkraftausdauer  <b>Schnelligkeitsfähigkeiten</b> – (azykl.) Kraftschnelligkeitsausdauer – (zykl.) Sprintausdauer	<b>Beweglichkeit</b> (Gelenkigkeit und Dehnfähigkeit)  <b>Schnelligkeit</b> – (azykl.) Aktions-schnelligkeit – (zykl.) Frequenz-schnelligkeit – (azykl.) Kraft-schnelligkeit – (zykl.) Sprintkraft  <b>Kraftfähigkeiten</b> – Maximalkraft – Schnellkraft – Reaktivkraft	<b>Gewandtheit</b> (Sammelbegriff für:) Steuerungsfähigkeit Anpassungsfähigkeit motor. Lernfähigkeit Differenziert in: – Kopplungsfähigkeit – Differenzierungsfähigkeit – Gleichgewichtsfähigkeit – Orientierungsfähigkeit – Rhythmusfähigkeit – Reaktionsfähigkeit – Umstellungsfähigkeit

### Ausdauer

Dem Ausdauersport kommt im Sinne der Primärprävention schon in der Entwicklung des Jugendlichen eine besondere Rolle zu. Nach SÖNNICHSEN et al. (1998, 5) weisen vor allem Mädchen schon beim Schuleintritt die Risikofaktoren Übergewicht, hohen Körperfettanteil, hohes LDL-Cholesterin und niedriges HDL-Cholesterin auf. Als Einflussfaktoren der Ausdauer nennen MARTIN et al. (1993, 172) Technikökonomie, Energiestoffwechsel, Sauerstoffaufnahme-fähigkeit, optimales Körpergewicht, Wille zum Durchhalten und anlagebedingte Ausdauerfähigkeit und definieren die Ausdauer wie folgt:

*„Ausdauer ist die Fähigkeit, eine bestimmte Leistung über einen möglichst langen Zeitraum aufrecht erhalten zu können.“*

Beim Ausdauertraining tritt bei Kindern, genauso wie bei Erwachsenen, eine Verbesserung des Muskelstoffwechsels und der Leistungsfähigkeit des kardiopulmonalen Systems hinsichtlich folgender Faktoren ein (KÖHLER, 1977, 606): Die Vergrößerung des Herzvolumens führt zur Absenkung und Ökonomisierung der Ruhepulsfrequenz, der maximale Sauerstoffpuls sowie die maximale Sauerstoffaufnahme steigen an. Diese

letztgenannte Anpassung erfolgt beim Heranwachsenden schneller: 5-12-jährige haben bereits 30 Sekunden nach Beginn der Maximalbelastung etwa 50% der maximalen Sauerstoffaufnahme erreicht, während der Wert bei Erwachsenen etwa 33% beträgt (KLIMT et al., 1975, 163). Weiterhin findet eine verbesserte Kapillarisation statt, eine Vermehrung des Myoglobins und damit der Mitochondrien in der Muskelzelle. Der Glykogengehalt nimmt zu und führt zur Aktivitätssteigerung der aerob wirksamen Enzyme (ATP und Kreatinphosphat im Muskel). Schließlich verändert sich die Herzarbeit bei verringertem Sauerstoffbedarf und eine Verbesserung der Atmungsökonomie tritt ein (HOLLMANN / HETTINGER, 1976, 471). Bezüglich der anaeroben Schwelle gleichen die Wirkungen denen des erwachsenen Sportlers, wobei sich die Werte in der Pubertät durch eine Wachstumsdifferenz von Körpermasse und funktioneller Leistungskapazität verschlechtern (GAISL / BUCHBERGER, 1986, in GROSSER et al., 2001, 219).

Auch im präpubertären Stadium ist regelmäßiges Training notwendig zum Erhalt dieser Adaptationen, die für die zukünftige Gesunderhaltung des Heranwachsenden eine wichtige Rolle spielen (ANDERSEN-SANDBERG, 1998, 4480). Sinnvolles aerobes Ausdauertraining hat keine negativen Auswirkungen auf Timing und Verlauf der sexuellen und körperlichen Reifung bei Mädchen im Alter zwischen 11 und 18 Jahren (GEITHNER et al., 1998, 415), wobei jedoch die Dokumentation der Parameter kardiovaskuläre Fitness und Ausdauer während der Pubertät aufgrund der Vielzahl von physiologischen Veränderungen schwierig ist (MARSHAL et al., 1998, 910). Anaerobes Ausdauertraining hingegen ist für Kinder und Jugendliche wegen der noch nicht voll entwickelten glykolytischen Kapazität wenig geeignet (GROSSER et al., 2001, 220): die alaktazide anaerobe Kapazität (Phosphatvorrat in der Muskelzelle) ist beim Kind geringer und die anaerobe Glykolyse eingeschränkt (TANAKA / SWENSEN, 1998, 191). Die Laktateliminierung ist beim Kind verzögert, was eine eingeschränkte Erholungsfähigkeit zur Folge hat (KLIMT et al., 1973, in GROSSER et al., 2001, 220), und bei gleich hohen Laktatmengen muss das Kind eine deutlich höhere Katecholaminausschüttung aufbringen (LEHMANN et al., 1980, 230). Bedingt durch diese ethische Problematik ist die anaerobe Ausdauer bei Heranwachsenden nicht vertretbar (WILLIAMS, 1997, 227). Dies kann aber kompensiert werden: Durch eine ausdauerbetonte Trainingsgestaltung (60% allgemeine Ausdauer, 25% Schnellkraft- und Schnelligkeitsübungen) können nach OLIJAR / FOMIN (in TSCHIENE, 1980, 423) junge

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

Sprinter ein höheres Leistungsniveau erreichen als bei einer frühzeitigen Spezialisierung (60% Schnellkraft- und Schnelligkeitsübungen, 25% Ausdauer).

Die Belastungsintensität stellt im allgemeinen Ausdauersport die wichtigste Komponente dar und muss individuell über die Herzfrequenz gesteuert werden. Bei Heranwachsenden sind sehr hohe Belastungsherzfrequenzen über 200 Schläge/min normal, da bereits die Ruheherzfrequenz erhöht ist: mit 8 Jahren beträgt dieser Wert ca. 90 Schläge/min, mit 12 Jahren ca. 80 Schläge/min und bei Erwachsenen ca. 70 Schläge/min (GROSSER et al., 2001, 218). Nach BLÖDORN / SCHMIDT (1977, in GROSSER et al., 2001, 218) liegt das Minimum der trainingswirksamen Belastungsherzfrequenz für Kinder bei 150 Schläge/min (Senkung der Ruheherzfrequenz), das Optimum bei 170 Schläge/min (Verbesserung der maximalen Sauerstoffaufnahme) und für Jugendliche bei 140 bzw. 160 Schläge/min. GROSSER et al. (2001, 218) empfehlen jedoch, die Belastungsintensität bei Kindern lieber über die Fortbewegungsgeschwindigkeit zu steuern als über die Herzfrequenz, da letztere kein reliables Maß bei Kindern darstellt.

Tab. 6: Vorschläge zur altersstufengemäßen Belastungsintensität anhand der Laufgeschwindigkeiten (km/h) für 15- bis 30minütige Belastungsdauer (in GROSSER et al., 2001, 222)

Alter (Jahre)	12-Minuten-Lauf		30-Minuten-Lauf	
	Jungen	Mädchen	Jungen	Mädchen
7	8-10,5		8-9	
8	10,75	10	9,75	9,25
9	11	10	10	9,75
10	11,5	10,5	10,5	9,75
11	11,75	10,5	10,75	10
12	11,75	10,75	11	10
13	12,25	11	11,5	10,5
14	12,5	11,5	11,75	10,75
15	12,5	11,75	12,25	10,75
16	13,0	11,75	12,5	10,75

Diese Methode setzt jedoch ein gutes Tempogefühl des Führenden voraus. Falls dies nicht vorhanden ist, bleibt immer noch die indirekte Steuerung über die Atmung. Die Trainingsbelastungen müssen aber mit mehr als 50% der maximalen Leistungsfähigkeit durchgeführt werden, damit messbare Verbesserungen eintreten (KEUL et al., 1982, 264).

Nach OERTER (in WILLIMCZIK / GROSSER, 1981, 40) treten Erfolgserlebnisse im Kindes- und Jugendsport mit größerer Wahrscheinlichkeit ein, wenn Lernsituationen

vereinfacht und Leistungserwartungen modifiziert werden. Ausdauertraining gehört zu den selbst- oder von außen geregelten Aktivitäten, die während der Entwicklungsphasen ständig trainierbar sind und in kindgemäßem Tempo gestaltet werden können (SINGER, 1975, in WILLIMCZIK / GROSSER, 1981, 40). Im *Vorschulalter* steht die allgemeine Konditionierung im Vordergrund, und ein einseitiges Ausdauertraining kann zur Hemmung der hormonellen Antriebe von Wachstum, Entwicklung und Differenzierung führen und die kindlichen motorischen Aktivitätsmuster, die durch hohe Variabilität gekennzeichnet sind, einschränken (WEINECK, 2000, 369). Im *frühen und späten Schulkindalter* soll die Grundlagenausdauer als Basisfähigkeit mit individuell differenzierten Belastungen entwickelt werden. Die im Schulsport durchgeführten leichtathletischen Wettkämpfe entsprechen jedoch nicht den kindgerechten physiologischen Altersgegebenheiten: Nach WASMUND / NOWACKI (1978, 68) stellt ein wettkampfmäßiger 800m-Lauf bei Kindern eine höhere Belastung dar als ein 3000m-Lauf mit Endspurt. Bedingt durch den allgemeinen und hormonellen Wachstumsschub ist die Trainierbarkeit der Ausdauerfähigkeit in der *Pubeszenz und Adoleszenz* am besten (GROSSER et al., 2001, 218; WEINECK, 2000, 370). Das Ausdauertraining in dieser Phase entscheidet nach KINDERMANN (1974, 1767) und SPERLING (1975, 71) über die spätere Leistungsfähigkeit und muss zur Steigerung 2-3mal pro Woche jeweils 20-30 Minuten durchgeführt werden (GROSSER et al., 2001, 221).

Als Haupttrainingsmethoden für die Entwicklung der Ausdauerleistungsfähigkeit gelten nach GROSSER et al. (2001, 222) die Variationen der Dauermethode (Gelände-, Wald-, Cross-, Hindernis-, Orientierungslauf, Fahrtspiel), die (alaktazide) Kurzzeitintervallmethode bzw. intervallartige Belastungsformen (kleine Spiele, Mannschaftsspiele, Staffeln). Zusammenfassend ist auf eine abwechslungsreiche Gestaltung der Trainingsmethoden und –inhalte Wert zu legen.

Im Hinblick auf den zirkadianen Rhythmus ist die Ausdauerleistungsfähigkeit nach REILLY et al. (1997, 20) am Nachmittag am höchsten.

In der vorliegenden Untersuchung wurde der wöchentliche Umfang der Ausdauersportarten (hier: Laufen / Walking, Radfahren, Schwimmen, Inline Skating, Skilanglauf) im Rahmen des Dokumentationsbogens (siehe Anhang) abgefragt und als wöchentliche Mindestdauer 45 Minuten definiert in Anlehnung an die Mindestempfehlung von GROSSER et al. (2001, 221), die im Unterpunkt „Bewegung“ genauer erläutert wird.

## **Kraft**

Nach GROSSER et al. (2001, 176) sind 65% aller Kinder haltungsgeschwächt und die kritischen Entwicklungsphasen stellen dabei das späte Schulkindalter und die puberale Phase dar. Im Speziellen ist die Haltemuskulatur des Rumpfes, des Hüft- und Schulterbereichs von muskulären Dysbalancen betroffen. Des weiteren weist ein Großteil der Kinder Schwächen im Bereich der Fußmuskulatur auf. In der Untersuchung von JEROSCH / MAMSCH (1998, 215) waren bei fast zwei Dritteln der Schüler (Alter 10-13 Jahre) Fußfehlhaltungen und – fehlformen zu verzeichnen. Fußdeformitäten müssen demnach im Kindesalter kritisch beurteilt werden, da sie durch eine veränderte Biomechanik von Becken und Wirbelsäule weitere sekundäre Haltungsschäden auslösen können (vgl. MENSING, 1991, 120).

Durch unzureichend gesetzte Entwicklungsreize während des Wachstums kann im späteren Leben die potenzielle Leistungsfähigkeit nicht optimal ausgeschöpft werden, da nach GROPLER / THIESS (1975, 499 f.) ein enger Zusammenhang zwischen Kraft und sportlichen Fertigkeiten besteht. Nach WEINECK (2000, 371) ist die Trainierbarkeit der Kraft in jeder Altersstufe möglich, GROSSER et al. (2001, 187) geben den Beginn der Trainierbarkeit mit 7 bis 9 Jahren an. Ein wichtiges Kriterium stellt die Dosierung dar und einseitigem Training sollte entgegengewirkt werden. Weiterhin muss beim Krafttraining im Kindes- und Jugendbereich der verminderten Belastbarkeit (Druck- und Biegefestigkeit) des passiven Bewegungsapparates Rechnung getragen werden. Als Anpassungserscheinungen treten durch Zug- und Druckbelastungen auf den Knochen eine Verdickung der Kortikalis, Verbreiterung der Knochen, Ausrichtung der Spongiosabälkchen entlang der Zug- und Drucklinien sowie eine höhere Zugfestigkeit des Bindegewebes ein (WEINECK, 2000, 371). Geeignete Trainingsreize sind nicht über die Reizintensität zu setzen, sondern über die Beanspruchungsform, hier vor allem über dynamische Bewegungen (GROSSER et al., 2001, 186). Als allgemeine Zielsetzungen des Krafttrainings nennen diese Autoren (191) den Ausgleich muskulärer Dysbalancen, Muskelaufbau (Hypertrophie), die Kapillarisation, Verbesserung des aerob-anaeroben Stoffwechsels (lokale Muskelausdauer), z.T. intramuskuläre Koordination, Fettabbau und allgemeine Koordinationsverbesserung durch koordinativ-regulative Übungen.

Im *Vorschulalter* überwiegt der kindliche Bewegungsdrang und sollte so intensiv wie möglich ausgenutzt werden, was ein Krafttraining im eigentlichen Sinne überflüssig macht. WEINECK (2000, 372) und MIEDZINSKI (1983, in LEIST, 1993, 91) empfehlen ein breites

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

Bewegungsspektrum zur Förderung sowohl des Bewegungsapparates, als auch der Kreativität. Als Beispiele seien hier Hindernisturnen oder die „Bewegungsbaustelle“ genannt.

Das *frühe Schulkindalter* kann, verbunden mit dem weiterhin bestehenden Bewegungsdrang, für ein kindgemäßes Krafttraining genutzt werden. Aufgrund der geringen anaeroben Kapazität des Kindes soll jedoch ausschließlich dynamisch, vor allem die Schnellkraft, trainiert werden (WEINECK, 2000, 372, GROSSER et al., 2001, 187). KOSKE / KLIMT (1978, 226) raten wegen der eingeschränkten Konzentrationsfähigkeit zum Zirkeltraining, da sich hier kurzzeitige Einzelaufgaben und Pausen abwechseln und eine gute Allgemeinausbildung des Bewegungsapparates erfolgt. GROSSER et al. (2001, 187) verweisen auf ein Muskelaufbautraining im Sinne der Gesundheits-Fitnessmethode (Intensitäten bis 40%). Im *späten Schulkindalter* können Übungen mit der Überwindung des eigenen Körpergewichts sowie geringe Zusatzlasten hinzu gefügt werden. Der Wachstumsschub in der *Pubeszenz* schränkt die Hebelverhältnisse im Verhältnis zur Muskulatur enorm ein und der passive Bewegungsapparat (vor allem die Knorpelstruktur und die Wirbelsäule) ist sensibel gegenüber Fehlbelastungen. Dies erfordert ein differenziertes Training, das keinesfalls zu einem Missverhältnis zwischen Belastung und Belastbarkeit des passiven Bewegungsapparates führen darf. Als Trainingsinhalte geben GROSSER et al. (2001, 190) die Steigerung der Schnellkraft und des Muskelaufbaus im Rahmen der Pyramidenmethode an. Auf das Training der intramuskulären Koordination und der Kraftausdauer sollte dagegen verzichtet werden. Die *Adoleszenz* führt nach ZURBRÜGG (1982, 55) aufgrund des Breitenwachstums und der Muskelzunahme zur höchsten Kraftzuwachsrate in der ganzen Entwicklung und stellt eine sensible Phase für das Krafttraining dar. Laut HOLLMANN / HETTINGER (1980, 599) weisen Mädchen zwischen 15 und 17 Jahren und Jungen zwischen 18 und 22 Jahren ihr Kraftmaximum auf. Als Trainingsziel gilt demnach die Ausbildung einer kräftigen Muskulatur unter Entlastung der Wirbelsäule (Vermeidung von belastender Überkopfarbeit während des Wachstumsschubs, einseitigen und statischen Belastungen, Einhaltung ausreichender Erholungszeiten). Die Überkopfarbeit galt bisher generell als absolutes Tabu bei Kindern und Jugendlichen, wohingegen GROSSER et al. (2001, 189) mehrgelenkige Übungen mit hochgehaltenem Gewicht sogar empfehlen. Neuste Untersuchungen haben demnach gezeigt, dass z.B. Kniebeugen mit erhobenen Armen weniger Belastungen für die Wirbelsäule darstellen als manch herkömmliche Übung. Die Durchführung setzt die Übereinstimmung des vertikalen

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

Körper- und Hantelschwerpunkts voraus sowie fordert und fördert eine gerade Oberkörperhaltung, gute Gleichgewichtsfähigkeit und Beweglichkeit der unteren Extremität und des Schultergürtels.

Bezüglich des zirkadianen Rhythmus liegt der optimale Zeitpunkt für Schnell- und Maximalkraftleistungen am späten Nachmittag bzw. frühen Abend (REILLY et al., 1997, 19). Zur Zusammenfassung gibt Tab.7 einen Überblick über die Entwicklung der muskulären Anpassung im Kindes- und Jugendalter:

Tab. 7: Überblick zur Entwicklung der muskulären Anpassung im Kindes- und Jugendalter (in GROSSER et al., 2001, 188)

Alter	Phasen muskulärer Anpassung		Trainingsziele, Anpassungsbedingungen
6/7–9/10	Präventiv- und Aufbauphase	ca. 23% Muskelanteil schwache Haltermuskulatur geringes Testosteron biegsames Skelett gute Beweglichkeit	allgem. Muskelentwicklung Beginn der Schnellkrafttrainierbarkeit bedingt durch – intra- und intermuskuläre Koordination – Muskellängen Anpassung – aerobe Kapazität
9/10–11/13	Ausgleichs- und	25–28% Muskelanteil geringes Testosteron noch schwaches Skelett muskuläre Dysbalancen noch gute Beweglichkeit	gesteigerte Schnellkrafttrainierbarkeit auf Grund – guter intra- und intermusk. Koordination und – günstiger Relativkraft geringfügig auch Muskelaufbau und Kraftausdauer
11/13–14/15	Stabilisierungsphase	ca. 30% Anteil ♀ 35% Anteil ♂ Androgen- und Östrogenausschüttung noch labiles Skelett eingeschränkte Beweglichkeit	verstärkter Beginn von Muskelaufbau- training durch eiweißanabole Wirkung Beginn von Maximalkrafttraining
15/16–18/19	Forcierungsphase	ca. 35% Anteil ♀ 44% Anteil ♂ Skelettstabilisierung Hypertrophiehöhepunkt eingeschränkte Beweglichkeit	sensible Phase für – Schnellkraft und Reaktivkraft – Maximalkraft – Kraftausdauer

## Schnelligkeit

Spielsportarten sind schnelligkeitsorientiert, da sie geprägt sind durch schnelles Erfassen der Spielsituation, schnelles Agieren in der Spielaktion und Reagieren auf die Aktionen des Gegners. Die Schnelligkeit als isolierte Fähigkeit erscheint im Sport nicht, sondern sie ist nur ein Bestandteil der komplexen sportlichen Leistung. Gerade die sportliche Technik und die koordinativen Fähigkeiten spielen eine bedeutende Rolle in der Ausprägung von Schnelligkeitsleistungen, so dass Schnelligkeit und koordinative Fähigkeiten nicht zu trennen sind (z.B. Reaktionsfähigkeit und Frequenzfähigkeit nach BAUERSFELD / VOSS, 1992, 13). In den Spielsportarten sind komplexe motorische Realisierungen nötig, die in Reaktionsbewegungen sowie zyklische und azyklische Bewegungen unterschieden werden und BAUERSFELD / VOSS (1992, 13) ordnen vor allem Sportspielen und

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

Zweikampfsportarten den Begriff der Handlungsschnelligkeit zu. Er schließt hauptsächlich die informationellen Prozesse wie auch die motorische Aktion ein. Als Unterarten der Schnelligkeit treten folgende Erscheinungsformen meist in Kombination auf: Reaktions-, Aktions-, Frequenz-, Kraftschnelligkeit, Schnellkraftausdauer und maximale Schnellkeitsausdauer (GROSSER, 1991, 91). Die motorische Schnelligkeit wird nach GROSSER et al. (2001, 89) und THIENES (1999, 18) unterschieden in die Reaktionsschnelligkeit als Sonderform sowie elementare und komplexe Fähigkeiten, die wiederum in zyklisch und azyklisch differenziert werden (vgl. Tab. 8).

Tab. 8: Praxisorientierte Schnellkeitsformen und ihre primären Einflusskomponenten (in GROSSER et al., 2001, 89)

Übergeordnete Charakterisierung	Eigenständige Schnellkeitsfähigkeit	Elementare Schnellkeitsfähigkeiten		Komplexe Schnellkeitsfähigkeiten			
		Aktions-schnelligkeit	Frequenz-schnelligkeit	Kraft-schnelligkeit	Sprint-kraft	Kraft-schnelligkeits-ausdauer	Sprint-ausdauer
Schnelligkeitsform	Reaktions-schnelligkeit						
Bewegungsform		azyklisch	zyklisch	azyklisch	zyklisch	azyklisch	zyklisch
Beispiel		Tischtennis-schlag	Skippings	Wurf Sprung	Laufbe-schleunigung	Fechten Boxen	Sprints über 60 m
Primäre Einflusskomponenten	Antizipation Wahrnehmung Infoverarbeitung Impulsübertragung Latenzzeit	- Zeitprogramme - intermuskuläre Koordination		- Zeitprogramme - Schnellkraft		- Zeitprogramme - spezifische Ausdauer	

Als allgemeine positive Faktoren der Schnelligkeit gelten nach GROSSER (1991, 22) günstige Körperproportionen, v.a. ein ideales Rumpf-Bein-Verhältnis, psychische Stabilität, Leistungsmotivation und die Fähigkeit zum Bewegungsrhythmus. Im spezielleren Sinne bedarf die Schnelligkeit eines überdurchschnittlichen Anteils schnellzuckender Muskelfasern (FTO-, FTG-Fasern), einer guten Reaktionsfähigkeit und der sogenannten „Willensstoßkraft“. Hinsichtlich der Geschlechter gibt es keine Unterschiede in der Verteilung der schnell- und langsam zuckenden Fasern (BERG / KEUL, 1981, in TITTEL, 2000, 57). Bei Kindern und Jugendlichen bedingt die Motorik die Proportionen der Muskelfasertypen. Eine weitere wichtige Rolle spielen die neuronalen Steuerungs- und Regelungsprozesse (Zeitprogramme). Darunter fallen schwerpunktmäßig die elementaren Fähigkeiten nach zyklischer und azyklischer Art, die kraft- und geschlechtsabhängig sind (HEISIG / REGNER, 1982, in BAUERSFELD / VOSS, 1992, 25). Nur bei Kindern im Vorschul- und frühen Schulkindalter (3-8 Jahre) wurden keine geschlechtsspezifischen Unterschiede festgestellt. Vor allem auf die zyklische Schnelligkeit (Frequenzschnelligkeit) als kurzes Zeitprogramm wird im zweiten

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

Teil der Arbeit genau eingegangen, da in der vorliegenden Untersuchung u.a. ein maximal schnelles Fuß-Tapping im Sitzen durchgeführt wurde (vgl. BAUERSFELD / VOSS, 1992, 26).

Im Kindes- und Jugendalter treten die Zeitprogramme schon ab ca. 7 Jahren auf, so dass spezifische Formen der Schnelligkeit schon trainiert werden können. Dabei muss konkret an drei „Systemen“ gearbeitet werden (GROSSER et al., 2001, 209): die Muskulatur für die Bewegungsrealisierung, das zentrale und periphere Nervensystem für die Koordination der Muskulatur und die psychischen Antriebskräfte als Initiatoren der Bewegung. Dabei sind bei Heranwachsenden die sensiblen Phasen zu nutzen, die bezüglich der „Systeme“ zu unterschiedlichen Zeitpunkten auftreten.

Nach OERTER (in WILLIMCZIK / GROSSER, 1981, 40) gehören alle Spiele, bei denen die Spieler direkt konkurrieren, zu den äußerlich geregelten Tätigkeiten, die ein hohes Maß an wirksamen Reaktionsarten, Strategien und Programmen bedingen. Im *Vorschulalter* ist, wie bereits erwähnt, eine vermehrte spielerische Bereicherung der Motorik mit Schnelligkeitsübungen sinnvoll. Im *frühen und späten Schulkindalter* nehmen die Frequenz und Bewegungsgeschwindigkeit enorm zu und in dieser Phase gilt es, vermehrt die Schulung der Reaktionsschnelligkeit, des Beschleunigungsvermögens sowie der Schnellkoordination zu betreiben (WEINECK, 2000, 374 f.). GROSSER et al. (2001, 211) erwähnen in diesem sogenannten besten motorischen Lernalter weiterhin die Verbesserung motorischer Lernprozesse im Sinne der koordinativen Fähigkeiten, z.B. der Rhythmusfähigkeit sowie der psychischen Fähigkeiten. Das Training der Schnelligkeitsausdauer jedoch ist in dieser Phase aufgrund der defizitären glykolytischen Kapazität kontraindiziert. Das Zentralnervensystem und Gehirn sind nun bereits entwickelt, da mit 10/12 Jahren alle Strukturen funktionell und morphologisch ausgereift sind. Die vollständige Entwicklung dauert jedoch bei Mädchen noch bis zum 16. Lebensjahr, bei Jungen bis zum 18. Lebensjahr an (GROSSER et al., 2001, 211). In der *Pubeszenz* hat die Bewegungsfrequenz zwischen 13 und 15 Jahren ihr Maximum erreicht (MEINEL, 1976, 371), und die hormonelle Umstellung ermöglicht Verbesserungen der Maximal- und Schnellkraft sowie der anaeroben Kapazität. Die Ausprägung der Muskulatur hat nun ihren Höhepunkt erreicht und die Ausdifferenzierung in schnell- und langsamzuckende Fasern findet statt (vgl. Tab. 9).

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

Tab. 9: Alters- und Trainingsstufen, biologische Gegebenheiten und sensitive Phasen für Schnelligkeitsfähigkeiten, Trainingsinhalte (in GROSSER et al., 2001, 210)

Alters- und Trainingsstufen	Biologische Gegebenheiten	Sensitive Phasen und Training für	Trainingsinhalte	Leistungsergänzende Fähigkeiten/Training
6/7–9/10 Grundlagen- training	– Gehirnwachstum 95% – beginnende gute Bewegungskoordination	– Zeitprogramme – Frequenzschnelligkeit – allg. Reaktions-schulung	– abwechslungsreiche kleine Spiele, Staffeln – Fußgelenkarbeit – allg. Reaktionsübungen – Nieder-Hoch-Sprünge (10–20 cm)	– allgemeine koordinative Fähigkeiten
9/10–11/13 Aufbautraining 1	– Gehirnreife abgeschlossen – sehr gute Bewegungskoordination	– Zeitprogramme – Reaktionsschnelligkeit – Frequenzschnelligkeit – (Aktionsschnelligkeit)	– wie Grundlagentraining, außerdem: – ausgewählte Sprint-ABC-Übungen – Sprung- und Wurfübungen – Reaktionsübungen (gezielt) – maximale Frequenzübungen – Sprints bis 20 m	– spezielle koordinative Fähigkeiten – komplexes Muskeltraining
11/13–14/15 Aufbautraining 2	– z. T. Koordinations-einschränkungen – günstige Kraft-schnelligkeit	– Zeitprogramme – Aktionsschnelligkeit – Kraftschnelligkeit	– koordinativ + konditionell zielgerichtete Sprung-, Lauf- und Wurfübungen – Sprint-ABC – maximale Frequenzübungen – asymmetrische Übungen – Start- und Sprintläufe (maximal 40 m)	– dynamische und reaktive Schnellkraft – komplexes Muskeltraining – aerobe Kapazität
ab 15/16/17 Anschlußtraining	– erneut günstige Koordination	– alle Schnelligkeits-fähigkeiten	– alle Schnelligkeitsübungen für spezifische Reaktionen, Aktionen, Frequenzen – Sprints bis 60 m – auch Schnelligkeitsausdauerübungen	– schnelligkeitsorientierte Maximal-kraft – aerobe und anaerobe Kapazität

Als Haupttrainingsmethoden der Schnelligkeit gelten im Kindes- und Jugendsport die Wiederholungs- und Kurzzeitmethode, die alaktazid gestaltet werden sollen (WEINECK, 2000, 376). Wiederum lassen sich im Schulsport diesbezüglich Diskrepanzen feststellen, da mit den geforderten Laufstrecken nicht dem physiologischen Leistungsprofil entsprochen wird. Leider tritt in den Spielsportarten ein erhöhtes Verletzungsrisiko auf, dem speziell bezüglich der Muskulatur entgegengewirkt werden kann. Nach RUPP / KUPPIG (1995, in WOLFF et al., 2000, 99) sind bei jugendlichen Fußballern v.a. der M. iliopsoas und der M. rectus femoris verkürzt, was eine erhöhte Verletzungsanfälligkeit bedingt. Auch RATY et al. (1999, 625) stellten eine erhöhte Verletzungsrate der unteren Extremitäten sowie Rückenschmerz bei jugendlichen Fußballern (52%) im Vergleich zu Läufern (21%) fest, so dass im Sport der Muskulatur mehr Beachtung geschenkt werden muss.

Die Tagesrhythmik der Schnelligkeit weist nach REILLY et al. (1997, 24) ihr Maximum am späten Nachmittag bzw. frühen Abend auf.

In der vorliegenden Arbeit wurden im Dokumentationsbogen als Beispiele für schnelligkeitsorientierte Spielsportarten Fußball, Volleyball, Basketball, (Eis-)hockey und Rückschlagspiele abgefragt mit wiederum der Mindestdauer von 45 Minuten pro Woche.

## **Beweglichkeit**

Im Kindes- und Jugendalter ist die allgemeine Beweglichkeit unterschiedlich ausgeprägt und unterliegt Schwankungen. Im *Vorschulalter* sind beweglichkeitsfördernde Übungen nicht notwendig, da eine hohe Elastizität des aktiven und passiven Bewegungsapparates besteht. Nach WEINECK (2000, 377) würde ein Beweglichkeitstraining zum Zeitpunkt des ersten Gestaltwandels (5.-6. Lebensjahr) sogar eine Gefahr für den instabilen Halte- und Stützapparat darstellen. Das *frühe Schulkindalter* ist bezüglich der Beweglichkeit widersprüchlich. Nach GROSSER et al. (2001, 228) ist die Wirbelsäule im 8./9. Lebensjahr am beweglichsten und auch die Beugefähigkeit des Hüft- und Schultergelenks nimmt zu, andererseits lässt sich eine eingeschränkte laterale Spreizfähigkeit der Hüfte und verminderte dorsal gerichtete Beweglichkeit im Schultergelenk nachweisen (MEINEL, 1976, 347). Diese Regionen sollten daher speziell gedehnt werden, um die Beweglichkeit zu erhalten. Ab dem *späten Schulkindalter* ist keine Steigerung der Beweglichkeit mehr möglich, sondern nur noch ihre Erhaltung, außer in den ständig geübten Richtungen. GROSSER et al. (2001, 230) definieren das wichtigste Ziel eines Beweglichkeitstrainings in der Prophylaxe bzw. dem Ausgleich muskulärer Dysbalancen und Muskelverkürzungen. In der *Pubeszenz* kann eine Verschlechterung der Beweglichkeit festgestellt werden, da nach FREY (1978, 186) die Dehnfähigkeit der Muskeln und Bänder dem gesteigerten Längenwachstum nicht nachkommt. Daher ist eine entsprechende Schulung der Beweglichkeit unumgänglich. Es muss jedoch auf eine entlastende Übungsauswahl Wert gelegt werden, um keine Überlastungsschäden, vor allem in Wirbelsäule und Hüftgelenk, zu provozieren. Demzufolge sollen unphysiologische Übungen wie starke Hyperflexionen und –extensionen vermieden werden. In der *Adoleszenz* kann schon auf die Trainingsformen der Erwachsenen zurück gegriffen werden.

Im Hinblick auf den zirkadianen Rhythmus weist die Beweglichkeit große Schwankungen auf, wobei das Minimum am Morgen und das Maximum am Abend liegt (WEINECK, 2000, 551).

In der vorliegenden Studie wurde die Beweglichkeit der Wirbelsäule in die Flexion, Extension und Lateralflexion untersucht.

### **2.1.2.2. Koordinative Fähigkeiten**

Man unterteilt die koordinativen Fähigkeiten in verschiedene Arten: Bezieht man sich auf die Gesamtmotorik als Komplex, spricht man allgemein von *Gewandtheit*, in Bezug auf die

Feinmotorik spricht man von *Geschicklichkeit*. Weiterhin differenziert man die *allgemeinen* von den *speziellen* koordinativen Fähigkeiten. Erste ergeben sich durch eine breite Bewegungspalette, bedingt durch vielfältige Bewegungsschulung in verschiedenen sportlichen und alltäglichen Bereichen (vgl. Abb.17). Die speziellen koordinativen Fähigkeiten sind in einer bestimmten Wettkampfdisziplin notwendig, um die sportartspezifische Technik im Detail zu beherrschen und zu variieren (vgl. WEINECK, 2000, 330). Als anatomische bzw. physiologische Indikatoren nennt ROTH (in WILLIMCZIK / GROSSER, 1981, 175) die Größe der elektrischen Aktivität bei einer gegebenen submaximalen Belastung, kurze und präzise Funktion jedes beteiligten Muskels, den Übungsgrad der agonistisch-antagonistisch tätigen Muskulatur und den Adaptationszustand des Vestibularapparates.

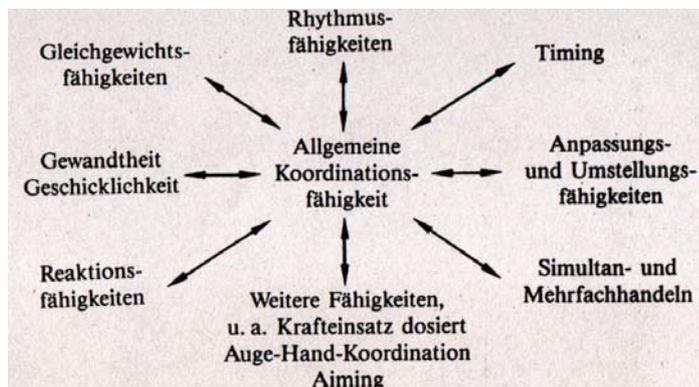


Abb. 17: Ein offenes Schema der koordinativen Fähigkeiten (in RIEDER et al., 1996, 188)

Im Folgenden wird der Komplex der Gewandtheit aufgespalten in verschiedene Differenzierungen, die v.a. von HIRTZ (1977/1985), MEINEL / SCHNABEL (1987) und HARRE (1986) geprägt wurden.

HIRTZ (1985, 17 ff.) legt die Realisierung von koordinativen Fähigkeiten fest in Handlungsprogrammen, Geschwindigkeit, Art und Weise des Lernens sowie situationsadäquater Anwendung. Demnach unterscheidet er fünf koordinative Fähigkeiten:

- (1) *Die kinästhetische Differenzierungsfähigkeit* durch genaue Abstimmung der Informationen aus Muskeln und Sehnen.
- (2) *Die räumliche Orientierungsfähigkeit*, geprägt durch v.a. Informationen des optischen Analysators zur Orientierung der Bewegung im Raum.
- (3) *Die Gleichgewichtsfähigkeit* zum Erhalten und Wiedererlangen des Gleichgewichts in labilen Situationen.
- (4) *Die komplexe Reaktionsfähigkeit* zur Aktualisierung kurzzeitiger

Bewegungen auf unterschiedliche Signale hin. (5) *Die Rhythmusfähigkeit* zur Realisierung zeitlich-dynamischer Strukturen im Bewegungsablauf.

HARRE (1986, 187 ff.) geht mehr auf die Praxis der Sportarten ein und definiert als Ergänzung zum Modell von HIRTZ sieben koordinative Fähigkeiten als Bestandteile der Koordination:

(1) *Die Kopplungsfähigkeit* zur zielgerichteten Zusammenfassung von Teilkörper- und Einzelbewegungen in einer Gesamtbewegung. (2) *Die Orientierungsfähigkeit* zur Realisierung der raum-zeit-orientierten Bewegungssteuerung und Antizipation. (3) *Die Differenzierungsfähigkeit* zur genauen Feinabstimmung von verschiedenen Bewegungsphasen in der Gesamtbewegung. (4) *Die Gleichgewichtsfähigkeit* zur Erhaltung und Wiederherstellung des statischen oder dynamischen Gleichgewichts während und nach der Bewegung. (5) *Die Reaktionsfähigkeit* ermöglicht die Ausführung einer Bewegung mit einer aufgabenbezogenen Geschwindigkeit auf ein Signal hin. (6) *Die Umstellungsfähigkeit* passt bei Veränderungen der Situation das Bewegungsprogramm entsprechend an. (7) *Die Rhythmisierungsfähigkeit* ermöglicht die Anpassung von Bewegungen an innere und äußere Rhythmen.

In Bezug auf die motorische Lernfähigkeit ist nach WEINECK (2000, 334) das Kindesalter für das koordinative Training bestens geeignet. Einerseits liegen gute psychophysische Lernvoraussetzungen vor, andererseits ideale anatomisch-physiologische Bedingungen wie optimale Last-Kraft-Verhältnisse, ein ausgeprägter Bewegungsdrang sowie psychische Besonderheiten (Risikobereitschaft, Experimentierfreude). Ein großer Bewegungsschatz beeinflusst nach HARRE (1986, 180) die Qualität der Bewegung, die auf der Basis alter, im Kleinhirn als dynamische Engramme abgespeicherter Koordinationsverbindungen vollzogen wird. Im *Vorschulalter* können und müssen koordinative Fähigkeiten schon sehr früh geschult werden, jedoch muss auf ein korrektes Erlernen Wert gelegt werden, um ein späteres Umlernen des falsch erlernten motorischen Stereotyps zu vermeiden (DEMETER, 1981, 64). Im *frühen Schulkindalter* wird die koordinative Lernfähigkeit des Kindes eingeschränkt durch die noch unzureichend ausgeprägte Differenzierungshemmung, was sich in der Bewegungsgenauigkeit auswirkt. Auch können erlernte Bewegungsmuster von der Großhirnrinde nicht in ausreichendem Maße dauerhaft gespeichert werden (DEMETER, 1981, 78), was eines ständigen Wiederholens zur Stabilisierung der Bewegung bedarf. Das *späte Schulkindalter* stellt nach WEINECK (2000, 380) das beste motorische Lernalter dar

und kann uneingeschränkt zum Training der koordinativen Fähigkeiten, v.a. der zeitlichen Differenzierungs-, Reaktions- und Rhythmusfähigkeit genutzt werden (HIRTZ, 1977, 509). In der *Pubeszenz* kommt es zur sprunghaften Verbesserung der konditionellen Fähigkeiten, die nach BRANDT (1979, 114 f.) und RUTENFRANZ (1965, 338) in Kombination mit dem Wachstumsschub zu einer Verschlechterung der Lernfähigkeit von koordinativen Fähigkeiten führt. Schon erlernte Fähigkeiten sind davon jedoch nicht betroffen, so dass die Verbesserung und Stabilisierung dieses Könnens im Vordergrund stehen. Nach SHARMA / WUTSCHERK (1987, 17) zeigen sich hier wieder deutliche Störeinflüsse des biologischen Alters, da chronologisch 13jährige, retardierte Jugendliche koordinativ bessere Leistungen erbringen als normal- und frühentwickelte Altersgleiche. Die Retardierten haben demnach die Pubertät noch nicht erreicht und weisen eine ansteigende Leistungsentwicklung auf, während die Normal- und Frühentwickelten bereits in die Pubertät eingetreten sind und koordinative Leistungseinbußen erfahren. Genannte Autoren konnten keinen linearen Zusammenhang zwischen dem biologischen Alter und den koordinativen Fähigkeiten feststellen, jedoch leiteten SHARMA / HIRTZ (1991, 97) den generalisierten Grundsatz eines bestehenden Zusammenhangs ab und JOCH / HASENBERG / AUERBACH (1990, 39) sowie JOCH / HASENBERG (1991, 216; 1993, 3) konnten sogar einen positiven Zusammenhang nachweisen. Auch WILLIMCZIK et al. (1997, in JOCH / HASENBERG, 1999, 10) stellten hinsichtlich koordinativer Lernleistungen bei älteren Schülerinnen und Schülern hochsignifikant bessere Ergebnisse fest als bei jüngeren, verbunden mit einer ausgesprochen großen Relevanz. Begründet wird dies mit der aus der Entwicklungspsychologie stammenden „Entfaltungslogik“, nach der bewegungserfahrene Lerner über bessere Voraussetzungen für das Neulernen von Bewegungen verfügen und nach WILLIMCZIK / GROSSER (1981, 11) ist der Zusammenhang zwischen biologischem Alter und motorischer Leistung umso geringer, je größer der Einfluss des technischen und taktischen Handlungsniveaus ist.

Diese Missverhältnisse heben sich in der Adoleszenz auf und v.a. die Steuerungs-, Anpassungs-, Umstellungs- und Kombinationsfähigkeit sind gut trainierbar (WEINECK, 2000, 382). In der vorliegenden Arbeit wurden als technisch-koordinative Sportarten Skateboard fahren, Eiskunstlauf, Gerätturnen, Rhythmische Sportgymnastik, Tanz und Trampolin klassifiziert mit dem zeitlichen Minimum von 45 Minuten pro Woche.

Zur Zusammenfassung der sportmotorischen Fähigkeiten gibt Tab. 10 den Überblick zur Entwicklung und Leistungsfähigkeit im Kindes- und Jugendalter:

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

Tab. 10: Überblick zu Entwicklung und Leistungsfähigkeit im Kindes- und Jugendalter (in GROSSER et al., 2001, 182)

Alter	Phase muskulärer Anpassung	Muskulatur: Kraft und Beweglichkeit	Stoffwechsel: Ausdauer	Zentralnervensystem: Koordination und Schnelligkeit
6/7–9/10	Präventiv- und Aufbau-phase	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ca. 23% Muskelanteil</li> <li>– schwache Haltermusk.</li> <li>– geringes Testosteron</li> <li>– »biegsames« Skelett</li> <li>– gute Beweglichkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– hohe Herzfrequenz</li> <li>– ca. 40 ml VO<sub>2</sub> max</li> <li>– beginnende günstige aerobe Stoffwechsellanpassung</li> <li>– ungünstige anaerobe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gehirnwachstum – 90%</li> <li>– beginnende gute Bewegungskoordination</li> <li>– Reaktions- und Frequenzschnelligkeit</li> </ul>
9/10–12/13	Ausgleichs- und	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 25–28% Anteil</li> <li>– geringes Testosteron</li> <li>– noch schwaches Skelett</li> <li>– muskul. Dysbalancen</li> <li>– gute inter- und intramuskul. Koordination</li> <li>– noch gute Beweglichkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 40–48 ml VO<sub>2</sub> max untr. (60 = trainiert, ähnl. Erwach.)</li> <li>– noch ungünstige anaerobe Prozesse mit erhöhter Katecholaminausschüttung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gehirnreife abgeschlossen</li> <li>– sehr gute Bewegungskoordination</li> <li>– hohe Reaktionen und Frequenzen</li> </ul>
12/13–14/16	Stabilisierungs-phase	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ca. 30% Anteil ♀</li> <li>– 35% Anteil ♂</li> <li>– Androgen- und Östrogenaus-schüttungen</li> <li>– noch labiles Skelett</li> <li>– eingeschränkte Beweglichkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– günstige aerobe Prozesse</li> <li>– allmählich bessere anaerobe Prozesse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– mögliche koordinative Einschränkungen (Wachstum!)</li> <li>– günstige Kraftschnelligkeit</li> </ul>
15/16–18/19	Forcierungs-phase	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ca. 35% Anteil ♀</li> <li>– 44% Anteil ♂</li> <li>– Skelettstabilisierung</li> <li>– Hypertrophiehöhepunkt</li> <li>– eingeschränkte Beweglichkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– sehr gute aerobe und allmählich auch anaerobe Prozesse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erneut günstige Koordinationsfähigkeiten</li> <li>– hohe Schnelligkeitsfähigkeiten</li> </ul>

### 2.1.3. Altersspezifische Risiken des Sporttreibens

Sportliches Training ist für den Heranwachsenden eine absolute Notwendigkeit zur optimalen Entwicklung von Geist und Körper. Wenn jedoch strukturelle Belastbarkeitsgrenzen überschritten werden, kann es zu bionegativen Anpassungen kommen, die zu Folgeschäden führen. Überlastungsschäden sind durch endogene (Wachstum, muskuläre Stabilität und Flexibilität) und exogene Faktoren (Sportgeräte, Boden- und Krafttraining) bedingt (GERRARD, 1993, in MELLEROWICZ et al., 2000, 81). Vor allem der (Hoch-)Leistungssport hat bei Heranwachsenden meist wenig gesundheitlichen Wert, sondern kann zu weitreichenden strukturellen Schädigungen führen. MAFULLI (1992) sowie MICHELI et al. (1994, beide in MELLEROWICZ et al., 2000, 82) nennen hierzu traumabedingte Wachstumsstörungen, Störungen des muskuloskelettären Systems, Veränderungen des weiblichen Zyklus, eine gestörte soziale und psychosoziale Entwicklung und manchmal medikamentöse Nebenwirkungen. Ein weiteres Unfallrisiko für Kinder und Jugendliche stellt auch das mangelhafte Anforderungsprofil vieler (Trend-)sportarten dar, das auf wachstumsbedingte Besonderheiten keine Rücksicht nimmt (SIEWERS, 1998, in MELLEROWICZ et al., 2000, 83). Tab.11 zeigt die Zusammenfassung von Risikofaktoren für Überlastungen im Kindes- und Jugendalter. Im weiteren Text wird auf einige

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

grundlegende Faktoren eingegangen, die beim sportlichen Training im Kindes- und Jugendalter Beachtung finden müssen.

Tab. 11: Risikofaktoren für die Belastungsschäden im Kindes- und Jugendalter (in MELLEROWICZ et al., 2000, 82)

- das Wachstum (Differenz biologisches Alter bis 5 Jahre)
- Trainingsfehler (abrupte Änderung, Umfang, Intensität, Flexibilität, Motivation)
- Muskeldysbalancen (Gelenkstabilität)
- anatomische Formfehler (Beinlängen, Rotation, Achsdeformität, Hand- und Fußdeformitäten)
- Ausrüstung
- sportspezifische Umwelt (Regelwerk)
- Ernährung
- Umwelt (25 - 40 (!) Std. Fernsehen und PC pro Woche)
- Erkrankungen
- psychologische Faktoren
- Früher Beginn, frühe Spezialisierung, individuelle sportmotorische Fähigkeiten, Sportarten (Trendsport) sowie Motivation und Beanspruchung bei Überforderungen (15).

### Geringere Belastbarkeit der Wirbelsäule

Durch Sport geschehen in den Organstrukturen des Jugendlichen Veränderungen, die wiederum die Funktion des Organs beeinflussen. Die Wirbelsäule stellt im Sport eine der zentralen Strukturen dar, da sie bei jeder größeren Bewegung involviert ist und große Belastungen kompensieren muss. Diesbezüglich tritt jedoch durch den enormen Wachstumsschub in der ersten puberalen Phase ein Missverhältnis zwischen Belastung und Belastbarkeit der Wirbelkörper auf. Durch den Hormonstatus kommt es zu negativen morphologischen Veränderungen des Knorpelgewebes. Auch vor der Pubertät (etwa im 10. Lebensjahr) stellt laut HEFTI (1994, 539) das Skelettsystem die kritische Struktur dar. Gerade beim Sport kommt es zu unterschiedlichen mechanischen Belastungen der Wirbelsäule (nach TITTEL, 1999, 45):

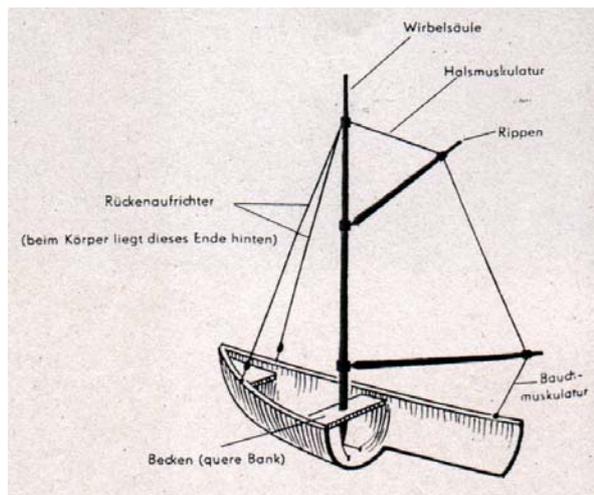
- rumpfaufrichtende und –stabilisierende Bewegungen (z.B. technisch-kompositorische Disziplinen, rhythmische Sportgymnastik, Wasser- und Trampolinspringen, Eiskunstlauf)
- druckimpulsartige Vibrations- und Stoßbelastungen mit Achsabweichungen (z.B. Landungen und Abgänge im Gerätturnen oder Volleyball)
- Schwerpunktverlagerungen in sagittaler Ebene durch Dauerdruck (z.B. Langstrecken- und Crosslauf)

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

- zyklische Belastungen (z.B. Straßenrennsport, Schwimmen, Kajak)
- Mehrfachbelastungen mit bis zu je 3 rotatorischen bzw. translatorischen Freiheitsgraden (z.B. Ringen, Judo)
- unterschiedliche Einflüsse von Sportstättenböden.

### Mangelhafte muskuläre Verspannung

Ein weiteres Negativum im Wachstum entsteht durch die mangelhafte Absicherung der Wirbelsäule durch die Muskulatur. Beim Erwachsenen unterstützt die Rumpfmuskulatur die Wirbelsäule wie ein Korsett und nimmt Belastungen von den Wirbelkörpern und Bandscheiben. BENNINGHOFF (1980, in TITTEL, 2000, 104) stellte einen Vergleich zwischen der muskulären Verspannung der Wirbelsäule und einem Schiffsmast her, wie Abb.18 zeigt.



**Abb. 18: Das Prinzip der muskulären Wirbelsäulenverspannung in (TITTEL 2000, 104)**

Nach TITTEL (2000, 106) ist der laterale Muskelstrang (M longissimus, M. iliocostalis) als Arbeitsmuskulatur charakterisiert, während das transversospinale System (Mm. Rotatores, Mm. Multifidii, M. semispinalis, M. semispinalis capitis) für die muskuläre Absicherung der Wirbelsäule verantwortlich ist. Im Rahmen des Wachstumsschubs der ersten puberalen Phase erfährt dieses ausgeklügelte Gefüge nun eine Störung: Das Skelett wächst schneller als die dazugehörige Muskulatur und Hebelverhältnisse verschlechtern sich in Relation zum Kraftpotential der Muskulatur. Die Wirbelsäule ist also größeren Belastungen ausgesetzt durch eine mangelnde Kompensation der Rumpfmuskulatur und die Wirbelkörperdeckplatten

werden stärker strapaziert. Dadurch kann sich chronischer Rückenschmerz manifestieren (LEE et al., 1999, 54). In der zweiten puberalen Phase spielt sich das Verhältnis zwischen Skelett und Muskulatur wieder ein, so dass sich die Verletzungsgefahr minimiert.

### **Morbus Scheuermann**

Eine spezielle Form der Knochennekrosen ist der hauptsächlich bei Jungen in der Pubertät auftretende *Morbus Scheuermann*. In der Pubertät ist, wie erwähnt, die Belastbarkeit der Wirbelsäule durch ungünstige Kraft-Last-Verhältnisse und hormonelle Veränderungen eingeschränkt. Bei inadäquater Belastung können im thorakolumbalen Bereich der Wirbelsäule die Deckplatten der Wirbel einbrechen und somit Bandscheibengewebe in die Knochensubstanz des Wirbels eindringen (Schmorl'sche Knötchen). Des Weiteren verändert sich die Form des Wirbelkörpers zu Keilwirbeln und damit zur charakteristischen Adoleszentenkyphose. GROH (1971, 223) führt als Risikosportarten v.a. Gerätturnen und Rudern an, wo er bei Untersuchungen eine Prävalenz von über 30% feststellen konnte. POPKO et al. (1997, 245) stellten bei Jugendlichen mit Morbus Scheuermann erniedrigte Werte bezüglich der Knochendichte fest und im späteren Leben führt der M. Scheuermann vermehrt zu Diskopathien im Bereich der Lendenwirbel sowie zu Arthrose in den Gelenken der Halswirbel (WISCHNEWSKI / PFEIFFER, 1996, 126).

Durch gezieltes sportliches Training mit Kräftigung der betroffenen Muskulatur, z.B. Rückenschwimmen und Kräftigung der thorakolumbalen Rumpfmuskulatur, kann der Morbus Scheuermann gelindert werden.

### **Spondylolyse und Spondylolisthesis**

Die Spondylolyse stellt eine Erkrankung der Wirbelsäule dar, die gekennzeichnet ist durch Defektbildungen an den Wirbelbögen. Als Ursachen nennt PSCHYREMBEL (1998, 1447) degenerative, entzündliche, tumoröse, dysontogenetische oder traumatische Faktoren. Bei der noch inkomplett ausgereiften juvenilen Wirbelsäule kann es durch chronische Überlastung in Sportarten, die verstärkt Hyperlordosierung und Rotationen in der Pars interarticularis fordern, zu Ermüdungsbrüchen des Wirbelbogens kommen, verbunden mit Spaltbildungen in der Interartikularportion (MORITA et al., 1995, 620). Dies hat eine Einschränkung der Wirbelsäulenstabilität zur Folge sowie negative Beanspruchungen der betroffenen Bandscheibe. MICHELI (1979, in ROTHMAN / SIMEONE, 1992, 244) verweist auf eine

typische Faktorenkumulation bei der Spondylolyse im Sinne einer „...*hyperlordotic posturing of the lumbar spine, tight hip flexors, and frequently relatively tight hamstrings and lumbodorsal fascia*“.

Ist die Spondylolyse mit dem Gleiten eines Wirbelkörpers verbunden, wird sie Spondylolisthesis genannt. HALVORSEN et al. (1996, 1999) untersuchten 50 Jugendliche im Alter zwischen 15 und 19 Jahren im Hinblick auf Spondylolyse und Spondylolisthesis und die bevorzugten Sportarten (hier Handball und Fußball). Zwanzig der Testpersonen klagten über schon einjährige ständige Rückenschmerzen und die Autoren stellten bei 45 Jugendlichen Ermüdungsbrüche im fünften Lendenwirbel fest, die restlichen wiesen Stressfrakturen im dritten und vierten Lendenwirbel auf. Somit ist ein direkter Zusammenhang zwischen sportartspezifischer Überlastung und puberalen Ermüdungsbrüchen im Bereich der LWS zu erkennen. Diese Tatsache wirkt sich auf das spätere Leben aus und führt zu schwerwiegenden Schädigungen der Wirbelsäule. SALMINEN et al. (1995, 2101) untersuchten 15-jährige Jugendliche hinsichtlich Rückenschmerzen und stellten chronische Degenerationen bei Heranwachsenden fest, verbunden mit Bandscheibenvorfällen und -vorwölbungen. Bei bestehenden Spondylolysen und Spondylolisthesen ist Sport jedoch absolut keine Kontraindikation: ENGELHARDT et al. (1997, 755) fanden positive Wirkungen durch Rückenschwimmen, Kräftigung von Bauch- und Rückenmuskulatur, Sportarten ohne ruckartige Bewegungen und Dehnung der ischiocruralen Muskulatur. Die Toleranz gegenüber dem sportlichen Training ist abhängig vom Grad der Instabilität, dem Fortschreiten des Gleitprozesses und klinischen Symptomen.

### **Juvenile Osteochondrosen**

Durch asymmetrisch auf den Körper einwirkende Kräfte kann es beim Jugendlichen zu einer Knochen- und Knorpeldegeneration in Verbindung mit Ermüdungsbrüchen und subchondralen Stressfrakturen kommen (RYU / FAN, 1998, in MELLEROWICZ et al., 2000, 82). Die am meisten betroffenen Stellen sind Femur, Talus und Tibia.

### **Epiphysen- und Apophysenverletzungen**

Das enchondrale Längenwachstum des Knochens erfolgt primär von den Ossifikationskernen der Epiphysen (Wachstumsfugen), sekundär von den Apophysen aus. In Zeiten eines besonders raschen Wachstums wie der ersten puberalen Phase sind die hyalinen

Wachstumszentren einem hohen Verletzungsrisiko ausgesetzt, da häufig ein Missverhältnis zwischen Belastung und Belastbarkeit besteht. Nach TITTEL (2000, 32) kommt es bei Belastung in Form von sportlichem Training zu morphologischen Veränderungen des Knorpels, was sich in einer Zunahme der Zahl der Zellen innerhalb der Chondrone äußert sowie einer Vergrößerung von Chondrocyten und Chondronen. Intermittierende dynamische Belastungen führen zu einer reversiblen Hypertrophie des Knorpels, die bei Bewegung die Druckelastizität und Stoßdämpfung des Knorpels ansteigen lässt. Hohe statische Belastungen dagegen hatten im Tierexperiment (PIEPER / RADON, 1981, in TITTEL, 2000, 27) negative Wirkungen bezüglich einer Hemmung des Chondrocytenstoffwechsels. Puberale Ratten wurden drei Wochen lang überwiegend statischen Belastungen unterzogen und bei der nachfolgenden Untersuchung des Epiphysenknorpels wurde die Auflösung der Struktur festgestellt.

Bezüglich der Verletzungsformen von Epiphysen treten zwei Varianten auf, i.e. *Epiphysenfrakturen und -lösungen*. Erste kommen vergleichsweise selten vor und es tritt durch die Knochenfraktur eine komplette Abtrennung der Epiphyse ein. Durch diese Gewebsschädigung verschließt sich die Epiphysenfuge vorzeitig, was zu Achsabweichungen und Gelenkdeformationen führt.

Als zweite Variante von Verletzungen der Epiphyse ist die Epiphysenlösung zu nennen, wobei sich die Wachstumsfuge vom darunter liegenden Gewebe löst und gegen den Knochen verschiebt. Auch hier entsteht eine Beeinträchtigung der hyalinen Belastbarkeit. Die Keimschicht wird dabei nicht verletzt, so dass das Längenwachstum bei Reposition meist nicht eingeschränkt wird. Als eigenes Krankheitsbild der Adoleszenz ist die Epiphyseolysis capitis femoris (Hüftkopf-Epiphysenlösung) charakterisiert, die v.a. bei männlichen Heranwachsenden im Alter zwischen 12 und 16 Jahren auftritt (PSCHYREMBEL, 1998, 422). Ursache dafür sind häufig Regulationsstörungen im hormonellen System, erbliche Disposition sowie das Auftreten von Knochennekrosen, v.a. Morbus Scheuermann.

Apophysen sind bei der Ossifikation entstehende Nebenkerne, die sich zu Knochenvorsprüngen entwickeln und als Ansätze für Muskeln und Bänder dienen. Sie verschmelzen im Laufe des Wachstums mit dem Hauptknochen. Auch sie sind in Zeiten eines besonders raschen Wachstums gefährdet, v.a. an den Ansätzen dynamischer und kräftiger Muskeln. Von Verletzungen der Apophyse sind vermehrt männliche Jugendliche betroffen, deren Muskelkraft im Vergleich zu den Mädchen höher ist und durch den in Relation

verspäteten Eintritt in die Pubertät schließen sich die Wachstumsfugen später (PSCHYREMBEL, 1998, 94). Folge einer chronischen Überbelastung kann eine aseptische Knochennekrose oder ein Abriss der Apophyse sein. Letztere treten hauptsächlich bei schnelligkeitsorientierten Sportarten auf, wobei ruckartig Scher- und Zugkräfte auf das Skelettsystem einwirken. Laut WEINECK (2000, 398) können aber auch koordinative Fehlsteuerungen die Ursache für Apophysenabrisse sein. Bei der Anspannung der Agonisten und gleichzeitiger mangelhafter oder zu langsamer Erschlaffung der Antagonisten muss die Apophyse sehr hohe Zugkräfte tolerieren, die einen Abriss der Apophyse bewirken können. Diese Verletzung hinterlässt, im Gegensatz zu Verletzungen der Epiphyse, keine ernstzunehmenden Folgeschäden beim Heranwachsenden. Außer beim Abriss der Schienbeinapophyse, die operativ behoben werden muss, genügt konservative Ruhigstellung als Therapie.

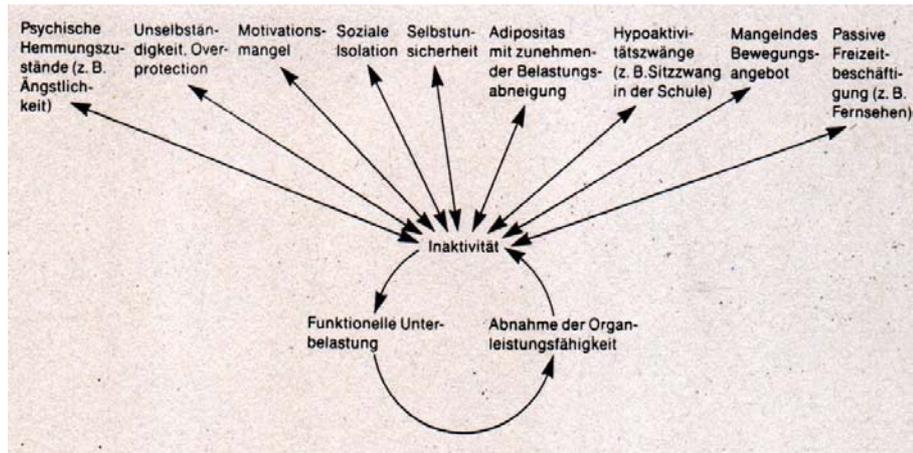
## **2.2. Allgemeine Aspekte**

Im Folgenden werden gängige Lebensumstände betrachtet, die zur Gesundheitserziehung und –erhaltung des Heranwachsenden Beachtung finden müssen.

### **2.2.1. Bewegung**

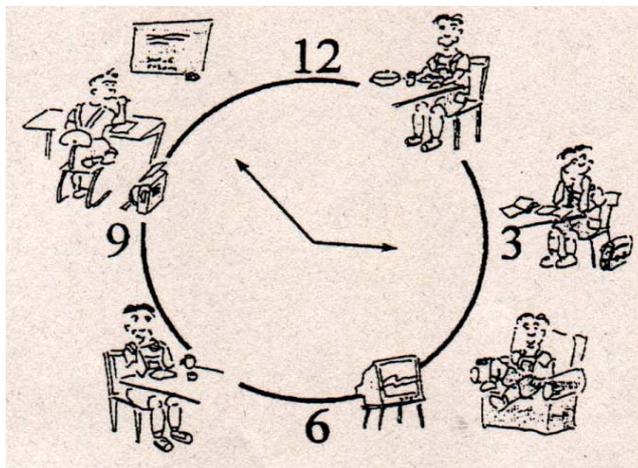
Bewegungsmangel gilt heute als einer der primären Auslöser von Zivilisationskrankheiten wie z.B. Arteriosklerose beim Erwachsenen und wird seit 1992 zu den primären Risikofaktoren gezählt (PAFFENBARGER, 1993, 538, in WEINECK, 2000, 492). Vor allem beim Heranwachsenden stellt er ein großes Problem dar (vgl. BLAIR et al., 1995, 1093 ff.; HARRELL et al., 1996, 797 ff.; GASCHLER, 1999, 13). Die Ursachen sind, wie in Abb.19 ersichtlich, vielfältig und lassen sich in einem Circulus vitiosus beschreiben.

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder



**Abb. 19: Ursachen körperlicher Inaktivität und nachfolgender Herausbildung des Circulus vitiosus Inaktivität – funktionelle Unterbeanspruchung – Abnahme der Organleistungsfähigkeit – vermehrte Inaktivität (in WEINECK, 2000, 391)**

Da schon in der Schule viel Zeit im Sitzen verbracht wird, braucht das Kind den körperlichen Ausgleich in der aktiven Freizeit dringend. Jedoch wird die Freizeit leider immer bewegungsärmer und der Schulsport als Kompensation ist bei weitem nicht ausreichend, so dass bei vielen Jugendlichen gesundheitliche Probleme durch Bewegungsmangel auftreten (vgl. Abb. 20).



**Abb. 20: Typischer Tagesablauf eines Schulkindes nach KEMPF 1994 (in LENSCH, 2000, 16)**

Im Organismus ergeben sich durch die chronische Unterschreitung der Reizschwelle negative Veränderungen, die im Folgenden kurz erläutert werden.

Beim aktiven Bewegungsapparat kommt es zu einer Atrophie der ST- und FT-Fasern, zur Verringerung der Kraft aufgrund der verschlechterten inter- und intramuskulären

Koordination sowie zur Abnahme des Myoglobin-, Glykogengehalts, der Mitochondrien und der Enzymaktivität (vgl. BLOOMFIELD, 1994, 200; MILES et al., 1994, 615; POWELL, BLAIR, 1994, 851; DUCHATEAU, 1995, 1581; BALDWIN et al., 1996, 1250; CONVERTINO et al., 1997, 188, alle in WEINECK, 2000, 492). Im Hinblick auf den passiven Bewegungsapparat führt Bewegungsmangel zur Entmineralisierung und Reduzierung der Bruchfestigkeit von Knochen (BLOOMFIELD, 1994, 197, in WEINECK, 2000, 493), außerdem zur geminderten Belastbarkeit von Knorpel, Sehnen und Bändern. Die hormonproduzierenden Drüsen atrophieren und die Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislauf-Systems nimmt ab. Durch einen Mangel an körperlicher Betätigung im Freien kann es zu Atemwegserkrankungen kommen sowie Unruhe und Nervosität. Ein Anzeichen dafür sind auch die gestiegenen Fälle der Hyperaktivität bei Kindern. PATE et al. (1996, 1577) stellten an amerikanischen Jugendlichen einen hohen Zusammenhang fest zwischen Bewegungsmangel und negativen Lebensumständen wie Rauchen, Drogenkonsum, ungesunde Ernährung, intensive TV- und PC-Nutzung, risikoreiches Verhalten im Straßenverkehr und schlechte Schulleistungen (vgl. AARON et al., 1995, 1639; WINNAIL et al., 1995, 438). Zwischen der sportlichen Aktivität und Verbrechen bei Jugendlichen konnten jedoch BEGG et al. (1996, 335) keinen Zusammenhang feststellen.

Schon in früher Kindheit muss daher dringend auf ausreichende und adäquate Bewegung geachtet werden, da hier der Grundstein für das spätere Leben gelegt wird (BARNEKOW-BERGQUIST et al., 1998, 299; SOTHERN et al., 1999, 271; TAYLOR et al., 1999, 118). Empfehlungen zur Dauer und Intensität des kindlichen und jugendlichen Sporttreibens differieren, da oftmals keine saubere Trennung zwischen Spiel und Sport erfolgen kann (OERTER in WILLIMCZIK / GROSSER, 1981, 35). Im europäischen Raum veröffentlichte die britische Health Education Authority im Jahr 1998 folgende zwei Empfehlungen (in TITZE / WIEDER, 2000, 177):

*„Primary recommendations:*

*All young people should participate in physical activity of at least moderate intensity for one hour per day.*

*Young people who currently do little activity should participate in physical activity of at least moderate intensity for at least half an hour per day.*

*Secondary recommendation:*

*At least twice a week, some of these activities should help to enhance and maintain muscular strength and flexibility and bone health.”*

Am Institut für Sport- und Leistungsmedizin der Universität Freiburg wird die sportliche Empfehlung auf *mindestens dreimal pro Woche je 60 Minuten* angesetzt (KOUNKER in der Stuttgarter Zeitung vom 17.03.2000, 6) und dem schließen sich MELLEROWICZ et al. (2000, 83) an. GROSSER et al. (2001, 221) empfehlen eine Bruttobelastungszeit von 45 Minuten pro Woche bei einem Minimum von zweimal (Veränderungen im Organismus) und einem Optimum von 3-4mal pro Woche, aufgeteilt in dreimal 15 Minuten oder viermal ca. 12 Minuten.

Wichtig dabei ist, dass Eltern und Trainer als Vorbilder auftreten und das Kind die Freude an Sport und Spiel spüren kann, da Zwang eher eine negative Einstellung herauf beschwört (NADER et al., 1996, 455). Nach der WIAD-Studie (2001, 8) beeinflusst die elterliche sportliche Aktivität deutlich die sportliche Affinität des Nachwuchses. 19% der Befragten, deren Eltern aktiv Sport treiben, geben an, dass Sport eine der wichtigsten Sachen in ihrem Leben darstellt, während dies nur 12% der Befragten mit sportlich inaktiven Eltern behaupten. SINGER (in WILLIMCZIK / GROSSER, 1981, 43) definiert einen positiven Zusammenhang zwischen der spezifischen Konfrontation von Kindern mit Sportsituationen und der Lernmotivation, was auch auf kognitive Vorgänge übertragbar sei.

### **2.2.2. Ernährungsverhalten**

In einem normalen gesunden Organismus wird die Kalorienaufnahme durch Nahrung entsprechend dem Verbrauch durch körperliche Tätigkeit reguliert, doch in allen Industrienationen nimmt die Zahl der Übergewichtigen konstant zu (SCHAEFER / CHESKIN, 1998, 136; FRITZE, 1999, 36). Nach den Untersuchungen von WEINECK et al. (1997, 8) und GASCHLER (1999, 13) weisen 20% der Kinder bei Schulbeginn Übergewicht auf. Vor allem in der Pubertät, einer kritischen Phase für die Entstehung von Essstörungen, treten zwei entgegengesetzte Extremformen im Ernährungsverhalten auf, die beide chronische Schäden im mittleren Lebensalter manifestieren, z.B. Diabetes oder Arteriosklerose (WEVER, 1995, 567; SÖNNICHSEN et al., 1998, 5). Je höher die Gesamt- und LDL-

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

Cholesterinwerte bei Heranwachsenden sind, desto größer ist das Ausmaß von fibrösen Plaques und „Fettsreifen“ in den Koronararterien (WEINECK, 2000, 504). Zum einen leiden schon viele Jugendliche unter Essstörungen im Sinne der Bulimie oder Anorexia nervosa (NEUMARKER / BARTSCH, 1998, 245). Eine Umfrage der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung bei 500 Mädchen ergab, dass sich jedes zweite 13-14-jährige Mädchen für zu dick hält. Des Weiteren gaben bei einer Studie der Fachhochschule Hamburg 3,7% der befragten Mädchen zwischen 8 und 16 Jahren zu, ihr Gewicht mit Erbrechen zu beeinflussen (Zeitschrift „Brigitte“ 17/2000, 163). Dadurch hatte fast jedes dritte Mädchen bis 10 Jahre Erfahrung mit Diäten (Jungen: 30%) und bei den 15-jährigen Mädchen beträgt diese Zahl 60% (Jungen: 10%). Bei diesen Untersuchungen war auffällig, dass normalgewichtige Mädchen mit 45% am häufigsten Diät machten, während es bei den übergewichtigen 38% waren. Hinweise für Essstörungen können sein, wenn Kinder und Jugendliche ständig Diät machen, alle Gedanken um Nahrung kreisen, Abführmittel eingenommen werden oder übermäßig viel Sport getrieben wird. Zusammengefasst wurden die Risiken 1992 vom American College of Sports Medicine als „*the female athlete triad*“ (Triade der sporttreibenden Frau) bezeichnet, die den Symptomenkomplex aus einem gestörten Ernährungsverhalten, Zyklusstörungen und Osteoporose umfasst (WEST, 1998, 63). Besonders sind davon die ästhetischen Sportarten und Sportarten mit Gewichtsklassen betroffen (PLATEN, 2000, 105).

Im Gegensatz dazu erwähnt PSCHYREMBEL (1998, 1266) als eigenes Krankheitsbild die sogenannte Pubertätsfettsucht, die meist exogen bedingt ist und bei Jungen und Mädchen in der Präpubertät und der Pubertät vorkommt. WEINECK et al. (1997, 7) definieren Übergewicht bei der Überschreitung von 110% des alters- und größenadäquaten Normalgewichts und massives Übergewicht bei mehr als 120% des Normalgewichts. Die schon früher erwähnte WIAD-Studie (2001) stellte bei insgesamt 40% der getesteten 1057 Jugendlichen im Alter zwischen 12 und 18 Jahren Übergewicht fest und in den USA hat die Fettleibigkeit bei Jugendlichen epidemische Ausmaße erreicht. Wissenschaftler des Instituts für Humangenetik und Anthropologie in Jena untersuchten knapp 2000 Schulkinder und stellten fest, dass der Body-Mass-Index (BMI) zwischen 1975 und 1985 fast gleichbleibend war, während er in der letzten Dekade deutlich stieg (Zeitschrift „Der Spiegel“ 42/1999, 298). Bei den fettleibigen Jungen verdoppelte sich der Anteil, bei den Mädchen verdreifachte er sich sogar. Nach der PEP-Studie von WEINECK et al. (1997, 9) führt die hohe Prävalenz des

Übergewichts, verbunden mit geringen Defiziten in der Ausdauerleistungsfähigkeit, bei Jugendlichen zur Zunahme des kardiovaskulären Risikos, das weiterhin begünstigt wird durch Bewegungsmangel, Rauchen, fettreiche und ballaststoffarme Ernährung, hohe Blutfettwerte und hohen Blutdruck. Die Teilnehmer der Ärztlichen Fortbildungstagung 1994 zum Thema „Sport und Freizeitverhalten im Kindes- und Jugendalter“ gehen davon aus, dass 70% der Kinder, die mit 11 Jahren übergewichtig sind, auch im Erwachsenenalter übergewichtig sein werden. Als sinnvolles Beispiel zur Abhilfe ist das Gesundheits- und Therapieprojekt „Sport und Ernährung – ein ambulantes Programm für adipöse Kinder“ von KORSTEN-RECK / BAUER (Abteilung Sport- und Leistungsmedizin der Medizinischen Universitätsklinik Freiburg) zu nennen. Im allgemeinen ist auf die Vermeidung der in den Industrieländern üblichen ballaststoffarmen und fettreichen Ernährung mit einem hohen Anteil an gesättigten Fettsäuren zu achten (SÖNNICHSEN et al., 1998, 5). Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) empfiehlt einen maximalen Anteil von 30-35% Fett (nicht mehr als ein Drittel gesättigte Fettsäuren), einen Eiweißanteil von 15% und einen Kohlenhydratanteil von 50-55% an der Gesamtenergiezufuhr.

### **2.2.3. Mediales Freizeitverhalten**

Der Bewegungsmangel in der heutigen Zeit hat seine Ursache häufig in einer intensiven medialen Freizeitbeschäftigung: Fernsehen und vor allem Computer stehen bei Kindern und Jugendlichen, der sogenannten „Generation @“, ganz oben. Eine Untersuchung des Marktforschungsinstituts Icon-Kids & Youth ergab, dass derzeit 2,3 Millionen der 6- bis 12jährigen regelmäßig im Internet surfen (Passauer Neue Presse 11, 2001, 21) und die Heranführung von Kindern an den Computer findet immer früher statt, teilweise sogar schon im Kindergarten (vgl. „Die Zeit“ 4/2000). Der Medienpädagogische Forschungsverbund Südwest stellte in einer Umfrage, erschienen in der Zeitschrift „Der Spiegel“ (42/1999, 298), bei 803 Jugendlichen (Alter 12-18 Jahre) fest, dass 95% beider Geschlechts fast täglich Fernsehen. Nach der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (1999, 7) sehen Schulkinder zwischen 10 und 13 Jahren durchschnittlich 108 Minuten am Tag fern, wobei 27% der 6-13jährigen zwischen den Sendern „zappen“, also kaum einen Beitrag zu Ende sehen. Am Computer sitzen Jungen mit 63% häufiger als Mädchen mit 33%. Laut BÖS, der in dem Artikel zitiert wird, sei der Mausfinger bei Jugendlichen das „am besten trainierte

Organ“, was zu einer derartigen körperlichen Degeneration führe, dass die Leistungsfähigkeit der Kinder in den letzten zwanzig Jahren pro Jahr um ein Prozent abgenommen habe. Bei Kleinkindern können frühes häufiges Fernsehen und Computerbenutzung zu Störungen der Sprachentwicklung und der allgemeinen geistig-seelischen Entwicklung führen (Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung, 1999, 16). Kinder müssen demnach erst ihre Umwelt greifen lernen, bevor sie abstrakte Bilder begreifen können. Da ungenutzte Zellen bei Kleinkindern degenerieren und absterben und Kinder mit fehlenden Bewegungserfahrungen Probleme mit abstraktem Denken aufweisen (ZÖPFL in MÖGELE, 2001), stellt die intensive mediale Freizeitbeschäftigung einen großen Störfaktor in der kindlichen Entwicklung dar, vor allem hinsichtlich der emotionalen, sozialen und kreativen Anteile der kindlichen Persönlichkeit, die durch diese Form der „Kontaktbrücke nach draußen“ nicht adäquat entwickelt wird.

Unter dem orthopädischen Aspekt nehmen Kinder vor dem Fernseher oder Computer eine Zwangshaltung ein, die zu Haltungs- und Rückenschäden, muskulären Verspannungen und Konzentrationsschwächen führen kann. Nach der WIAD-Studie (2001, 18) gefährden medial vermittelte Verhaltensmuster die psychosomatischen Lebensgrundlagen der Heranwachsenden nachhaltig, indem sie die Quantität kindlicher Bewegungserfahrungen in erheblichem Maße einschränken. Die Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (1999, 21) empfiehlt für die Altersgruppe der 10-13jährigen Kinder eine Limitierung der täglichen Fernseh- bzw. Computerzeit auf maximal 90 Minuten, ab 14 Jahren bis maximal zwei Stunden täglich.

#### **2.2.4. Nikotinabusus**

Im menschlichen Organismus werden durch Nikotin alle Systeme sowohl akut als auch chronisch geschädigt. Die Hauptbestandteile des Rauchs sind Kohlenmonoxid (CO) und Nikotin. Nach WEINECK (2000, 698) bindet sich Kohlenmonoxid als akute Wirkung an das Hämoglobin im Blut, behindert so den Sauerstofftransport und schränkt die körperliche Leistungsfähigkeit enorm ein. Die chronische Schädigung betrifft die Gefäßinnenwände, was zur Entstehung degenerativer Herz-Kreislaufkrankungen führt. Nikotin ist in höheren Dosen ein starkes Gift, wobei die tödliche Dosis beim Erwachsenen bei rund 50 mg, beim Säugling bei rund 10 mg liegt. Bei Aufnahme führt es u.a. zu einer zentralnervösen Leistungssteigerung im Körper, Erhöhung der Herzfrequenz, andauernder Vasokonstriktion der Gefäße und

Abnahme der Atemökonomie. All diese Faktoren beeinflussen die körperliche Leistungsbereitschaft, vor allem im Ausdauerbereich (HOLLMANN / HETTINGER, 1990, 628). Jugendliche werden, v.a. in sozial schwächeren Schichten, oft durch den negativen Vorbildeffekt der Eltern oder durch sozialen Gruppenzwang zu Rauchern (BERGSTROM et al., 1996, 1083). Die Zahl der jugendlichen Raucher hat sich in der Gruppe der 12-17-jährigen seit Mitte der 90er Jahre wieder um 5% erhöht (EYERMANN, 2000, 3) und in der Bundesrepublik Deutschland beträgt der Anteil dieser Altersgruppe 47% (Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung, 1998, in EYERMANN, 2000, 3). Geschlechtsspezifisch hat die Zahl der Mädchen dabei gegenüber 1991 um 27,5% zugenommen, was laut dem Deutschen Krebsforschungszentrum Heidelberg (2000) zu einem Anstieg der Raucherfolgekrankheiten und der Frühsterblichkeit führen wird. Nach LOPEZ / FUCHS (1990, in SCHWARZER, 1990, 188) rauchen schon 13% der Mädchen im Alter von 12-13 Jahren, aber erst 6% der Jungen. Jugendliche Raucher haben nach WEINECK (2000, 510) ein um den Faktor sieben erhöhtes Herzinfarkttrisiko als gleichaltrige Nichtraucher. Unter dem orthopädischen Aspekt führt laut LEBOEUF-YDE et al. (1998, 2207) und FELDMAN et al. (1999, 2492) Rauchen schon bei Jugendlichen zu Rückenschmerzen und muss daher und auch wegen allen weiteren negativen Wirkungen für Heranwachsende tabu sein. Ein großes Problem stellt für Kinder und Jugendliche das Passivrauchen dar, das bereits frühzeitig zu Gefäßschädigungen führt sowie zu Atemwegsinfekten, Bronchitiden, Pneumonien und Defiziten der Lungenfunktionsparametern (GILLISSEN / SCHMIDT, 1996, 201, in WEINECK, 2000, 512). Weiterhin nimmt das Risiko eines Herztods um 30% zu, wenn man mit einem Raucher zusammenlebt (KRITZ et al., 1995, 22, in WEINECK, 2000, 511).

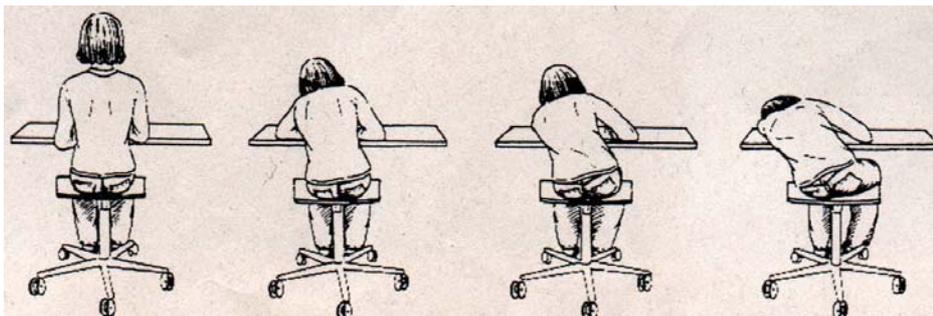
### **2.2.5. Primärprävention**

Rückenschmerzen allgemein gelten als teuerste Krankheit der westlichen Industrienationen (OCHS et al., 1998, 144). Das erstmalige Auftreten von Rückenschmerzen verlagert sich jedoch immer mehr in Richtung Kindes- und Jugendalter (DENNER, 1998, in BATHE, 2000, 3). Eine Vielzahl von Untersuchungen verweisen auf eine hohe Prävalenz von kindlichem Rückenschmerz und daher ist ein Eingreifen unbedingt notwendig (BALAGUE et al., 1996, 130; HARREBY et al. 1997, 171) . Heranwachsende leiden häufig unter Rückenschmerz, der u.a. durch rasches Wachstum, Überlastung, unpassende Sitzmöbel oder muskuläre

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

Dysbalancen bedingt ist und chronifizieren kann (BURTON et al., 1996, 2323; NADLER et al., 1998, 828).

Bei einer frühzeitig einsetzenden Primärprävention, die Maßnahmen zum Schutz gegenüber Erkrankungen bei gesunden Menschen beinhaltet (KOINZER, 1997, 3), besteht noch eine gute Chance, da sich Gewohnheiten bezüglich Haltung und Bewegung noch nicht manifestiert haben. Zum spielerischen Lernen eines langfristig gesundheitsfördernden Verhaltens eignen sich daher die sensitiven Phasen der kindlichen Entwicklung besonders. Als Beispiele dafür seien Rückenschulen für Kinder genannt (KEMPF / FISCHER, 1993, 1345; KOLLMUSS, 1996, 1842), die teilweise schon im Kindergarten, spätestens jedoch mit dem Schuleintritt empfohlen werden. Dabei wird Wert gelegt auf Haltungsschulung, optimale Ausprägung der Rumpfmuskulatur und allgemeine Gesundheitserziehung. Auch im Schulalltag besteht die Möglichkeit eines „bewegten Unterrichts“ mit Bewegungspausen und Übungen zur Mobilisation, Kräftigung und Dehnung (SCHMITZ et al., 1997, 745). Als problematisch stellt sich in der Schule die Suche nach dem richtigen Sitzmöbel dar (LENSCH, 2000, 21). Beim Sitzen verändert sich die Form der Wirbelsäule derart, dass das Becken nach dorsal rotiert und die Lendenwirbelsäule abflacht, wobei der intradiskale Druck zunimmt. Um Sitzschäden durch Überlastung der Bandscheiben bei unphysiologischer Körperhaltung zu vermeiden, wurde 1981 in Deutschland die DIN-ISO-Norm 5970 eingeführt, die die Funktionsmaße von Schulmöbeln einteilt und dem Haltungsverfall beim Sitzen vorbeugen soll (vgl. Abb. 21).



**Abb. 21: Haltungsverfall des Schülers im Verlauf des Schultages (in LENSCH, 2000, 16)**

LENSCH (2000, 26) schlägt als Ergänzung zu dieser Norm eine variable Höhenverstellung von Tischen und Stühlen vor, damit allen Schülern adäquates Mobiliar zur Verfügung steht. Nicht zu vernachlässigen ist bei Heranwachsenden die Fußmuskulatur, die bei

Abschwächung, u.a. bedingt durch Bewegungsmangel, unzureichendes Schuhwerk und Übergewicht, zu weitreichenden sekundären orthopädischen Schäden führen kann. In der Studie von JEROSCH / MAMSCH (1998, 215) resultierten bei 63,5% der untersuchten Jugendlichen (Alter 10-13 Jahre) Fußfehlhaltungen und –fehlformen. Nach KRÄMER (1994, 13) weist jeder Mensch ab dem 30. Lebensjahr degenerative Erkrankungen an den Bandscheiben auf, so dass für eine sinnvolle Primärprävention nur das Wachstum bleibt. Als Gegenmaßnahme wäre der Schulsport ein ideales Mittel, doch auf dessen defizitäre Ausprägung wird im nächsten Punkt eingegangen.

## **2.3. Schulsport**

In der Gesellschaft wird die positive präventive Rolle des Schulsports fehlerhaft eingeschätzt, da er mittlerweile seinen Aufgaben bei weitem nicht mehr gerecht wird. OERTER (in WILLIMCZIK / GROSSER, 1981, 25) verweist auf die gesellschaftliche Scheidung von Motorik und Kognition, die durch bis ins Detail strukturierte Schulen weiterhin aufrecht erhalten wird. Dabei sind die Erkenntnisse über die positiven Wirkungen des Sports und die Forderungen nach dessen Umsetzung nichts Neues, wie im Folgenden kurz umrissen werden soll. Alle Fakten stammen aus der Ausstellung „Schulsport in Deutschland“ der Universitätsbibliothek Augsburg anlässlich des 2. DLSV -Kongresses vom 6.-8. April 2000 an der Universität Augsburg.

### **2.3.1. Entwicklung des schulischen Sporttreibens**

Schon im 18. Jahrhundert wies der Philanthrop C.F. GutsMuths (1759-1839) auf die Notwendigkeit einer ganzheitlichen Erziehung von Geist und Körper hin. F.L. Jahn (1778-1852), der Gründer der deutschen Turnbewegung, schloss sich diesem Konzept an und wollte Körper und Charakter des gesamten (männlichen) Volkes in Deutschland bilden sowie seine physische und moralische Kraft im Sinne der Wehrhaftigkeit stärken. Zwischen 1820 und 1842 wurde das Turnen im Zuge der Restaurationspolitik verboten, da man die neuartigen Bewegungen als aufrührerisch bewertete. Das Konzept von Jahn wurde von A. Spieß zum Zweck des Gehorsams streng reglementiert und schrittweise zur schultauglichen Körpererziehung eingesetzt. In Bayern hob König Ludwig I. im Jahr 1826 die Turnsperr

auf und gründete die Königliche Öffentliche Turnanstalt in München, aber erst 1861 wurde der Turnunterricht nach preußischem Vorbild in den Schulen vorgeschrieben. Daraus entstand ein Bedarf an einem speziell ausgebildeten Lehrpersonal, was zur Einrichtung der Zentral-Turnanstalt in Berlin (1848) und der Zentralturnlehrerbildungsanstalt in München (1872) führte. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurden aus England stammende Sportspiele wie z.B. Fußball in Deutschland durch K. Koch populär gemacht, was der nationalpatriotischen Gesinnung der deutschen Turner arg widerstrebte. Während der Weimarer Republik entwickelten sich Turnen und Sport im allgemeinen zur Massenbewegung, wobei man den Schwerpunkt wieder auf die Ganzheitlichkeit des Menschen legte. In Berlin wurde 1920 auf der Reichsschulkonferenz die tägliche Sportstunde als Zielsetzung verabschiedet – wovon man noch heute meilenweit entfernt ist. Der Nationalsozialismus nutzte den Sport, um die Jungen zu harten, wehrhaften Soldaten und die Mädchen zu gebärfreudigen, gesunden Müttern zu erziehen, aber durch die Einschränkung des freien Spiels verarmte der Schulsport wieder. Auch war seit 1937 der Bau von Turnhallen verboten. Nach dem Krieg entwickelte sich die Sportkultur in West- und Ostdeutschland unterschiedlich. Im Westen griff man das Ganzheitsprinzip wieder auf, änderte es dann ab in das wettkampforientierte Leistungsprinzip und schuf letztendlich einen gesellschaftlichen Bezug des Sports mit Individualität des Kindes. Im Osten orientierte man sich an den sowjetischen gesellschaftspolitischen Zielen Leistung, Pflicht und Disziplin und setzte Körperkultur und Sport als ideologische Schule der Arbeiterklasse ein, was zu einer weitreichenden Verbreitung des Sports in der Bevölkerung führte.

### **2.3.2. Heutige Situation des Schulsports am Beispiel Bayern**

In der traditionellen Ausprägung mit hohen Schülerzahlen in den Klassen werden in der heutigen Zeit durch Bewegungsmangel hervorgerufene Defizite nicht annähernd kompensiert. Im Gegenteil: Nach WEINECK (2000, 386) wirkt die schulische Erziehung im Sport „*konditionierend im Sinne einer chronischen Bewegungshemmung*“. Im Jahr 1996 traten in Bayern die sogenannten Kienbaum-Maßnahmen in Kraft, die den Erweiterten Basissportunterricht (EBSU) und den Differenzierten Sportunterricht (DSU) ab dem Schuljahr 1999/2000 nicht mehr von hauptamtlichen Lehrkräften, sondern von nebenamtlich bzw. nebenberuflich tätigen arbeitslosen Sportlehrern oder Trainern durchführen lassen

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

wollten. Problematisch dabei war in der Folge, dass eben jene Zielgruppe zeitlich anderweitig gebunden war und somit ein Großteil des Schulsports ausfallen musste. Statt der vorgegebenen vier Sportstunden pro Woche wurden im Schuljahr 1999/2000 in den staatlichen Hauptschulen in Bayern gerade einmal 2,37 Stunden erteilt, in den Gymnasien 2,52 Stunden.

Tab. 12: Soll-Ist-Wert-Vergleich des Schulsports in Bayern im Schuljahr 1999/2000 (Drucksache 14/3491 des Bayerischen Landtags, 2000, 3)

	Schulart/Jahrgangsstufe							
	Grundschule			Hauptschule <sup>1</sup>	Realschule <sup>1</sup>	Gymnasium <sup>1</sup>	Berufsschule <sup>2</sup>	Wirtschaftsschule <sup>3</sup>
	Jgst. 1/2	Jgst. 3	Jgst. 4	5.-10. Jgst.	5.-10. Jgst.	5.-11. Jgst.		
Wochenstunden nach Stundentafel	2	4	3	4	4	4	1	4
Sportklassen	11 090	5 640	5 484	15 464	4 452	9 357		
Soll der Sportstunden nach Stundentafel (WSt.)	22 180	22 560	16 452	61 856	17 808	37 428	4 699	2 339
Tatsächlich erteilter Sportunterricht absolut (WSt.)	22 180	20 820	16 079	36 666	9 508	23 615	3 653	2 025
in Prozent	100	92,3	97,7	59,3	53,4	63,1	77,7	86,6
nicht erteilter Unterricht (WSt.)	0	1 740	373	25 190	8 300	13 813	1 046	314
Landesindex <sup>4</sup>	2,00	3,69	2,93	2,37	2,14	2,52		
Vorjahr	2,00	3,65	2,93	2,36	2,19	2,65		

<sup>1</sup> staatliche    <sup>2</sup> staatliche, kommunale    <sup>3</sup> staatliche, kommunale, private ohne 2-stufige Wirtschaftsschule    <sup>4</sup> tatsächlich erteilte Sportstunden pro Sportklasse

Dies führte soweit, dass Bayern als einstiges schulsportliches Musterland, in Relation zu den übrigen deutschen Bundesländern auf den vorletzten Platz absackte:

Tab.13: Situation des Schulsports in Bayern im Vergleich der Länder: Ist-Werte im Schuljahr 1999/2000 (Drucksache 14/3491 des Bayerischen Landtags, 3)

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
	BER	THÜ	BRA	BAW	SAC	RHP	SLH	HBG	NIS	MVP	NRW	SAN	BRE	HES	BAY	SAA
Hauptschule	3,00	2,95	2,94	2,94	2,84	2,80	2,74	2,71	2,70	2,65	2,63	2,62	2,56	2,54	2,36	2,01
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
	BER	BAW	BRA	SAC	RHP	THÜ	HES	SLH	HBG	NIS	MVP	NRW	SAN	BRE	BAY	SAA
Realschule	3,00	2,96	2,90	2,90	2,82	2,81	2,72	2,71	2,65	2,64	2,64	2,62	2,61	2,60	2,19	2,00
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
	BAW	BER	BRA	THÜ	RHP	SLH	SAC	HBG	NRW	HES	NIS	MVP	SAN	BRE	BAY	SAA
Gymnasium <sup>1</sup>	3,00	3,00	2,98	2,97	2,89	2,87	2,86	2,76	2,75	2,70	2,70	2,68	2,67	2,66	2,65	2,00

<sup>1</sup> Gesamt-Schule

Also wurden die bereitgestellten finanziellen Mittel umgeschichtet, damit zumindest der Basissportunterricht (BSU) von zwei Stunden pro Woche gesichert war. Nun steht man vor dem Problem, zuwenig Fachpersonal zur Verfügung zu haben, denn es müssten, falls der Sportunterricht wieder nur von hauptamtlichen Lehrkräften getragen werden sollte, rund 1880

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

Planstellen geschaffen werden, was laut dem bayerischen Staatssekretär Freller aufgrund der Reformen im Schulwesen nicht möglich sei (Bayerische Staatszeitung 42/2000, 7). Als Ziel wurden, bei einem Sollwert von vier Stunden gemäß der Stundentafel, deshalb mindestens drei Wochenstunden Sport definiert, schrittweise beginnend mit den Jahrgangsstufen 5 und 6 im Schuljahr 2000/2001 und der bayerische Ministerpräsident Stoiber sagte dies bereits zu. In der Opposition stößt jedoch dieser Vorschlag auf Kritik, denn im Hinblick auf den durch zahlreiche Untersuchungen festgestellten negativen Gesundheitszustand von Kindern und Jugendlichen müsse mehr getan werden, als den Schülern das zurückzugeben, was man ihnen vorher genommen hatte. Die bayerische Staatsregierung wurde mittels eines Antrags der SPD ersucht, sicherzustellen, dass auch die dritte und vierte Stunde des DSU von hauptamtlichen Lehrkräften durchgeführt wird. Laut KAPUSTIN (Bayerische Staatszeitung 42/2000, 7) dauere es jedoch hochgerechnet zehn Jahre, bis das Niveau von Mitte der 90er Jahre wieder erreicht ist und dies sei völlig indiskutabel. Je schneller die vierte Sportstunde konkret ins Visier genommen werde, desto besser. Da Bayern im bundesweiten Vergleich im Schuljahr 2000/ 2001 auf den letzten Rang abrutschte, verpflichtete das Kultusministerium für das Schuljahr 2001/2002 die Schulen im Lehrplan auf eine festgelegte Zahl von Sportstunden pro Woche, die sich wie folgt darstellt (persönliche Mitteilung des Bayerischen Aktionsbündnisses für den Schulsport):

- Gymnasien: 2,50 Stunden (Rückgang um 0,02 Stunden)
- Realschulen: 2,22 Stunden (Zunahme um 0,08 Stunden)
- Hauptschulen: 2,36 Stunden (Rückgang um 0,01 Stunden)

In anderen europäischen Ländern finde laut KAPUSTIN als Ergänzung zum praktischen Sportunterricht eine bzw. zwei Stunden pro Wochen Sportkunde statt, wobei die gesundheitsfördernden Aspekte des Sporttreibens in Verbindung gebracht werden mit anderen Lebensbereichen, z.B. Ernährung oder Biologie.

Auf dem Weltgipfel zum Schulsport, der vom 3.-5.11.1999 in Berlin stattfand, wurde die sogenannte Berliner Agenda entwickelt, die an Regierungen und Minister appelliert, die Rechte des Kindes, wie in der Internationalen Konvention festgeschrieben, zu sichern. Danach hat jedes Kind das Recht auf die bestmögliche Gesundheit, kostenlose und staatlich garantierte Ausbildung im kognitiven und körperlichen Bereich sowie Freizeit, Spiel und Erholung. Die Notwendigkeiten eines guten Sportunterrichts sind in der Berliner Agenda als

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

Zusammenfassung des Weltgipfels zum Schulsport wie folgt definiert (Handreichung der Sitzung des Bayerischen Aktionsbündnisses für den Schulsport am 20.01.2001 in Oberhaching):

*Guter Sportunterricht ...*

- *ist das wirkungsvollste und integrationsfördernde Mittel, jedem Kind, ungeachtet seiner Möglichkeiten / Behinderungen, Geschlecht, Alter, kultureller, ethnischer oder religiöser Zugehörigkeit, sozialem Hintergrund, die Fähigkeiten, Einstellungen, Werte, Kenntnisse sowie das Verständnis zu vermitteln, das für eine lebenslange Teilnahme an körperlichen Aktivitäten und am Sport erforderlich ist;*
- *trägt zu einer integrierten und ganzheitlichen körperlichen und geistlichen Entwicklung bei;*
- *ist das einzige Schulfach, das den Schwerpunkt auf den Körper, auf körperliche Aktivität, körperliche Entwicklung und Gesundheit legt;*
- *hilft Kindern, sich mit körperlicher Aktivität vertraut zu machen und ein Interesse dafür zu entwickeln; dies ist notwendig für eine gesunde Entwicklung und legt den Grundstein für eine gesunde Lebensweise im Erwachsenenleben;*
- *hilft Kindern, Achtung vor dem Körper zu entwickeln – vor ihrem eigenen und vor dem des Anderen;*
- *fördert das Verständnis für die Bedeutung körperlicher Aktivität bei der Gesundheitsförderung;*
- *trägt dazu bei, das Selbstvertrauen und die Selbstachtung von Kindern zu stärken;*
- *fördert die soziale Entwicklung durch Vorbereitung der Kinder auf den Umgang mit Wettbewerb, Sieg und Niederlage sowie für Kooperation und gegenseitige Unterstützung;*
- *vermittelt Kompetenzen und Wissen für eine spätere Tätigkeit in den Bereichen Sport, körperliche Aktivität, Erholung und Freizeit, einem wachsenden Arbeitsmarkt.*

Daher besteht die Notwendigkeit, Sport als Kulturgut zu schützen und mit der Zeit weiter zu entwickeln. Dazu gehört die grundlegende Vermittlung der Verbindung zwischen Kognition und Motorik an alle Bevölkerungsschichten, vor allem aber an die Eltern und Erziehungsberechtigten, da, wie schon erwähnt, die Affinität zur Bewegung von Generation zu Generation weitergegeben wird. Als zusätzliches Problem besteht die viel zu rasche ärztliche Befreiung von Heranwachsenden vom Schulsport, die laut HEFTI (94. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Kinderheilkunde und Sportmedizin in Dresden, 2000) sogar bei idiopathischen Skoliosen und Morbus Scheuermann kontraindiziert ist. Nach Befragungen sind Ärzte weiterhin bei Attesten zur Befreiung vom Sportunterricht freigiebiger als bei

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

Hauptfächern (BÖS, Staatsanzeiger vom 14.02.2000, 15). JÜNGST (1995, 1177) fordert, wenn überhaupt nötig, speziell definierte Teilfreistellungen bezüglich Belastungsform und –intensität.

Als spezielle Form des Sportunterrichts soll der Sportförderunterricht im Rahmen der Sekundärprävention genannt werden. Diese Maßnahme ist für Kinder und Jugendliche bestimmt, „deren motorische Leistungsfähigkeit durch psychomotorische Schwächen eingeschränkt ist“ (DORDEL, 1987, 359). Das Konzept hat bereits eine 150jährige Tradition (RIEDER, 1996, 54) und im Vordergrund stehen v.a. die Prävention und der Ausgleich von Koordinations-, Haltungs- und Organleistungsschwächen. Zielgruppe sind entwicklungsrückständige, haltungsschwache und allgemein motorische auffällige Kinder, die an den „normalen Leistungsstand ihrer Altersgruppe herangeführt werden sollen“ (SENF et al., 1995, 146). Aufgrund der Vielzahl von Ansprüchen kann der Sportförderunterricht leider bei weitem seine Aufgaben nicht erfüllen. Auch der Ruf des Sportförderunterrichts ist in der breiten Bevölkerung nicht der beste, da eine Randgruppe unter den Kindern und Jugendlichen gebildet wird. ZIMMER / CICURS (1987, 31) definieren die Problematik wie folgt:

*„Jede besondere Behandlung leistungsschwacher Kinder, jede Aussonderung und Differenzierungsmaßnahme prägt die Gefahr der Diskriminierung der Betroffenen in sich – auch wenn sie noch so gut gemeint und pädagogisch begründet ist.“*

HEFTI (2000) sieht ein Sonderturnen für Kinder auch unter diesen Aspekten problematisch, wie er auf der schon erwähnten Tagung in Dresden verdeutlichte. In der Schweiz werde der Sportförderunterricht als „Buckeli-Turnen“ bezeichnet und deshalb gemieden. Als Gegenmaßnahme muss nach RIEDER (1996, 56) die Aufklärung über den Sportförderunterricht als erwiesenermaßen sinnvolle Chance deutlich verbessert werden.

## II. EMPIRISCHE ERHEBUNG

### 1. Methode

#### 1.1. Zielstellung

Ziel der vorliegenden Studie war die Erhebung entwicklungsbiologischer und soziologischer Daten bei Schulkindern in der Pubertät, speziell im Alter zwischen 12 und 14 Jahren. Als Studiendesign wurde eine prospektive Querschnittsuntersuchung gewählt, die als Vorteile eine leichte Handhabung bietet, geringe Teilnehmerprobleme sowie keine Messzeitpunkt- und Testeffekte. Nachteilig daran ist, dass das individuelle Wachstum nicht direkt beobachtet werden kann (vgl. VAN T HOF in WILLIMCZIK / GROSSER, 1981, 95). In Querschnittsuntersuchungen wird der Messzeitpunkt konstant gehalten, während die Jahrgangs- und Altersgruppen variieren. Es wurden die entwicklungsbiologischen Daten, das mediale und sportliche Verhalten untersucht in Relation zu den konditionell-koordinativen Fähigkeiten, Rumpfkraft, Haltung und Beweglichkeit der Wirbelsäule. Gerade die motorisch kritische Phase der Pubertät birgt die Gefahr gesundheitlicher Spätfolgen, wie im Text beschrieben, und sollte für die Primärprävention genutzt werden.

#### 1.2. Probanden

Die hier beschriebene Querschnittsuntersuchung fand an einer ländlichen Hauptschule und einem Gymnasium im selben Ort statt. Die Wahl der Schulen war nicht willkürlich, sondern wurde aus organisatorischen Gründen getroffen. Daher kann die untersuchte Schülergruppe nicht als repräsentative Stichprobe der Jugendlichen in Deutschland definiert werden. Insgesamt nahmen 200 Schulkinder im Alter zwischen 12 und 14 Jahren an der Untersuchung teil. Dies entsprach den Jahrgangsstufen 6 und 7, wobei die Teilnehmer der 6. Klassen vollständig aus dem Gymnasium stammten, während die 7. Klassen zwischen Gymnasium und Hauptschule aufgeteilt wurden. Im Vorfeld der Studie wurde die Genehmigung der Regierung von Niederbayern, die für die Hauptschulen zuständig ist, sowie des bayerischen Kultusministeriums, verantwortlich für die Gymnasien, eingeholt (siehe Anhang). Des Weiteren wurde das örtliche Schulamt über die Erhebung informiert. Die Eltern und

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

Erziehungsberechtigten der zu untersuchenden Jugendlichen erhielten ein schriftliches Aufklärungsschreiben und eine Einverständniserklärung, die vom jeweiligen Klassenlehrer ausgehändigt wurden (siehe Anhang). Die Untersuchung fand einerseits während des Sportunterrichts in der jeweiligen Schule statt, andererseits in der LVA Rheumaklinik in Bad Füssing, so dass die Rekrutierung der Schüler/innen klassenweise erfolgte, um sowohl den Schul-, als auch Klinikbetrieb möglichst wenig zu stören. Das Forscherteam bestand aus einer Diplom-Sportwissenschaftlerin und einer Assistenzärztin mit der Ausbildung zur Physiotherapeutin.

Das Einschlusskriterium umfasste männliche und weibliche Schulkinder im Alter zwischen 12 und 14 Jahren in den Jahrgangsstufen 6 und 7. Im Vorfeld musste eine Aufklärung der Eltern und Erziehungsberechtigten erfolgen. Die Ablehnung durch einige Eltern ohne nennenswerte Gründe erschwerte die Datenaufnahme erheblich.

Als Ausschlusskriterien galten die Befreiung vom Schulsport durch ein ärztliches Attest, alle akuten, subakuten und chronischen Schmerzzustände im Bereich der Wirbelsäule, schwere Herzrhythmusstörungen bzw. Herzinsuffizienz, akute Infekte, Anfallsleiden und unzureichende Deutschkenntnisse.

### **1.3. Testbatterie**

Die Testbatterie der Untersuchung setzte sich aus insgesamt sechs Items zusammen, die im Folgenden vorgestellt werden.

#### **1.3.1. Dokumentationsbogen**

Zur Erfassung entwicklungsbiologischer Daten sowie der wöchentlichen Zeiten für sportliche Aktivität und medialem Freizeitverhalten wurde an alle Versuchspersonen vom jeweiligen Klassenlehrer der im Anhang ersichtliche Dokumentationsbogen ausgeteilt, der in der Klasse unter Aufsicht des Klassenlehrers ausgefüllt und sofort wieder eingesammelt wurde. Die Klassenlehrer wurden im Vorfeld von der Studienleitung instruiert.

Aus den entwicklungsbiologischen Daten lässt sich nach dem Konzept des Körperbauentwicklungsalters (WUTSCHERK, 1983, in SENF, 1989, 21) die Differenzierung in die biologischen Altersklassen (BAK), die finale Körperhöhe und die Körpermasse im

Verhältnis zur Norm errechnen. Bezüglich der Anwendbarkeit ist dieses Verfahren sehr ökonomisch. Dabei wird vom körperbaulichen Entwicklungszustand auf das biologische Alter geschlossen und es werden lediglich die vier folgenden Parameter benötigt: Erfassungsdatum, Geburtsdatum, aktuelle Körperhöhe, aktuelle Körpermasse. Name und Geschlecht werden als bekannt vorausgesetzt. Mit Hilfe von Tabellen kann dann das Körperbauentwicklungsalter (KEA) ermittelt werden. Die Differenz zwischen dem kalendarischen Alter und dem Körperbauentwicklungsalter ermöglicht ferner eine Klassifizierung in die drei biologischen Altersgruppen Retardierte (Spätentwickler), Normalentwickler und Akzelerierte (Frühentwickler). Dies geschieht mittels einer Klassifizierung zwischen der BAK 0 (extrem retardiert) bis BAK 7 (extrem akzeleriert). Gemäß dem Hinweis der Autoren betrifft der Gültigkeitsbereich dieser Methode den Zeitraum zwischen 9 und 13 Lebensjahren (108-156 Monate), er kann jedoch aufgrund langjähriger Erfahrung in der Talentförderung der ehemaligen DDR jeweils um ein Jahr erweitert werden.

KURZ / TIETJENS (2000, 387) wiesen auf das Problem einer standardisierten Abfrage des Kriteriums Sport hin, da nicht definiert ist, wie weit und wie differenziert der Sportbegriff gefasst werden soll. Daraus ergibt sich die Suche nach einem Kompromiss zwischen der größtmöglichen Vielfalt der sportlichen Praxis einerseits und ein vertretbarer Aufwand andererseits. Weiterhin ist es bei der Interpretation der Angaben von großer Bedeutung, dass die Regelmäßigkeit und der zeitliche Aufwand im informellen, unorganisierten Sport von den befragten Jugendlichen eher überschätzt werden. Diese Tatsache wurde im Rahmen der WIAD-Studie (2000) bestätigt. Auch sind sich beide Quellen einig, dass der durchschnittliche Höhepunkt des Sporttreibens in der 7. Jahrgangsstufe liegt und die sportliche Aktivität von der 7. bis zur 13. Klasse kontinuierlich abnimmt.

### **1.3.2. Testbatterie zur Erfassung der konditionell-koordinativen und koordinativen Fähigkeiten**

#### **Münchener Fitness-Test nach RUSCH / IRRGANG (1994)**

Erstmals wurde der Münchener Fitnesstest (MFT) als Auswahltest für den Sportförderunterricht in den Zeitschriften „Sportunterricht“ (43(1) 1994, 1-7) und „Haltung und Bewegung“ (14(1) 1994, 4-17) vorgestellt. Die Primärquelle stellt die Dissertation von RUSCH (1991) dar. Ziel dieses motometrischen Verfahrens ist die schulpraxisbezogene

Messung der körperlichen Leistungsfähigkeit bei Schülern/innen, um bei nachgewiesenen motorischen Defiziten Fördermaßnahmen (Sportförderunterricht) zu ergreifen. Als Komponenten der körperlichen Leistungsfähigkeit werden die koordinativen Fähigkeiten, visumotorische Präzision, Beweglichkeit der Wirbelsäule, Schnellkraft, Haltekraft und Organleistungsfähigkeit erfasst. Als Basis gelten die bestehenden sportwissenschaftlichen Eigenschafts- und Fähigkeitskonzepte (FETZ, 1965; FREY, 1977; BÖS, 1987). Der Gültigkeitsbereich des Tests umfasst das Alter zwischen 6 und 17 Jahren bei Heranwachsenden beiderlei Geschlechts in den entsprechenden Jahrgangsstufen. Als Aufgaben werden sechs homogene, metrisch skalierte Items erhoben, deren Rohwerte geschlechtsspezifisch mittels Normierungstabellen in T-Werte umgewandelt und zu einem Gesamtwert addiert werden. Die Aufgaben entsprechen nach SENF et al. (1995, 146) den Inhalten des Sportförderunterrichts und umfassen insgesamt sechs Stationen:

- Ballprellen (koordinativ; Umstellungs-, Gleichgewichts-, Differenzierungsfähigkeit);
- Zielwerfen (koordinativ; Orientierungs-, Differenzierungsfähigkeit);
- Rumpfbeugen (konditionell-koordinativ; Dehnfähigkeit, Gelenkigkeit);
- Standhochspringen (konditionell-koordinativ; Reaktiv-, Schnell-, Maximalkraft, Dehnfähigkeit, Gelenkigkeit);
- Halten im Hang (konditionell; Maximalkraftausdauer, Kraftausdauer);
- Stufensteigen (konditionell; anaerobe Ausdauerleistungsfähigkeit).

Letztgenannte Autoren überprüften den MFT hinsichtlich seiner Aussagekraft und Praktikabilität und befanden das Verfahren als gut geeignet. Zur Auswertung sollten jedoch nur die neueren altersspezifischen Tabellen von RUSCH (1995) verwendet werden.

### **Beintapping-Frequenztest**

Die zyklische Schnelligkeit als Bestandteil der elementaren Bewegungsprogramme gilt nach THIENES (1999, 18) als grundlegende motorische Eigenschaft, die in vielen Sportarten die zentrale Voraussetzung für hohe Leistungen darstellt. Sie ist gekennzeichnet durch die mehrfache Wiederholung gleicher bzw. ähnlicher Teilbewegungen. Die Bewegungsfrequenz ist dabei das isolierte Schnelligkeitsmerkmal und die Geschwindigkeit der Bewegungsausführung stellt ein Kriterium für die Beurteilung der koordinativen Leistungsfähigkeit dar. Von der zeitlichen Einordnung her umfasst die grundlegende

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

motorische Schnelligkeit Zeitbereiche bis maximal 10 Sekunden als Grenze der anaerob-alaktaziden Energiebereitstellung, während komplexe Schnelligkeitsleistungen (z.B. Fortbewegungsgeschwindigkeit) Intervalle bis zu 35 Sekunden ausmachen können (THIENES, 1999, 18). Es wird unterschieden nach der Bewegungsdauer und der Qualität, was zu kurzen und langen Zeitprogrammen führt (BAUERSFELD / VOSS, 1992, 18; VOSS / WITT, 1998, 43):

*Kurze Zeitprogramme* sind gekennzeichnet durch einen schnellen Impuls an die Hauptmuskeln, ausgeprägten Vorinnervationsphasen, einen steilen Anstieg der Hauptaktivität mit einer Aktivitätskonzentration in der ersten Hälfte der Arbeitsphase sowie eine gute Koaktivierung zwischen den Hauptmuskeln. Als zeitliche Dauer werden Bereiche unter 170 ms angegeben (BAUERSFELD / VOSS, 1992, 18; VOSS / WITT, 1998, 43).

*Lange Zeitprogramme* weisen keine schnelle direkte Ansteuerung der Hauptmuskeln auf. Die Vorinnervationsphasen sind geringer bzw. nicht vorhanden und der Aktivitätsverlauf ist geprägt durch Phasen geringerer Aktivität, Plateauphasen oder Einsattelungen.

Zur leistungsdiagnostischen Erfassung motorischer Schnelligkeitsleistungen müssen nach THIENES (1999, 19) drei Kriterien erfüllt sein:

- Äußere Widerstände müssen unterhalb von 30% der individuellen isometrischen Maximalkraft liegen.
- Die Bewegungsdauer soll maximal 10 Sekunden umfassen.
- Die Testaufgaben müssen von geringer Komplexität sein und geringe Präzisionsanforderungen an die Testperson stellen.

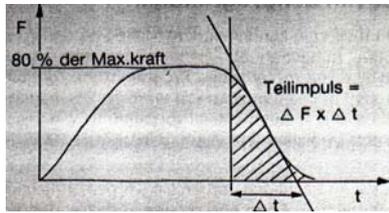
Hinsichtlich der zyklischen Schnelligkeit werden nach THIENES (1999, 19) zwei Grundformen unterschieden, nämlich einerseits die *Alternation* von rechter und linker Extremität und andererseits die *Wiederholung* des Einsatzes entweder einer Extremität (einseitig) oder simultan (rechts und links gleichzeitig). Weiterhin sind zyklische Bewegungen differenziert in „geführte“ und „freie“ Bewegungen. Bei ersteren ist die räumliche Struktur der Teilbewegungen und die Bewegungsebene durch mechanische Vorrichtungen vorgegeben, während „freie“ Bewegungen durch koordinative Prozesse und die Struktur der beteiligten Gelenksysteme konstant gehalten werden. Die Frequenz als Merkmal wird in der Bewegungslehre als Anzahl der Einzelzyklen in einem definierten Zeitintervall angegeben und in der Einheit Hertz (Bewegungen pro Sekunde) gemessen. Nach

BRYAN (1892, 150) wird die maximale Frequenz im mittleren Amplitudenbereich realisiert, was eine Optimierungstendenz von Frequenz und Amplitude impliziert (THIENES, 1999, 22).

Nach FISCHER / LEHMANN (1989, in BAUERSFELD / VOSS, 1992, 26) und THIENES (1999, 20) ist der Beintapping-Frequenztest zur Erfassung der zyklischen Schnelligkeit gut geeignet, da er kleinräumige, maximal schnelle Bewegungen ohne äußeren Widerstand misst und die Forderung nach geringer Komplexität und Präzision erfüllt. Die hier getestete Frequenzschnelligkeit ist nach ROTH (in WILLIMCZIK / GROSSER, 1981, 175) in hohem Maße abhängig von anthropometrischen Merkmalen wie die Extremitäten-Rumpf-Hebelverhältnisse sowie der Viskosität des Muskels, der dynamischen Kraft der Muskulatur und der Rekrutierung und Frequenzierung motorischer Einheiten. Maximal schnelle Bewegungsrealisierungen gelten als „programmgesteuert“, was bedeutet, dass während der Ausführung keine bewusste Korrektur mittels Rückmeldungsprozessen möglich ist (VOSS / WITT, 1998, 43; THIENES, 1999, 19). Die Steuerzentrale des Großhirns wird hierbei nicht involviert, da vor allem das Kleinhirn und die Basalganglien bei schnellsten Bewegungsausführungen mitwirken (STEGEMANN, 1984, 102; MÜLLER / KONCZAK, 1995, 673-674). Die Entladungsfrequenz der Motoneurone und die Verteilung der schnellkontrahierenden Muskelfasern nimmt vom Kopf zu den Füßen hin ab (ISRAEL, 1976, 119-120). Daraus folgt, dass die untere Extremität für maximal schnelle Bewegungen weniger geeignet ist. Die individuelle Verteilung der schnellkontrahierenden FT-Fasern ist sowohl genetisch bedingt (THIENES, 1999, 19), als auch bedingt trainierbar (BAUERSFELD / VOSS, 1992, 17).

Als weitere leistungsbestimmende Einflussgröße gilt die schnelle Entspannungsfähigkeit der Muskulatur nach der Kontraktion. Dabei spielen die Art der Muskulatur (FT- oder ST-Fasern) und die Energiebereitstellung eine wichtige Rolle. HOLLMANN / HETTINGER (1990, 35) nennen dazu die „Weichmacherfunktion des ATP“, die sich in einer verminderten Entspannungsfähigkeit der Muskulatur bei zunehmender Ausschöpfung der ATP-Depots äußert. Nach BAUERSFELD / VOSS (1992, 27) bedeutet jedoch eine sehr kurze Entspannungszeit oder ein sehr steiler Abfall der Krafttangente im Kraft-Zeit-Verlauf allein kein ausreichendes Entspannungsverhalten. Der sogenannte Teilimpuls in der Entspannungsphase nach FISCHER (1989, in BAUERSFELD / VOSS, 1992, 27) verdeutlicht ein optimales Verhältnis zwischen An- und Entspannung, was bei hohen Frequenzen, z.B.

beim Beintapping, gefordert wird (vgl. Abb.22). Der Zusammenhang zwischen dem Teilimpuls und der Beintappingfrequenz ist statistisch nachweisbar.



**Abb. 22: Teilimpuls in der Entspannungsphase beim Muskelentspannungstest als Ausdruck der Kraft-Zeit-Charakteristik (in BAUERSFELD / VOSS, 1992, 27)**

Bei der maximal schnellen Bewegungsausführung wird nicht das sonst übliche Rekrutierungsprinzip nach HENNEMAN eingehalten, wonach zuerst langsame kleine motorische Einheiten arbeiten und bei intensiverer Muskelarbeit größere Einheiten rekrutiert werden. Dies gilt nur in Bezug auf die Ansteuerung der Muskulatur (NOTH, 1994, 38). Maximal schnelle Bewegungen bewirken eine Verkürzung der Aktivierungsintervalle und eine veränderte Innervationsfolge, so dass die Erregung der schnellen motorischen Einheiten hier zuerst erfolgt (DESMEDT / GODEAUX, 1977, 690). Die Bewegungsschnelligkeit wird dann durch eine höhere Frequenzierung gesteigert (FREUND / BÜDINGEN, 1978, 10), wogegen durch eine weitere Rekrutierung ein Anstieg der Kontraktionskraft erfolgt (SALE, 1994, 255).

Beim Beintapping-Frequenztest geben FISCHER / LEHMANN (1989, in BAUERSFELD / VOSS, 1992, 26) eine Dauer von 6 Sekunden bei 12 Hertz (Wiederholungen pro Sekunde) vor. Bei mehr als 12 Hertz liegt ein kurzes zyklisches Zeitprogramm vor, während Werte unter 12 Hertz ein langes Zeitprogramm implizieren. Daraus lässt sich ein Schnelligkeitsquotient zur möglichen Talentbestimmung ermitteln (LEHMANN, 1993, 15).

VOSS / WERTHNER (1994, 19) differenzieren zyklische Zeitprogramme weiterhin in zwei Messzeiträume, nämlich Tappingfrequenz (0-6 Sekunden) und Tappingausdauer (7-20 Sekunden). Auch BAUERSFELD / VOSS (1992, 85) geben für den Nachwuchsbereich nur 6 Sekunden an. In der vorliegenden Studie wurde jedoch eine Testdauer von 10 Sekunden gewählt, da untrainierte Jugendliche über keinen Erfahrungsschatz an maximal schnellen Bewegungen verfügen und daher länger brauchen, um den Rhythmus zu finden. Die Messung erfolgte im Sitzen mit einer Kontaktmatte und der dazugehörigen Software Version 1.7 des Lehrstuhls für Bewegungs- und Trainingslehre der Technischen Universität München.

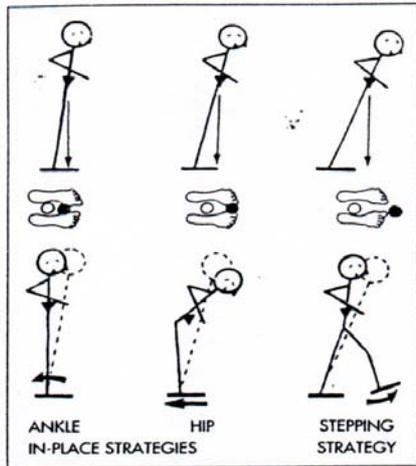
## **Biodex Stability System**

Im Allgemeinen gilt die Balance als die Fähigkeit, den Körperschwerpunkt über der Standfläche des Körpers zu halten (COOGLER, 1992, 54). Die Gleichgewichtsfähigkeit ist ein komplexer koordinativer Prozess unter Beteiligung des visuellen und vestibulären Analysators sowie des somatosensorischen Systems, die zur optimalen Orientierung durch die „sensorische Organisation“ abgestimmt werden (NASHNER, 1990, 5). Nach KENNEDY et al. (1989, 329) übernehmen die Bandstrukturen eines Gelenks mechanisch stabilisierende Funktionen, geben aber auch neurologische Rückkopplung an die motorischen Steuerungszentren bezüglich muskulärer Gelenkstabilisation durch Reflexe. Dies geschieht über Mechanorezeptoren und ermöglicht die Propriozeption und Rückmeldung der Gelenksstellungen im Sinne der Verletzungsprophylaxe. Die Gleichgewichtsfähigkeit wird durch die eingangs erläuterten motorischen Zentren des Zentralnervensystems (ZNS) beeinflusst und sie weist nach REILLY et al. (1997, 40) ihr Maximum am späten Vormittag auf. Die Rezeptoren des Gleichgewichtsorgans befinden sich im Vorhof und den Bogengängen des inneren Ohres (TITTEL, 2000, 360) und tragen an ihren freien Enden feine Härchen, die in eine Gallertschicht (Statolithenmembran) hineinragen. Bei Bewegungen des Körpers im Raum drücken sich die Statolithen entweder in die Membran oder ziehen an ihr und diese Erregungen werden vom N. vestibulocochlearis dem Kleinhirn zugeleitet. Die Motorik wird dabei auf drei verschiedenen Ebenen vom ZNS gesteuert (TYLDESLEY / GRIEVE, 1989, 269), i.e. auf spinaler Ebene (Muskelspindeln), der Ebene des Hirnstamms (Gelenkrezeptoren, Vestibularorgan, visueller Analysator) sowie über die höchsten Zentren (Motorkortex, Basalganglien, Kleinhirn). Bei gleichgewichtserhaltenden und posturalen Aktivitäten, wie sie das Biodex- Analysegerät für die unteren Extremitäten bietet, werden die die Motorik steuernden Prozesse im Hirnstamm angeregt (LOSSE et al., 1994, American Orthopaedic Society for Sports Medicine Special Day Meeting). Die unteren Extremitäten arbeiten dabei im geschlossenen System mit neurosensorischen Informationen aus Sprung-, Knie- und Hüftgelenk.

In der Literatur werden drei Bewegungsmuster bei Gesunden beschrieben, um anterior-posteriores Ungleichgewicht zu korrigieren (HORAK et al., 1989, 730; NASHNER, 1990, 7): eine „ankle strategy“, „hip strategy“ und „stepping strategy“ (vgl. Abb.23). Erste wird bei der Verlagerung des Körperschwerpunkts beim Gehen durchgeführt, wobei die zweite durch

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

Korrekturbewegungen der Hüftflexion und -extension unterstützt. Die „stepping strategy“ ist das letzte Mittel, das Gleichgewicht zu halten, wenn die beiden anderen nicht wirksam sind.



**Abb. 23: Strategien zur Erhaltung des Gleichgewichts (in COOGLER 1992, 78)**

Mit dem Testgerät können auch über Geschlecht, Altersgruppen und sportartspezifische Unterschiede bei Testpersonen Aussagen gemacht werden (FRANCE et al., 1992, 133).



**Abb. 24: Biodex Stability System**

Das elektronische „Biodex Stability System“ der Firma Proxomed (siehe Abb.24) ermöglicht eine Quantifizierung des Gleichgewichtsverhaltens und der neuromuskulären Kontrolle und macht Aussagen über die dynamische und statische Gleichgewichtsfähigkeit auf instabilem Untergrund (TESTERMAN et al., 1999, 317). Ziel ist die Förderung und Kontrolle des propriozeptiven neuromuskulären Mechanismus bezüglich der dynamischen und unilateralen Band- und Muskelstabilität (SPERLING, 1999, 24). Der Grad der Instabilität wird über einen Mikroprozessor gesteuert und ist anhand einer achtstufigen Skala einstellbar, wobei die maximale Auslenkung der Plattform 20 Grad beträgt. Dadurch werden die Gelenkrezeptoren angeregt sowie reflektorische Muskelkontraktionen zur Gelenksstabilisierung, ohne das Sprunggelenk zu überlasten. Stufe 1 entspricht dem Maximum an Instabilität, während Stufe 8 als fast stabil eingestuft wird. Als Messparameter für die Gleichgewichtsfähigkeit der Testperson wird der Stabilitätsindex ausgegeben, der den Durchschnitt der Abweichung bzw. Neigung der Plattform im Verhältnis zur Ausgangsposition im Zentrum darstellt. Je höher der Stabilitätsindex ausfällt, desto geringer ist die Gleichgewichtsfähigkeit ausgeprägt. Leider gibt es für die in dieser Studie untersuchte Altersgruppe noch keine Referenzdaten, wobei jedoch jüngere Menschen über bessere Gleichgewichtsfähigkeiten verfügen als Ältere (HORAK et al., 1989, 738).

In der vorliegenden Arbeit wurde bei jeder Versuchsperson ein bilateraler statischer Gleichgewichtstest in der Schwierigkeitsstufe 2 über die Dauer von 30 Sekunden durchgeführt. LEPHART (1993, 137) empfiehlt aufgrund seiner Untersuchung zur Reliabilität bei diesem Gerät zwei Vorversuche, um mögliche Lerneffekte auszuschalten. Die Testpersonen standen beidbeinig mittig auf der Plattform in einer physiologischen hüftbreiten Fußstellung. Die Koordinaten der Fußpositionierung wurden erfasst. Die Knieflexion betrug rund 10-15 Grad. Die Arme hingen locker neben dem Körper und die Tests erfolgten mit offenen Augen. Die Versuchspersonen wurden im Vorfeld standartisiert instruiert und mussten dann über die Dauer von 30 Sekunden das Gleichgewicht halten. Die resultierenden Stabilitätsindices wurden ausgedruckt und erfasst.

### **1.3.3. Testbatterie zur Erfassung des Wirbelsäulenstatus**

#### **IPN-Back Check**

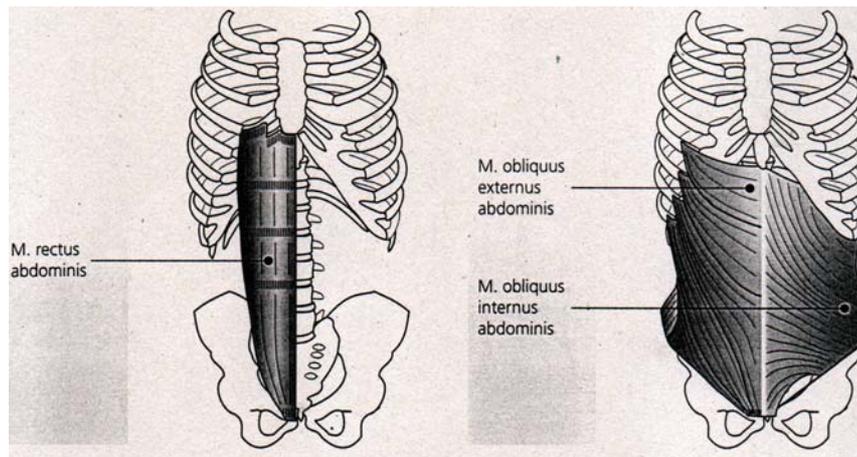
Das Analysegerät „Back Check 600“ (siehe Abb.25) wurde vom Institut für Prävention und Nachsorge in Köln in Zusammenarbeit mit der Firma Dr. Wolff Sports & Prevention entwickelt. Nach SCHLÄCHTER (2001, 58) besteht ein großer Vorteil isometrischer Kraftmessungen in der einfachen Handhabung, den relativ niedrigen Kosten sowie der allgemein hohen Reliabilität. Der Back Check weist nach SCHLÄCHTER (2001, 71) in der Sagittalebene eine hohe Reliabilität auf. Im Kontext mit der hohen Prävalenz von Rückenschmerzen wird dem Funktionszustand der Rumpfmuskulatur eine wichtige Bedeutung eingeräumt, da laut HINRICHS (1987, 44) in rund 80% der Beschwerdefälle eine defizitäre muskuläre Rumpfstabilisierung besteht. Mit dem Back Check wurde in der vorliegenden Studie die isometrische Maximalkraft der Rumpfmuskulatur in Flexion und Extension gemessen sowie die maximale Kraft im Schulter-Arm-Bereich beim Bankziehen. Die Positionierung erfolgte im aufrechten Stand, also im geschlossenen System, um beim Test die alltäglichen Belastungen des Stütz- und Bewegungsapparates unter Einhaltung der physiologischen Lendenlordose nachzuempfinden (EGGLI, 1992, in OCHS et al., 1998, 148; ANDERSEN et al., 1995, 171; SCHLÄCHTER, 2001, 59). Nach OCHS et al. (1998, 147) hat diese Methode eine hohe gesundheitliche Verträglichkeit (vgl. auch HASUE et al., 1980, 148; SLANE, 1992, 30), da keine schmerzfördernden spinalen Bewegungen stattfinden.



**Abb. 25: Back Check**

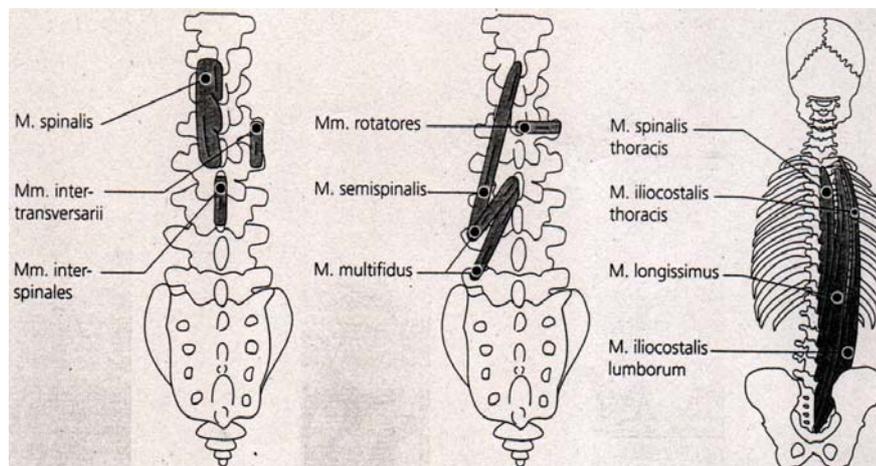
Die Messaufnehmer wurden einheitlich auf Höhe des Sternums ventral und dorsal bei einem festgelegten Winkel von  $20^\circ$  im oberen Sprunggelenk und fixiertem Becken angebracht. Die Arme wurden vor dem Bauch gekreuzt, um eine Verfälschung der Messung durch Schwungholen zu vermeiden. Durch die auf gleicher Höhe fixierten Messaufnehmer können die in die Einheit Newton transformierten Kraftwerte bei Flexion und Extension in Proportion gesetzt werden, wobei bekannt ist, dass die Dorsalextensoren bei gesunden Männern und Frauen kräftiger als die Flexoren sind (OCHS et al., 1998, 149).

Die Flexion des Rumpfes wird erreicht durch die beidseitige Kontraktion des M. rectus abdominis unter Mithilfe der Mm. obliqui internus et externus abdominis (DANIELS / WORTHINGHAM, 1982 in DENNER, 1998, 23; siehe auch Abb.26).



**Abb. 26: Hauptfunktionsmuskulatur für die Flexion des Rumpfes (in DENNER, 1998, 23)**

Die Extension des Rumpfes erfolgt durch die beidseitige Kontraktion folgender Anteile des M. erector spinae: interspiniales System, transversospinales System und lateraler Muskelstrang (DENNER, 1998, 22; siehe auch Abb.27).



**Abb. 27: Interspiniales und transversospinales System sowie laterale Anteile des M. erector spinae (in DENNER, 1998, 22)**

Nach KAPANDJI (1985, 87) vollzieht sich die Lateralflexion des Rumpfes durch einseitige Kontraktion der Mm. intertransversarii sowie des lateralen Muskelstrangs des M. erector spinae.

Das Analysegerät Back Check misst aus biomechanischer Sicht ein Drehmoment, wobei der von ventral und dorsal fixierte Beckenkamm eine Drehachse darstellt. Das Drehmoment wird gebildet aus dem Produkt der Kraft und dem Abstand zur Drehachse. Nach BATHE (2000,

20) setzt sich jedoch die hier gemessene Kraft als Summe aus mehreren Drehmomenten zusammen, da die Bauchmuskulatur ihren Ansatz nicht am Sternum auf Höhe des Messaufnehmers hat und daher jeder einzelne Wirbel als Drehachse wirkt. Nicht nur anthropometrische Daten wie das Alter, Geschlecht und Körpergewicht haben Auswirkung auf die Kraftfähigkeit, sondern auch die Körpergröße im Sinne des Abstands der Fixierungspolster und der Messaufnehmer. Je höher die Körpergröße der Testperson ist, desto größer wird der Abstand zwischen dem Fixierungspolster und Messaufnehmer, was zur Folge hat, dass bei kleineren Testpersonen die erhobenen Drehmomente höher zu bewerten sind als bei größeren Testpersonen. Um inter- und intraindividuelle Unterschiede aufzeigen zu können, müssen daher die gemessenen Kraftwerte mit Hilfe einer Regressionsgleichung an Alter, Geschlecht, Körpergewicht und -größe angepasst werden (nach BATHE, 2000; siehe Abb.28).

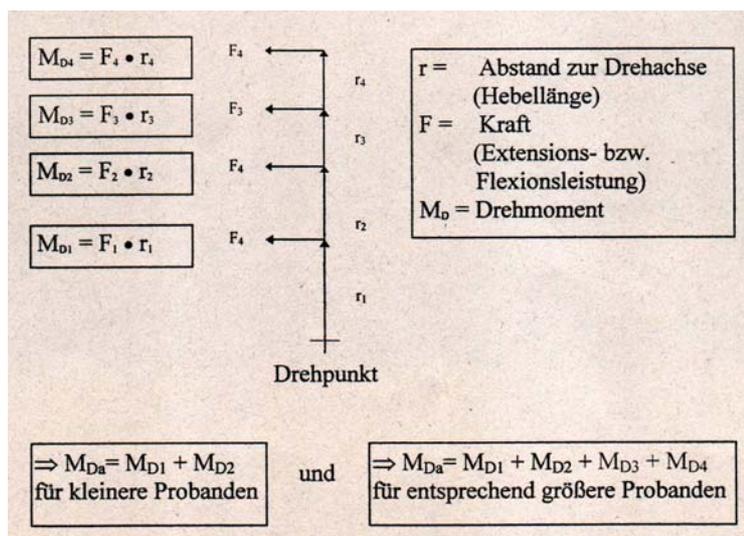


Abb. 28: Hebelverhältnisse des Back Check (in BATHE, 2000, 20)

Bei der Datenerhebung wurde in jede Bewegungsrichtung jeweils ein Versuch durchgeführt, wobei vorher eine standardisierte Instruktion erfolgte. Bei maximalem Einsatz der Bauchmuskulatur wurde etwa 3 bis 5 Sekunden lang Druck auf den ventralen Messaufnehmer ausgeübt, wobei auf gleichzeitige Ausatmung zu achten war. Der Druck gegen das Polster ist langsam aufzubauen, um keine verfälschenden Kraftspitzen zu produzieren. Analog wurde die Dorsalextension durchgeführt.

Nach BATHE (2000, 25) können geringe Fehlerquellen bei der Einstellung der Polster auftreten, die die Messaufnehmer enthalten, da hier nur eine grobe Skalierung vorliegt. Auch

die Motivation der Testperson hat Einfluss auf das Testergebnis. Hier wurde auf eine standardisierte Instruktion und saubere Ausführung geachtet und bei unrealistischen Kraftwerten wurde die Messung wiederholt.

### **Zebris CMS**

Das 1989 entwickelte ultraschallgesteuerte Meßsystem „CMS-Coordinate Measuring System“ der Firma Zebris stellt eine gut geeignete Möglichkeit zur Objektivierung und Dokumentation von klinischen Wirbelsäulenuntersuchungen dar (SANDER / LAYER, 1993; SCHREIBER / BROCKOW, 1994; SMOLENSKI, 1996; VOGT / BANZER, 1997, alle in DALICHAU et al., 2000, 15). Bei der nichtinvasiven Messung wird die Testperson keiner belastenden Strahlung wie z.B. beim Röntgen ausgesetzt und es sind alle Hauptgütekriterien erfüllt (DALICHAU, 2000, 20). Das Gerät beinhaltet einen Messaufnehmer mit drei digitalen Mikrofonen sowie entsprechende Mikrorechner zur volldigitalisierten Signalverarbeitung (SCHREIBER in SCHOLLE et al., 1994, 29). Mit Hilfe kleiner Ultraschallsender in Form von Einzelmarkern bzw. eines Ultraschall-Abtaststiftes werden Referenzpunkte am Schulter- und Beckengürtel sowie über entsprechende Dornfortsätze der Brust- und Lendenwirbelsäule markiert. Während der Messung senden die Ultraschallsender Impulse aus, die von den Mikrofonen des Messaufnehmers empfangen werden. Durch die Bestimmung der Laufzeiten zu den Mikrofonen werden über Triangulation die absoluten dreidimensionalen Raumkoordinaten der Markierungen errechnet (WINSPIRE 1.25) sowie graphisch und tabellarisch dargestellt. Nach DALICHAU et al. (2000, 15) beträgt die relative Winkelmessgenauigkeit  $\pm 0,5^\circ$  bei einer Messauflösung von 0,1mm.



**Abb. 29: Zebris CMS-System: Messung mit dem Taststift**

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

In der vorliegenden Untersuchung wurde der „Pointer Mobility Test“ (Erfassung der Oberflächenkontur der Wirbelsäule mit dem Taststift; siehe Abb.29) gewählt, deren Reproduzierbarkeit, Reliabilität und interne Validität von HIMMELREICH et al. (1998) und SCHREIBER et al. (1998, beide in DALICHAU / SCHEELE, 1999, 140) mit „annehmbaren“ bis „sehr guten“ Korrelationskoeffizienten bewiesen wurden. Durch zusätzliche Markierungspunkte an Schultern und Becken sind Aussagen über die Haltung, einen Beckenschiefstand, einen Schulter-Becken-Rotation und über skoliotische Fehlstellungen der Wirbelsäule möglich (BRÜHL-SEGENDORF / OBENS in BINKOWSKI et al., 1997, 163). Die Testpersonen wurden innerhalb des maximalen Messabstands von 2,5 Metern stehend positioniert. Ein Dreifachmarker an einem Klettband wurde am Beckengürtel unterhalb der beiden hinteren oberen Darmbeinstachel fixiert. Nun erfolgte die Markierung von zusätzlichen Referenzpunkten am Schultergürtel (rechtes und linkes Acromionneck) sowie am Beckengürtel (rechte und linke spina iliaca posterior und anterior superior, i.e. SIPS und SIAS). Die Wirbelsäule wurde in aufrechtem Stand über die Dornfortsätze von cranial nach caudal (7. Halswirbel bis Beginn der rima ani) dreimal abgetastet, analog in maximaler Flexion, Extension und beidseitiger Lateralflexion. Alle Messungen wurden von dem selben, palpatorisch optimal geschulten Untersucher durchgeführt, so dass eine maximale Untersucherkonkordanz vorliegt (BERNHARDT / BANZER, 1998, 200). Zur statistischen Auswertung herangezogen wurden die Winkel von Kyphose, Lordose und Inklination im aufrechten Stand, die Parameter von Flexion, Extension und beidseitiger Lateralflexion. Ziel der Messungen war die Erfassung der Beweglichkeit der Wirbelsäule in allen Segmenten sowie der allgemeinen Haltung.

## **2. Ergebnisse**

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm SPSS für Windows, Version 10.0. Die linearen Zusammenhänge bzw. deren Grade wurden durch die bivariate Korrelationsanalyse (Korrelationskoeffizient nach Spearman) berechnet. Um einer Kumulation des Alpha-Fehlers entgegenzutreten, wurde die Bonferroni-Korrektur der einzelnen Signifikanzen durchgeführt (vgl. DIEHL / STAUFENBIEHL, 2001, 305). Im ersten Unterpunkt der Hypothesen beträgt die Signifikanz daher  $p \leq 0,017$  (entspricht  $\alpha = 0,05$  dividiert durch die Anzahl der Tests, hier 3). Im zweiten Unterpunkt gilt  $p \leq 0,003$  (entspricht  $\alpha = 0,05$  dividiert durch 16 Tests).

Weiterhin wurden lineare Regressionsanalysen durchgeführt, um die funktionale Art des Zusammenhangs zu prüfen.

Mittelwertsunterschiede wurden mit Hilfe des nonparametrischen Äquivalents des T-Tests, dem Mann-Whitney-Test, berechnet. Die Prüfung auf Normalverteilung erfolgte mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test.

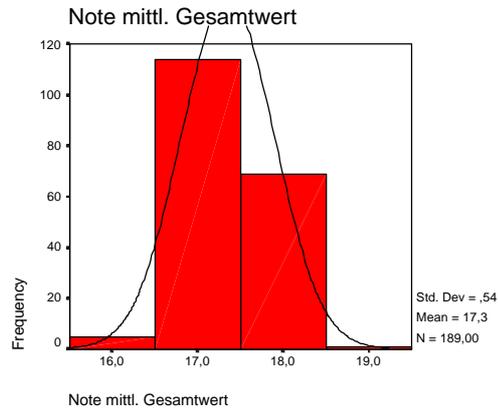
Vor der Ergebnisdarstellung der einzelnen Hypothesen werden die deskriptiven Statistiken der konditionell-koordinativen und koordinativen Parameter sowie der Wirbelsäulenparameter aufgezeigt, da sie für alle Hypothesen gleichermaßen gelten.

### **2.1. Deskriptive Statistik**

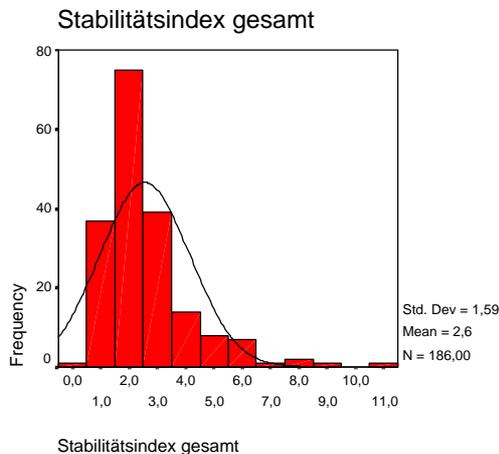
#### **2.1.1. Deskriptive Statistik der konditionell-koordinativen und koordinativen Fähigkeiten**

Bei der Erhebung der mittleren Gesamtnote des MFT nahmen insgesamt 189 Testpersonen teil, davon 76 männliche und 113 weibliche. Der Mittelwert liegt bei 17,36 (Minimum 16,0, Maximum 19,0), was der Note „befriedigend“ entspricht. Der Median ist 17,00, die Standardabweichung 0,54. Normalverteilung liegt nicht vor.

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

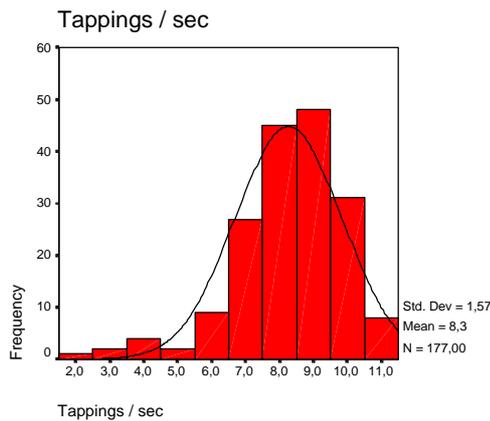


Die Messung des Gesamtstabilitätsindex (Biodex) wurde von insgesamt 186 Testpersonen absolviert, davon 74 männlich und 112 weiblich. Der Mittelwert liegt bei 2,594 (Minimum 0,4, Maximum 10,6). Der Median ist 2,20, die Standardabweichung 1,634. Normalverteilung liegt nicht vor.



Die Fuß-Tappings führten insgesamt 177 Testpersonen durch, davon 74 männlich und 103 weiblich. Der Mittelwert liegt bei 8,28 Taps/sec (Minimum 4,0 Taps/sec, Maximum 11,4 Taps/sec). Der Median ist 8,40, die Standardabweichung 1,59. Normalverteilung liegt nicht vor.

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder



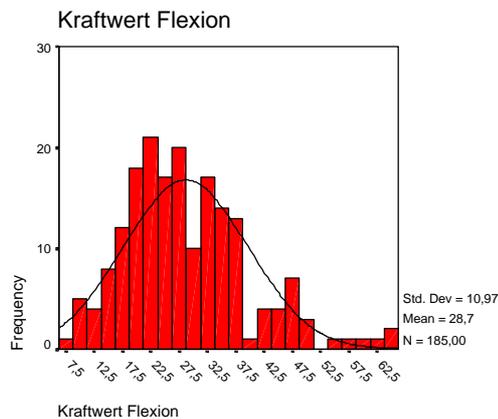
## 2.1.2. Deskriptive Statistik der Wirbelsäulenparameter

### - IPN Back Check:

Bei der Messung der wirbelsäulenumgebenden Rumpfkraft nahmen insgesamt 185 Testpersonen teil.

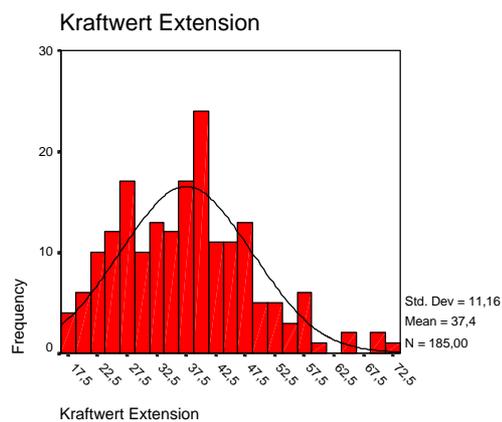
Der mittlere Kraftwert der Flexion beträgt 29,245 kg (Minimum 7,5 kg, Maximum 62,5 kg).

Der Median ist 27,55, die Standardabweichung 11,533. Normalverteilung liegt nicht vor.

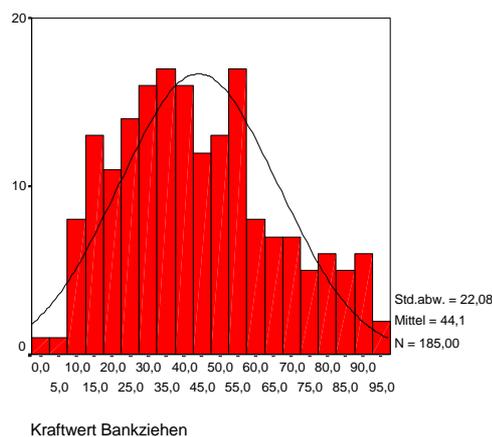


Bei Betrachtung der Extension ergibt sich ein Mittelwert von 38,617 kg (Minimum 17,5 kg, Maximum 72,5 kg). Der Median ist 38,77, die Standardabweichung 11,578. Normalverteilung liegt vor.

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder



Der Mittelwert des Bankziehens liegt bei 45,123 kg (Minimum 2,0 kg, Maximum 91,5 kg). Der Median ist 40,8, die Standardabweichung 22,270. Normalverteilung liegt nicht vor.

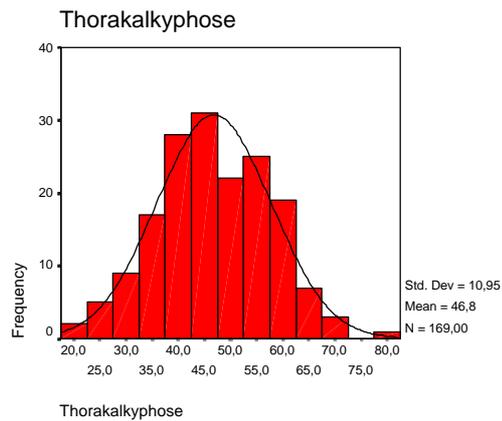


### - Zebris CMS-System (Haltung):

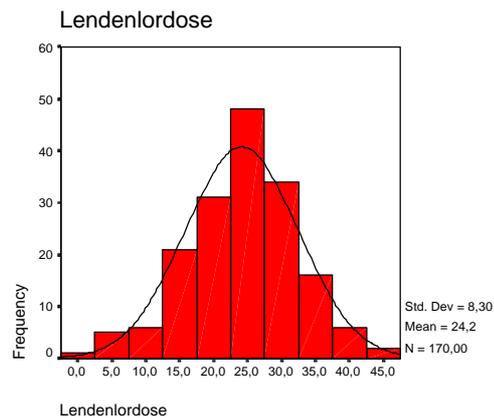
Zur Erfassung der Haltung wurden die Winkelgrade der Brustkyphose, der Lendenlordose und des Sacralwinkels im aufrechten Stand erhoben. Insgesamt wurde bei 169 Versuchspersonen (71 männlich, 98 weiblich) die Thorakalkyphose und bei 170 Versuchspersonen (72 männlich, 98 weiblich) die anderen beiden Winkel erhoben.

Der Mittelwert der Thorakalkyphose beträgt  $46,82^\circ$  (Minimum  $20,0^\circ$ , Maximum  $79,0^\circ$ ). Der Median ist 46,5, die Standardabweichung 10,98. Normalverteilung liegt vor.

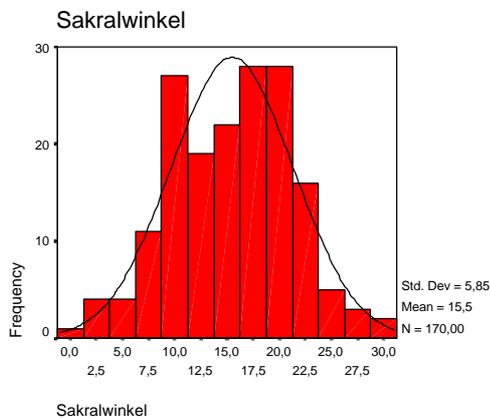
# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder



Der mittlere Wert der Lendenlordose liegt bei  $24,17^\circ$  (Minimum  $1,0^\circ$ , Maximum  $46,0^\circ$ ). Der Median ist  $24,5$ , die Standardabweichung  $8,35$ . Normalverteilung liegt nicht vor.



Der Mittelwert des Sacralwinkels beträgt  $15,44^\circ$  (Minimum  $1,0^\circ$ , Maximum  $31,0^\circ$ ). Der Median ist  $16,0$ , die Standardabweichung  $5,86$ . Normalverteilung liegt nicht vor.



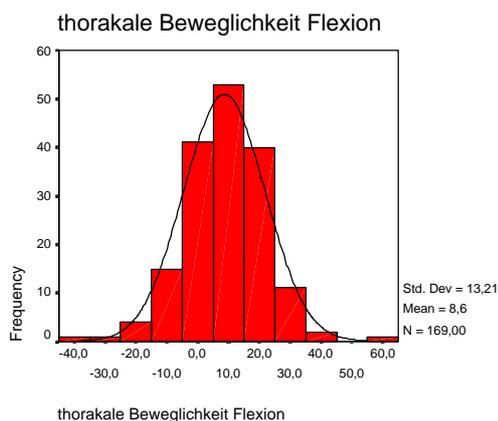
# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

## - Zebris CMS-System (Beweglichkeit):

Insgesamt wurde die Untersuchung der Beweglichkeitsparameter bei 169 Versuchspersonen (72 männlich, 97 weiblich) durchgeführt. Zur Erfassung der Beweglichkeit der Wirbelsäule wurde die thorakale und lumbale Beweglichkeit in Flexion, Extension und beidseitiger Lateralflexion erhoben. Weiterhin wurde die Beckenbeweglichkeit in Flexion und Extension erfasst.

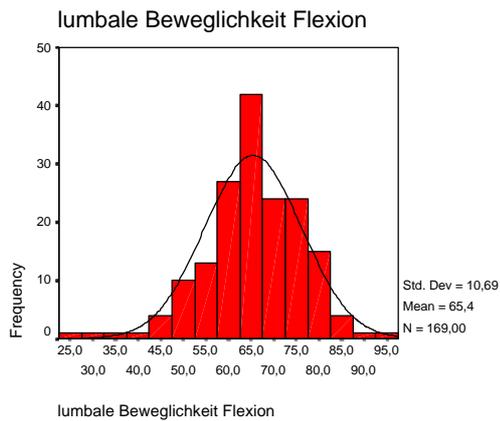
### FLEXION:

Die thorakale Beweglichkeit in Flexion weist einen Mittelwert von  $8,83^\circ$  auf (Minimum  $-39,0^\circ$ , Maximum  $61,0^\circ$ ). Der Median ist  $10,0$ , die Standardabweichung  $12,90$ . Normalverteilung liegt vor.

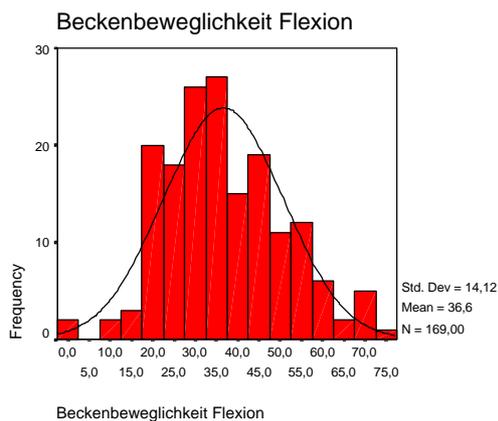


Der Mittelwert der lumbalen Beweglichkeit in Flexion beträgt  $65,44^\circ$  (Minimum  $26,0^\circ$ , Maximum  $96,0^\circ$ ). Der Median ist  $66,0$ , die Standardabweichung  $10,72$ . Normalverteilung liegt nicht vor.

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder



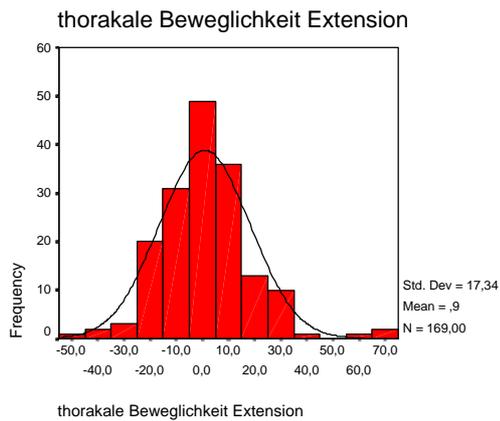
Die Beckenbeweglichkeit in Flexion ist im Mittel  $36,66^\circ$  (Minimum  $-2,0^\circ$ , Maximum  $76,0^\circ$ ). Der Median ist  $35,0$ , die Standardabweichung  $14,13$ . Normalverteilung liegt nicht vor.



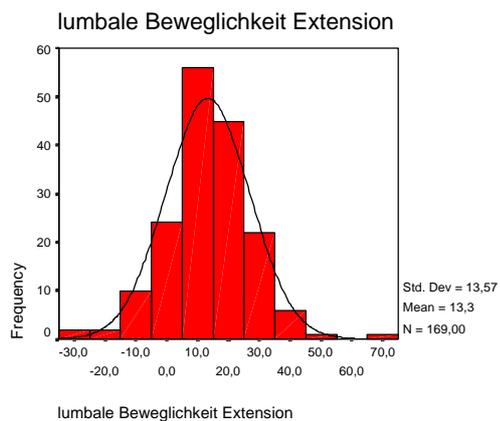
## EXTENSION:

Der Mittelwert der thorakalen Beweglichkeit in Extension beträgt  $0,77^\circ$  (Minimum  $-52,0^\circ$ , Maximum  $67,0^\circ$ ). Der Median ist  $0,5$ , die Standardabweichung  $17,34$ . Normalverteilung liegt nicht vor.

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

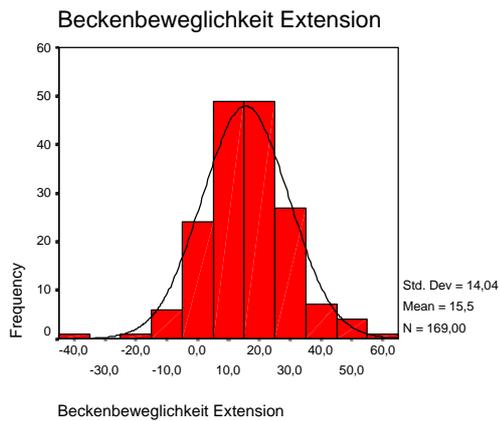


Der mittlere Wert der lumbalen Beweglichkeit in Extension liegt bei  $13,31^\circ$  (Minimum  $-31,0^\circ$ , Maximum  $70,0^\circ$ ). Der Median ist  $13,0$ , Standardabweichung  $13,60$ . Normalverteilung liegt nicht vor.



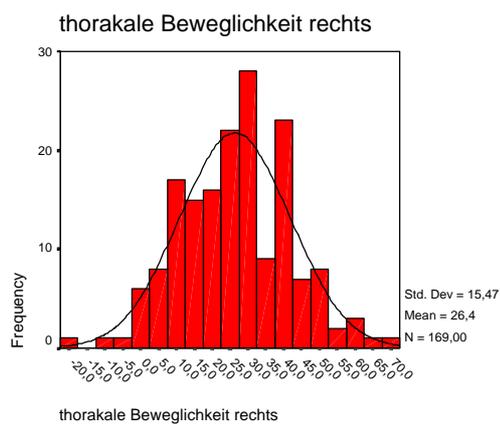
Die Beckenbeweglichkeit in Extension beträgt im Mittel  $15,48^\circ$  (Minimum  $-39,0^\circ$ , Maximum  $63,0^\circ$ ). Der Median ist  $15,0$ , die Standardabweichung  $14,06$ . Normalverteilung liegt nicht vor.

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

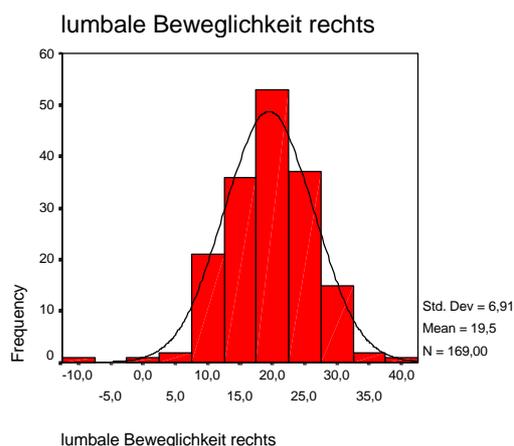


## LATERALFLEXION:

Die mittlere thorakale Beweglichkeit nach rechts beträgt  $26,48^\circ$  (Minimum  $-22,0^\circ$ , Maximum  $71,0^\circ$ ). Der Median ist  $27,0$ , die Standardabweichung  $15,46$ . Normalverteilung liegt vor.

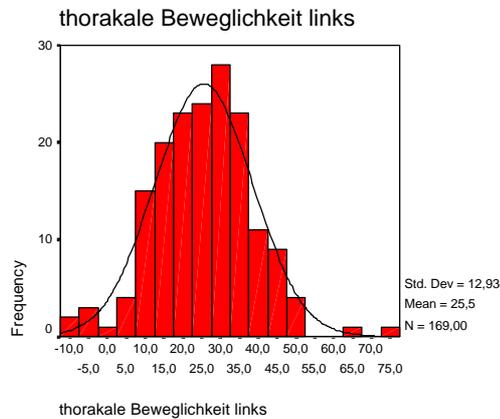


Die mittlere lumbale Beweglichkeit nach rechts liegt bei  $19,48^\circ$  (Minimum  $-12,0^\circ$ , Maximum  $42,0^\circ$ ). Der Median ist  $20,0$ , die Standardabweichung  $6,92$ . Normalverteilung liegt vor.

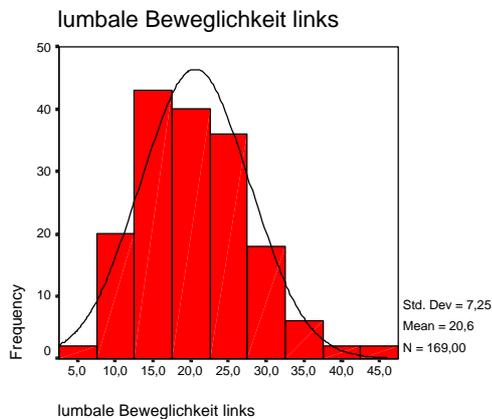


## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

Der Mittelwert der thorakalen Beweglichkeit nach links beträgt  $25,49^\circ$  (Minimum  $-10,0^\circ$ , Maximum  $74,0^\circ$ ). Der Median ist  $25,0$ , die Standardabweichung  $12,96$ . Normalverteilung liegt nicht vor.



Die lumbale Beweglichkeit nach links liegt im Mittel bei  $20,62^\circ$  (Minimum  $5,0^\circ$ , Maximum  $44,0^\circ$ ). Der Median ist  $20,5$ , die Standardabweichung  $7,25$ . Normalverteilung liegt nicht vor.



Im Folgenden werden die Ergebnisse der einzelnen Hypothesen vorgestellt.

## 2.2. HYPOTHESE 1

### 2.2.1. Deskriptive Statistik der entwicklungsbiologischen Daten

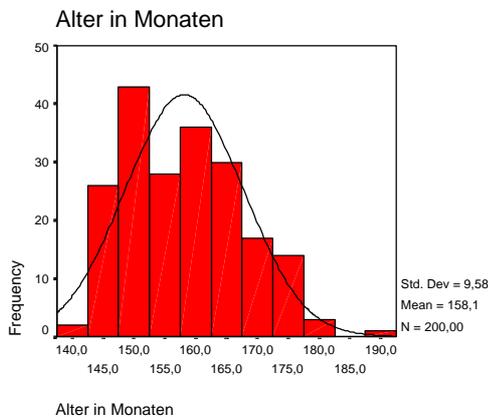
Insgesamt wurden hier 200 Werte erhoben.

Das kalendarische Alter (KA) wurde in Monaten erfasst, da diese Angabe genauer, metrisch verteilt und besser differenziert ist. Der Wert wurde nach der Formel des KEA wie folgt berechnet (Landessportbund Nordrhein-Westfalen e.V., 1993, 129):

$$KA = EM - GM + ((EJ - GJ) * 12)$$

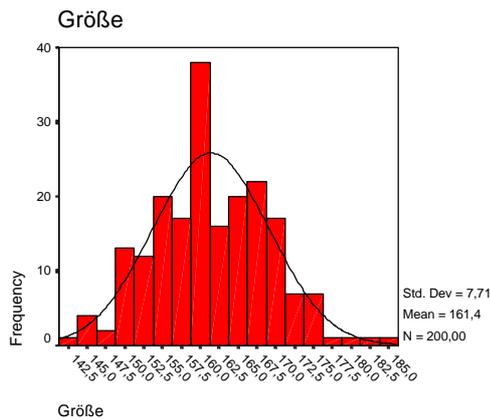
Dabei ist EM das Erfassungsmonat, EJ das Erfassungsjahr, GM das Geburtsmonat und GJ das Geburtsjahr.

Das Alter in Monaten beträgt im Mittel 158,1 Monate (Minimum 141,0, Maximum 188,0), Standardabweichung 9,58. Normalverteilung liegt vor.

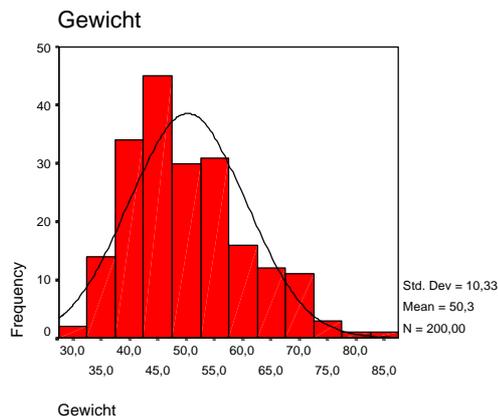


Der Mittelwert der Größe beträgt 161,4 cm (Minimum 142,5 cm, Maximum 185,0 cm), Standardabweichung 7,71. Normalverteilung liegt vor.

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder



Das Gewicht beträgt im Mittel 50,3 kg (Minimum 30,0 kg, Maximum 85,0 kg), Standardabweichung 10,33. Normalverteilung liegt vor.



## 2.2.2. Hypothese 1 a

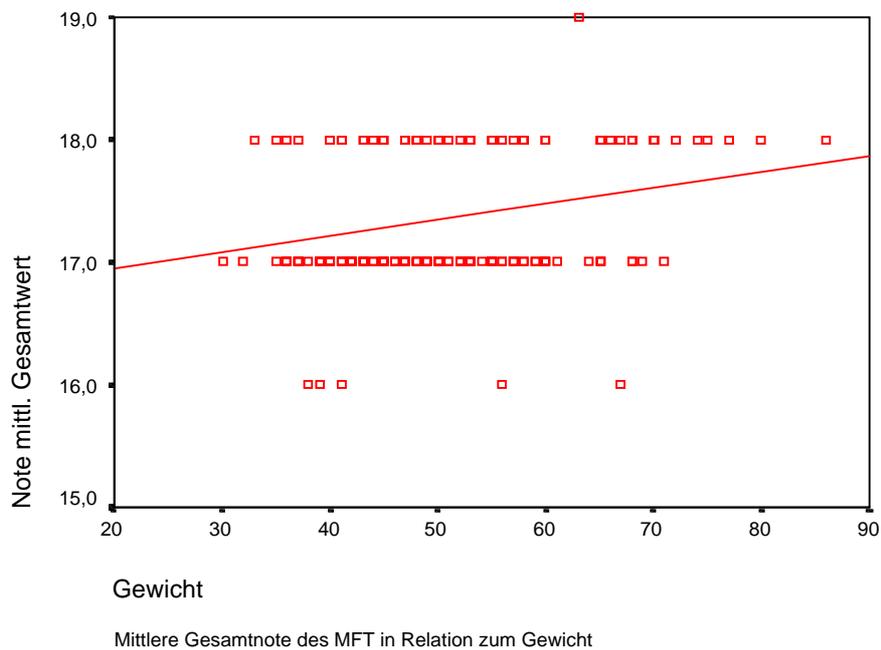
„Es gibt einen Zusammenhang zwischen den entwicklungsbiologischen Daten (Alter in Monaten, Größe, Gewicht) und den konditionell-kordinativen und kordinativen Fähigkeiten.“

### Bivariate Korrelationsanalyse

Hier wurden die bivariaten Korrelationen (nach Spearman) zwischen den Variablen Alter in Monaten, Größe und Gewicht einerseits sowie der mittleren Gesamtnote des MFT, dem Gesamtstabilitätsindex (Biodex) und den Fuß-Tappings errechnet. Nach der Bonferroni-Korrektur (vgl. DIEHL / STAUFENBIEHL, 2001, 305) gilt hier als Prüfwert der Signifikanz  $p \leq 0,017$ .

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

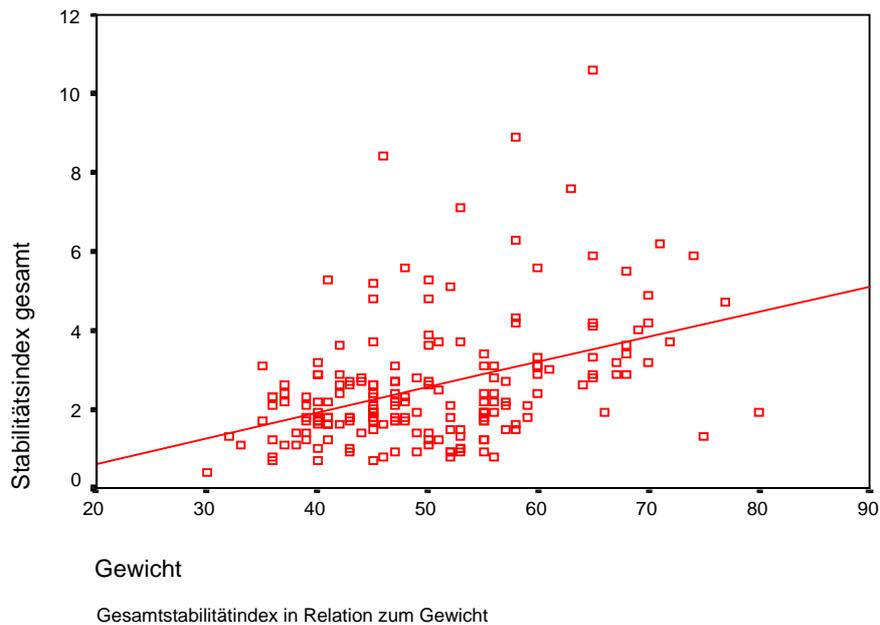
Bei Betrachtung der mittleren Gesamtnote des MFT besteht einzig mit dem Gewicht ein geringer statistisch signifikanter linearer Zusammenhang ( $r=0,225$  mit  $p=0,002$ ).



Der Gesamtstabilitätsindex (Biodex) korreliert hochsignifikant mit der Größe ( $r=0,267$  mit  $p=0,000$ ) und dem Gewicht ( $r=0,403$  mit  $p=0,000$ ).



## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder



Die Fuß-Tappings korrelieren mit keinem der potentiellen Prädiktoren.

### Lineare Regressionsanalyse

Im Nachfolgenden wurden die simultanen Einflüsse der entwicklungsbiologischen Daten mit Hilfe der linearen Regressionsanalyse untersucht. In einem schrittweisen Verfahren wird zunächst der Prädiktor mit der stärksten Vorhersagekraft ausgewählt und dann berechnet, ob es durch Hinzunahme weiterer Prädiktoren zu einer signifikanten Verbesserung des Regressionsmodells kommt.

Nun wurde die mittlere Gesamtnote des MFT in Abhängigkeit von Alter in Monaten, Größe und Gewicht untersucht. Hier zeigt allein das Gewicht mit  $R^2=0,064$  (entspricht 6,40%) einen signifikanten Einfluss bei  $\beta= 0,253$ ,  $t=3,578$  und  $p=0,000$ . Weitere Faktoren in das Modell aufzunehmen, trägt nicht zu einer signifikanten Verbesserung bei.

Es folgt die entsprechende Analyse für den Gesamtstabilitätsindex (Biodex). Auch hier steht das Gewicht mit  $R^2=0,167$  (entspricht 16,7%),  $\beta=0,562$ ,  $t=7,794$  und  $p=0,000$  an erster Stelle. Nachdem der Einfluss des Gewichts berücksichtigt wurde, leistet auch das Alter in Monaten einen signifikanten Beitrag. Insgesamt können nun mit Gewicht und Alter 25,3% erklärt

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

werden ( $R^2=0,253$  ,  $\beta= -0,330$ ,  $t= -4,573$  und  $p=0,000$ ). Dies konnte aus der rein bivariaten Korrelationsanalyse nicht erkannt werden.

Bei der linearen Regressionsanalyse für die Fuß-Tappings ist kein signifikantes Modell errechenbar, da die Tappings zu keinem der Prädiktoren in einem signifikanten linearen Zusammenhang stehen.

Zusammenfassend lässt sich die Hypothese 1 a folgendermaßen bewerten:

Ja, es existiert ein Zusammenhang zwischen den entwicklungsbiologische Daten und den konditionell-koordinativen und koordinativen Fähigkeiten, wobei unter multivariater Betrachtung das Gewicht mit 6,4% den Haupteinflussfaktor für die mittlere Gesamtnote des MFT darstellt und den Gesamtstabilitätsindex (Biodex) zu 16,7% bestimmt. Bei letzterem steigt die Aufklärung unter Mitwirkung der Größe auf 25,3% an.

### **2.2.3. Hypothese 1 b**

„Es gibt einen Zusammenhang zwischen den entwicklungsbiologischen Daten und den Wirbelsäulenparametern.“

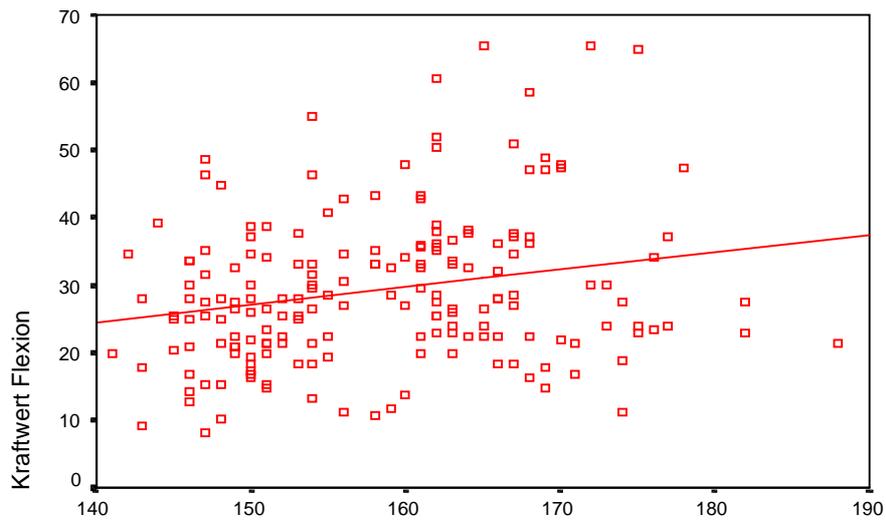
#### **Bivariate Korrelationsanalyse**

Nach der Bonferroni-Korrektur (vgl. DIEHL / STAUFENBIEHL, 2001, 305) gilt hier als Prüfwert der Signifikanz  $p \leq 0,003$ .

#### - IPN Back Check

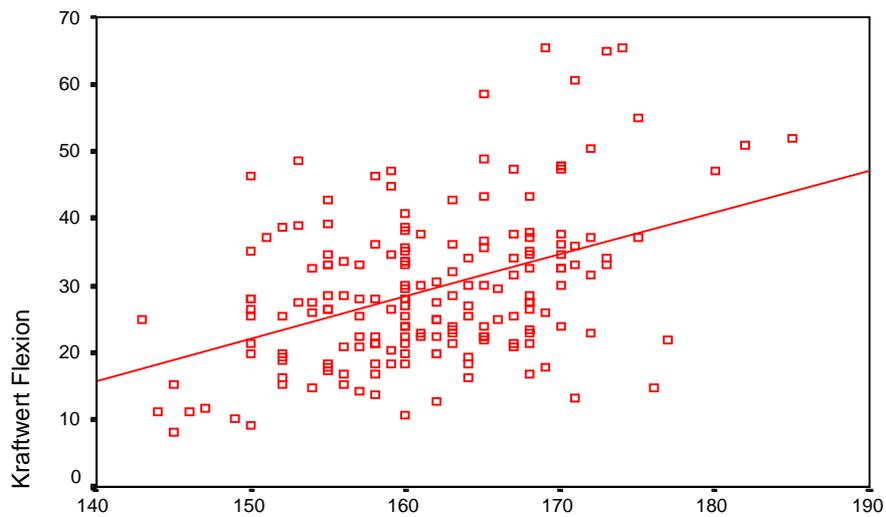
Der Kraftwert der Flexion korreliert signifikant mit den drei Prädiktoren Alter in Monaten ( $r=0,216$  mit  $p=0,003$ ), Größe ( $r=0,356$  mit  $p=0,000$ ) und Gewicht ( $r=0,230$  mit  $p=0,002$ ).

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder



Alter in Monaten

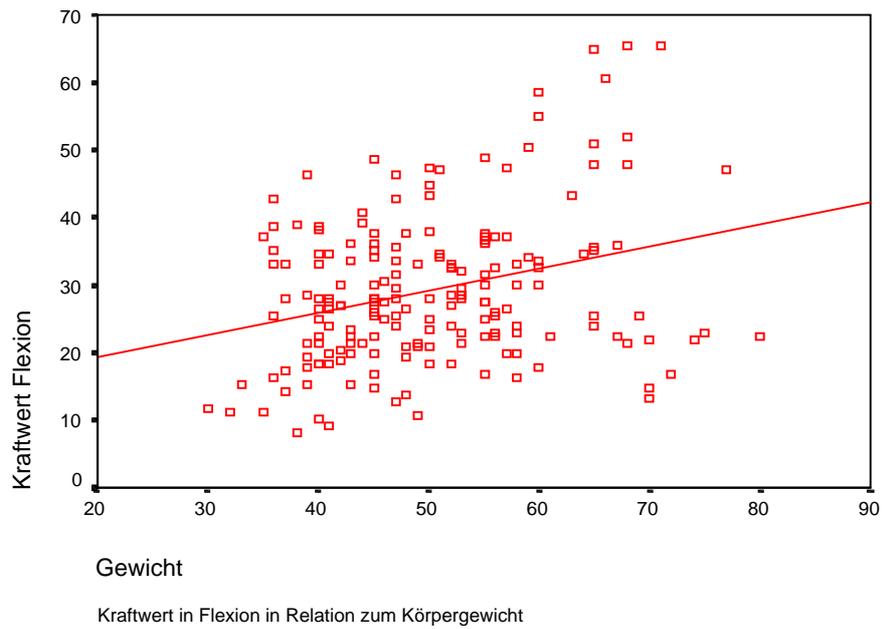
Kraftwert in Flexion in Relation zum Alter in Monaten



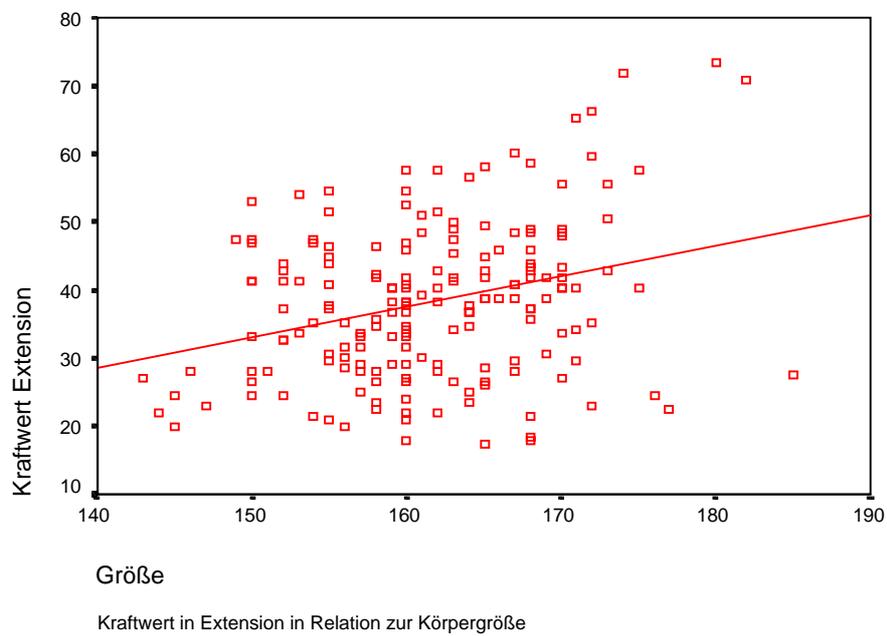
Größe

Kraftwert in Flexion in Relation zur Körpergröße

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

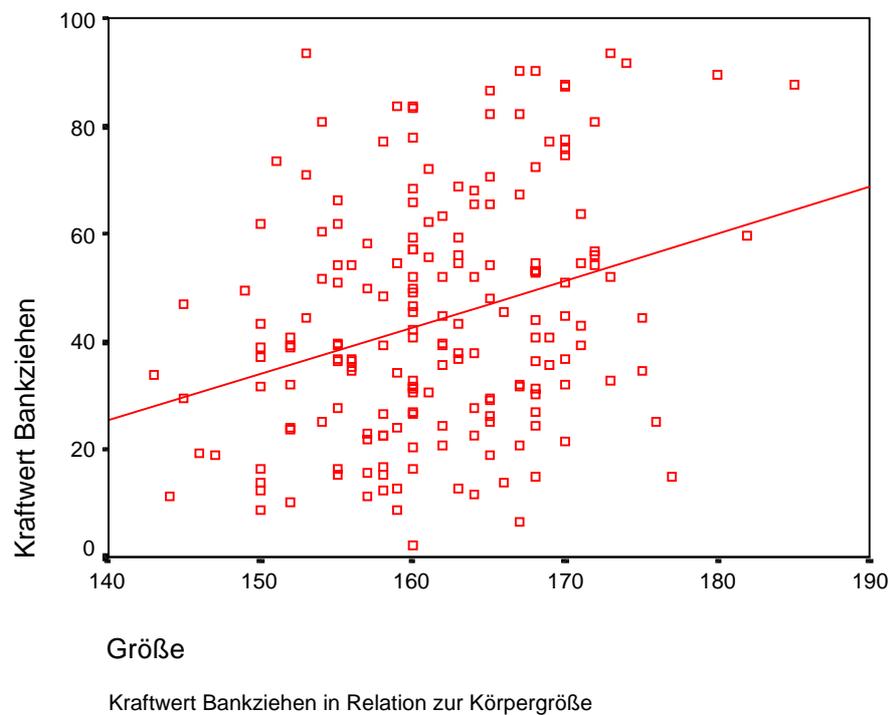
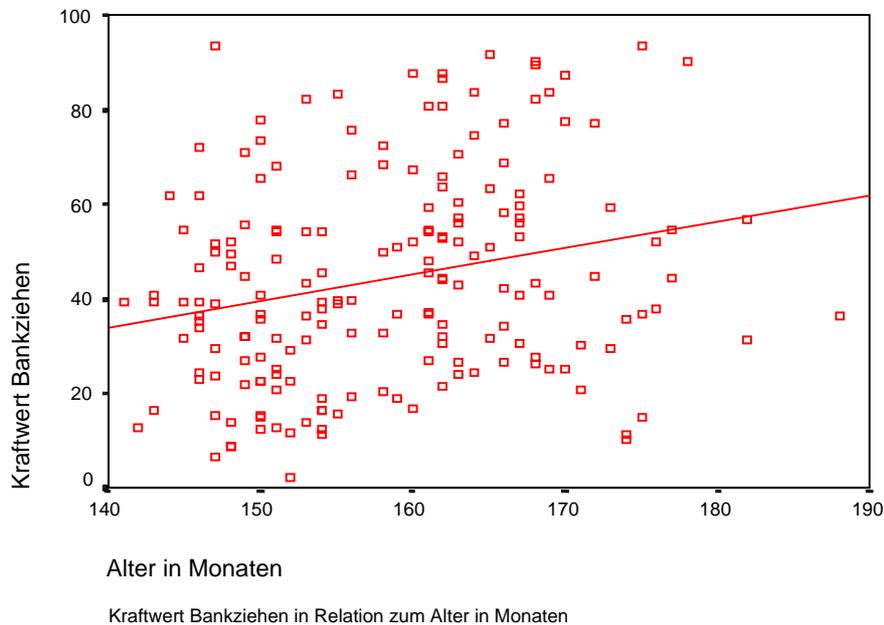


Die Kraft der Extension korreliert nur mit der Größe ( $r=0,247$  mit  $p=0,001$ ).

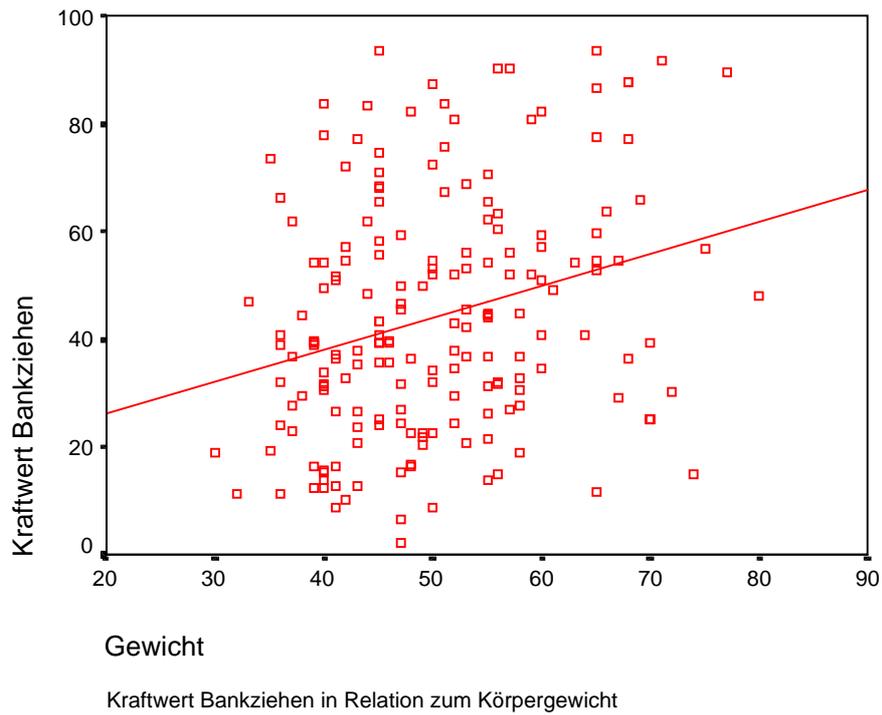


# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

Beim Bankziehen treten mit allen drei Prädiktoren hochsignifikante lineare Zusammenhänge auf (Alter:  $r=0,248$  mit  $p=0,001$ ; Größe:  $r=0,271$  mit  $p=0,000$ ; Gewicht:  $r=0,261$  mit  $p=0,000$ ).

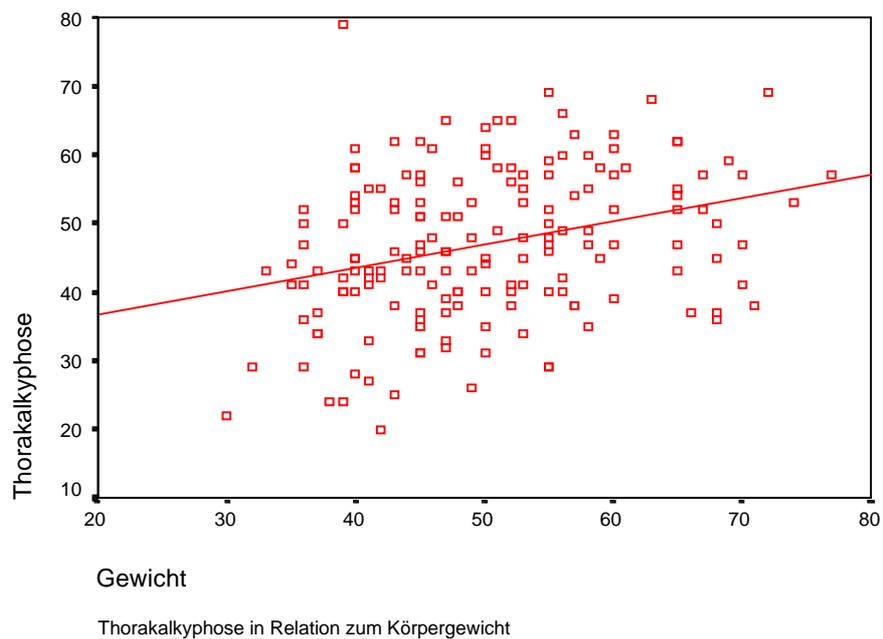


# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder



## - Zebris CMS-System (Haltung)

Die Stellung der Thorakalkyphose korreliert hochsignifikant mit dem Gewicht ( $r=0,305$  mit  $p=0,000$ ). Die Lendenlordose und der Sacralwinkel stehen in keinem signifikanten linearen Zusammenhang zu den Prädiktoren.

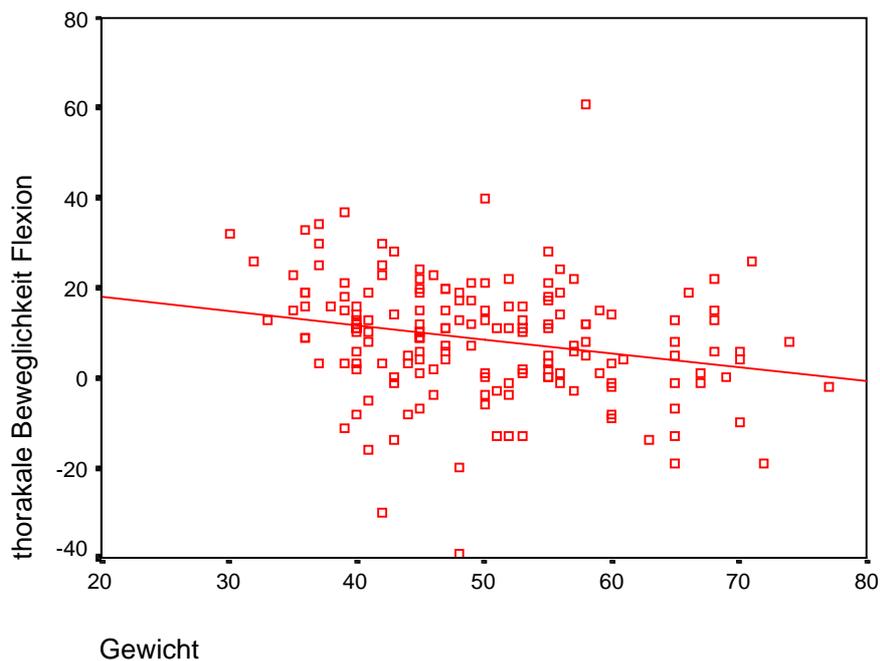


- Zebris CMS-System (Beweglichkeit)

FLEXION:

Die thorakale Beweglichkeit in Flexion korreliert hochsignifikant negativ mit dem Gewicht ( $r = -0,271$  mit  $p = 0,000$ ). Alter und Größe spielen hier keine Rolle.

Die lumbale Beweglichkeit in Flexion weist mit keinem der Prädiktoren einen signifikanten linearen Zusammenhang auf.



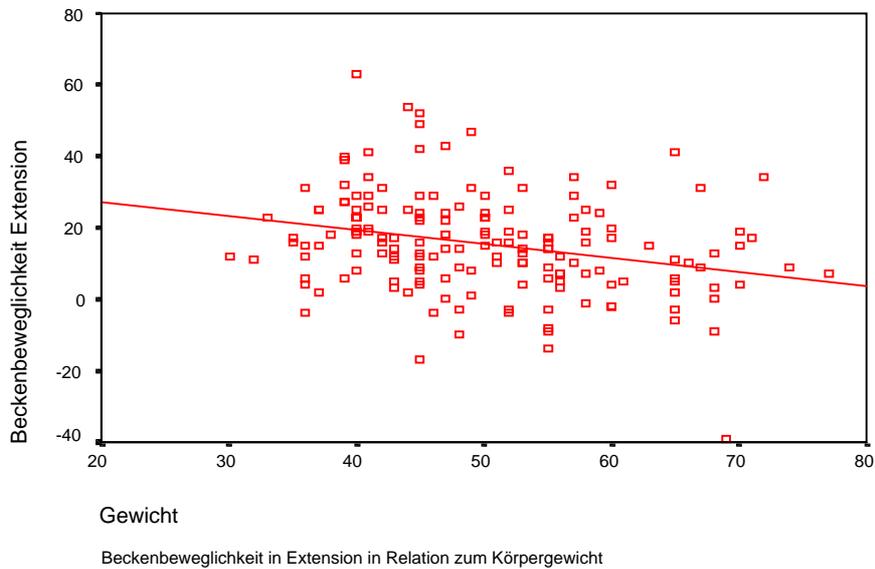
Thorakale Beweglichkeit in Flexion in Relation zum Körpergewicht

Die Beckenbeweglichkeit in Flexion korreliert ebenso mit keinem der Prädiktoren.

EXTENSION:

Die thorakale Beweglichkeit in Extension und die lumbale Beweglichkeit korrelieren mit keinem der Prädiktoren signifikant.

Die Beckenbeweglichkeit in Extension weist einen hochsignifikant negativen linearen Zusammenhang mit dem Gewicht ( $r = -0,286$  mit  $p = 0,000$ ) auf.



#### LATERALFLEXION:

Hier gibt es keine signifikanten linearen Zusammenhänge mit den Prädiktoren.

#### Lineare Regressionsanalyse

##### - IPN Back Check

Bei simultaner Betrachtung aller Prädiktoren zeigt sich für die Flexion als abhängige Variable die Größe als Haupteinflussfaktor mit  $R^2=0,183$  (entspricht 18,3%),  $\beta=0,428$  bei  $t=6,400$  und  $p=0,000$ .

Für die Extension zeigt sich auch hauptsächlich die Größe verantwortlich mit  $R^2=0,090$  (entspricht 9,0%),  $\beta=0,487$ ,  $t=4,571$  und  $p=0,000$ . Als zweiter signifikanter negativer Einflussfaktor lässt sich das Gewicht extrahieren und die erklärte Varianz steigt an auf 11,6% ( $R^2=0,116$ ,  $\beta= -0,247$ ,  $t= -2,313$  und  $p=0,022$ ). In der bivariaten Korrelationsanalyse war diese Beziehung nicht ersichtlich.

Beim Bankziehen stellt wiederum die Größe den Haupteinflussfaktor dar mit  $R^2=0,087$  (entspricht 8,7%),  $\beta=0,295$ ,  $t=4,179$  und  $p=0,000$ .

- Zebris CMS-System (Haltung)

Die Thorakalkyphose wird hauptsächlich vom Gewicht beeinflusst mit  $R^2=0,095$  (entspricht 9,5%),  $\beta=0,308$ ,  $t=4,178$  und  $p=0,000$ . Für die Lendenlordose ist hier kein signifikantes Modell errechenbar, da sie mit keinem der Prädiktoren in einem signifikanten linearen Zusammenhang steht. Der Sacralwinkel wird allein durch das Alter negativ beeinflusst mit  $R^2=0,044$  (entspricht 4,4%),  $\beta= -0,209$ ,  $t= -2,766$  und  $p=0,006$ .

- Zebris CMS-System (Beweglichkeit)

FLEXION:

Für die thorakale Beweglichkeit in Flexion zeigt sich einzig das Gewicht als negativer Haupteinflussfaktor mit  $R^2=0,056$  (entspricht 5,6%),  $\beta= -0,236$ ,  $t= -3,144$  und  $p=0,002$ .

Die lumbale Beweglichkeit in Flexion wird erstens negativ vom Gewicht mit  $R^2=0,035$  (entspricht 3,5%),  $\beta= -0,398$ ,  $t= -3,405$  und  $p=0,001$  beeinflusst. Auch die Größe leistet einen signifikanten Vorhersagebeitrag und die erklärte Varianz steigt an auf 6,6% ( $R^2=0,066$ ,  $\beta=0,277$ ,  $t=2,364$  und  $p=0,019$ ). Dies war allein durch die bivariate Korrelationsanalyse nicht ersichtlich.

Bei der Beckenbeweglichkeit in Flexion hat das Alter die meiste Erklärungskraft mit  $R^2=0,046$  (entspricht 4,6%),  $\beta=0,214$ ,  $t=2,830$  und  $p=0,005$ .

EXTENSION:

Für die thorakale sowie lumbale Beweglichkeit in Extension sind keine signifikanten Modelle errechenbar. Bei der Beckenbeweglichkeit dagegen ist das Gewicht als negativer Haupteinflussfaktor ausschlaggebend mit  $R^2=0,077$  (entspricht 7,7%),  $\beta= -0,277$ ,  $t= -3,733$  und  $p=0,000$ .

LATERALFLEXION:

Die thorakale und lumbale Beweglichkeit nach rechts stehen in keinem signifikanten linearen Zusammenhang mit den Prädiktoren.

Für die thorakale Beweglichkeit nach links zeigt sich nun das Alter als negativer Einflussfaktor mit  $R^2=0,030$  (entspricht 3,0%),  $\beta= -0,173$ ,  $t= -2,272$  und  $p=0,024$ . Diese Beziehung war allein durch die bivariate Korrelationsanalyse nicht ersichtlich.

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

Auch für die lumbale Beweglichkeit nach links zeigt sich das Alter als negativer Haupteinflussfaktor mit der größten Erklärungskraft bei  $R^2=0,031$  (entspricht 3,1%),  $\beta= -0,177$ ,  $t= -2,329$  und  $p=0,021$ .

### Zusammenfassend lässt sich die Hypothese 1 b folgendermaßen bewerten:

Ja, es besteht ein Zusammenhang zwischen den entwicklungsbiologischen Daten und den Wirbelsäulenparametern. Bei den Kraftmessungen des IPN Back Check zeigt sich die Größe als Haupteinflussfaktor. Sowohl bei der Haltung, als auch bei der Beweglichkeit sind Gewicht und Alter ausschlaggebend.

Bei der Betrachtung des Alters in Jahren konnten mit Hilfe einer einfachen Varianzanalyse folgende Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden ( $p \leq 0,003$  nach der Alpha-Adjustierung nach Bonferroni):

#### - IPN Back Check:

In Bezug auf den maximalen Kraftwert der Flexion bestehen signifikante Unterschiede zwischen den drei Altersgruppen ( $p=0,003$ ). Der Mittelwert der 12jährigen ( $N=83$ ) beträgt 25,64 kg (Standardabweichung 9,11), bei den 13jährigen ( $N=69$ ) 31,0 kg (Standardabweichung 10,36) und bei den 14jährigen ( $N=33$ ) 31,47 kg (Standardabweichung 14,41). Die maximale Rumpfkraft in der Flexion steigt also zwischen 12 und 14 Jahren signifikant an.

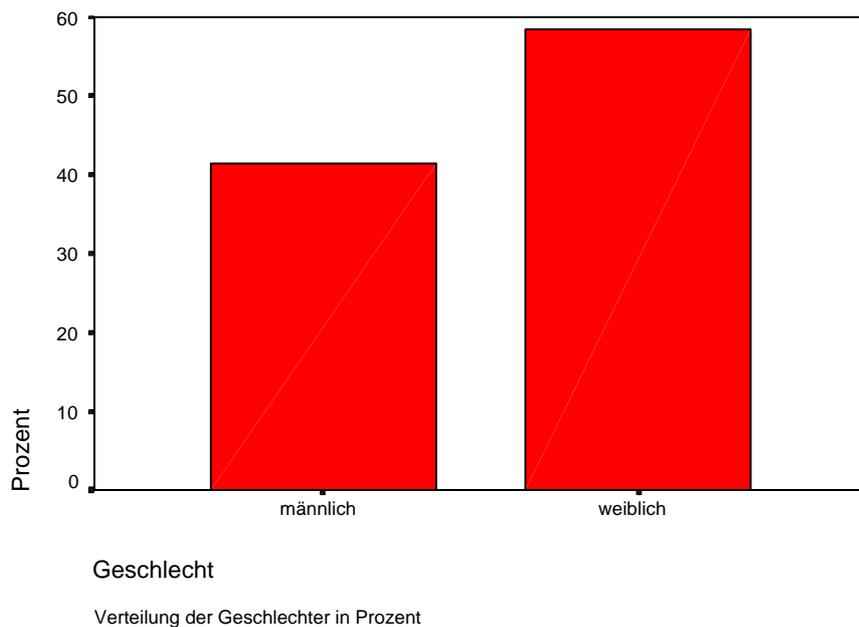
Auch beim Bankzug ist ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen nachweisbar ( $p=0,000$ ). Der Mittelwert der 12jährigen ( $N=83$ ) liegt bei 36,35 kg (Standardabweichung 20,19), bei den 13jährigen ( $N=69$ ) 50,91 kg (Standardabweichung 19,41) und bei den 14jährigen 49,39 kg (Standardabweichung 26,02).

Bei den Haltungs- und Beweglichkeitsparametern der Wirbelsäule (Zebris CMS-System) ist bei  $p \leq 0,003$  kein signifikanter Mittelwertsunterschied zwischen den drei Altersgruppen errechenbar.

## 2.3. HYPOTHESE 2

### 2.3.1. Deskriptive Statistik des Geschlechts

Von der Gesamtfallzahl (N=200) waren 83 Testpersonen männlichen (41,5%) und 117 Testpersonen weiblichen (58,5%) Geschlechts.



### 2.3.2. Hypothese 2 a

„Es gibt einen Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und den konditionell-kordinativen und koordinativen Fähigkeiten.“

Zur Überprüfung der Mittelwertsunterschiede wurde der nonparametrische Mann-Whitney-Test berechnet, da beim Großteil der Parameter keine Normalverteilung vorliegt. Als Prüfwert der Signifikanz gilt nach der Bonferroni-Korrektur  $p \leq 0,017$  (vgl. DIEHL / STAUFENBIEHL, 2001, 305).

Bei Betrachtung der mittleren Gesamtnote des MFT (N=189) liegt der Mittelwert der männlichen VP (N=76) bei 17,36, Standardabweichung 0,53. Der Mittelwert der weiblichen VP (N=113) beträgt 17,35, Standardabweichung 0,55.

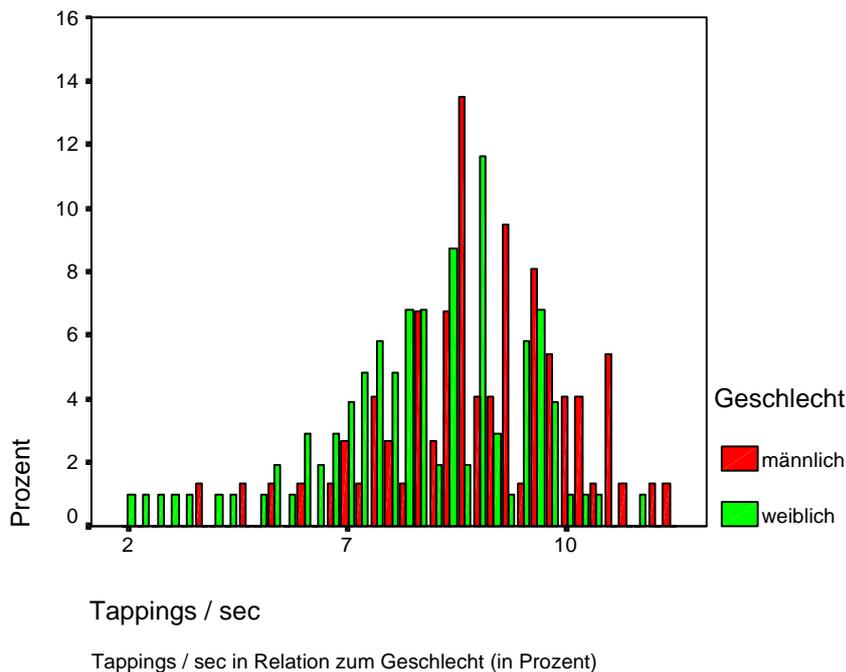
Mann-Whitney-Test: mit  $Z = -0,076$  und  $p = 0,939$  **kein signifikanter Unterschied** zwischen den Geschlechtern nachweisbar.

Bei der entsprechenden Prüfung hinsichtlich des Gesamtstabilitätsindex (Biodex) mit  $N = 186$  liegt der Mittelwert der männlichen VP ( $N = 74$ ) bei 2,766, Standardabweichung 1,961. Der Mittelwert der weiblichen VP ( $N = 112$ ) ist bei 2,413, Standardabweichung 1,281.

Mann-Whitney-Test: mit  $Z = -0,434$  und  $p = 0,664$  **kein signifikanter Unterschied** zwischen den Geschlechtern nachweisbar.

Bei den Fuß-Tappings ( $N = 177$ ) beträgt der Mittelwert der männlichen VP ( $N = 74$ ) 8,78 Taps/sec, Standardabweichung 1,34. Der Mittelwert der weiblichen VP ( $N = 103$ ) liegt bei 7,89 Taps/sec, Standardabweichung 1,63.

Mann-Whitney-Test: mit  $Z = -3,823$  und  $p = 0,000$  liegt hier **zugunsten der männlichen VP ein hochsignifikanter Unterschied** zwischen den Geschlechtern vor.



Zusammenfassend lässt sich die Hypothese 2 a folgendermaßen bewerten:

Ja, es besteht ein Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und den konditionell-kordinativen und koordinativen Fähigkeiten, vor allem im Bereich der zyklischen Frequenzschnelligkeit. Die männlichen VP erbrachten bei den Fuß-Tappings hochsignifikant

höhere Leistungen als die weiblichen VP. In den anderen beiden Tests konnten keine geschlechtsspezifischen Unterschiede festgestellt werden.

### 2.3.3. Hypothese 2 b

„Es gibt einen Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und den Wirbelsäulenparametern.“

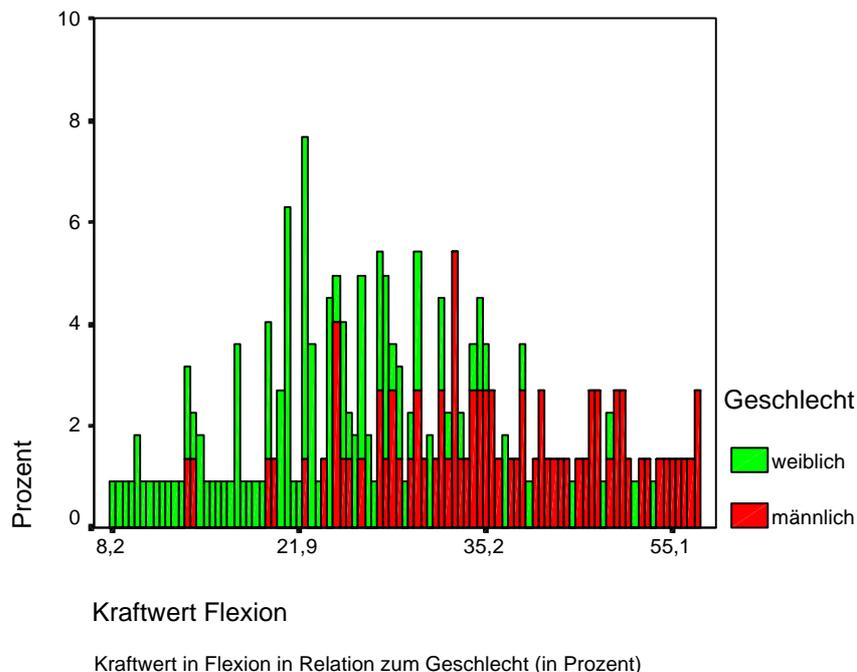
Auch hier wurde zur Überprüfung von Mittelwertsunterschieden der nonparametrische Mann-Whitney-Test berechnet. Als Prüfwert der Signifikanz gilt nach der Bonferroni-Korrektur  $p \leq 0,003$  (vgl. DIEHL / STAUFENBIEHL, 2001, 305).

#### - IPN Back Check

Insgesamt nahmen an der Kraftmessung mit dem IPN Back Check 185 Testpersonen teil, davon 74 männlich und 111 weiblich.

Der Mittelwert der Flexion beträgt bei den männlichen VP 30,09 kg, Standardabweichung 10,75, bei den weiblichen VP 23,74 kg, Standardabweichung 7,94.

Mann-Whitney-Test: mit  $Z = -7,771$  und  $p = 0,000$  besteht **zugunsten der männlichen VP ein hochsignifikanter Unterschied** zwischen den Geschlechtern.

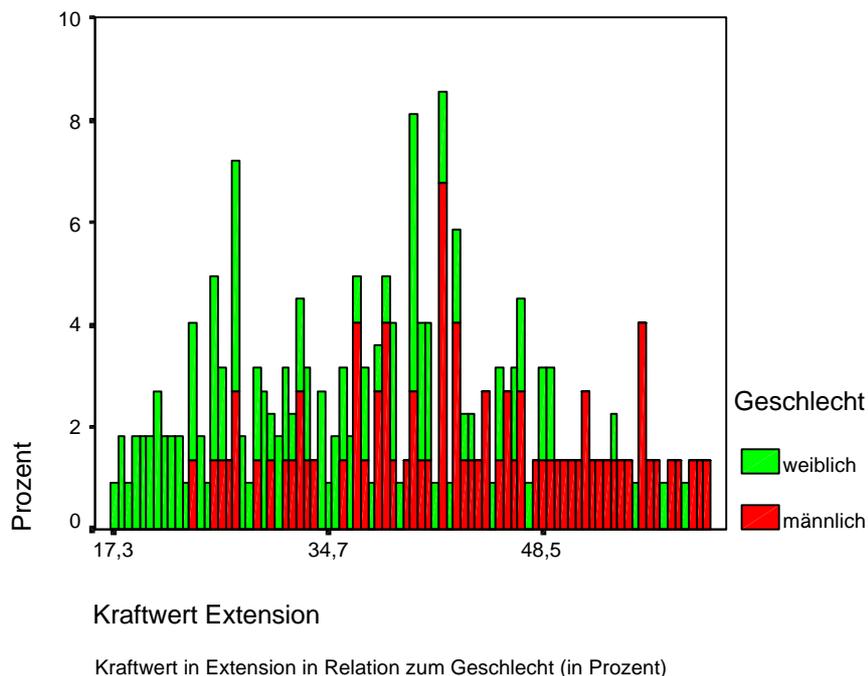


## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

Bei der Extension beträgt der Mittelwert der männlichen VP 43,43 kg, Standardabweichung 10,61, der Mittelwert der weiblichen VP ist 33,46 kg, Standardabweichung 9,67.

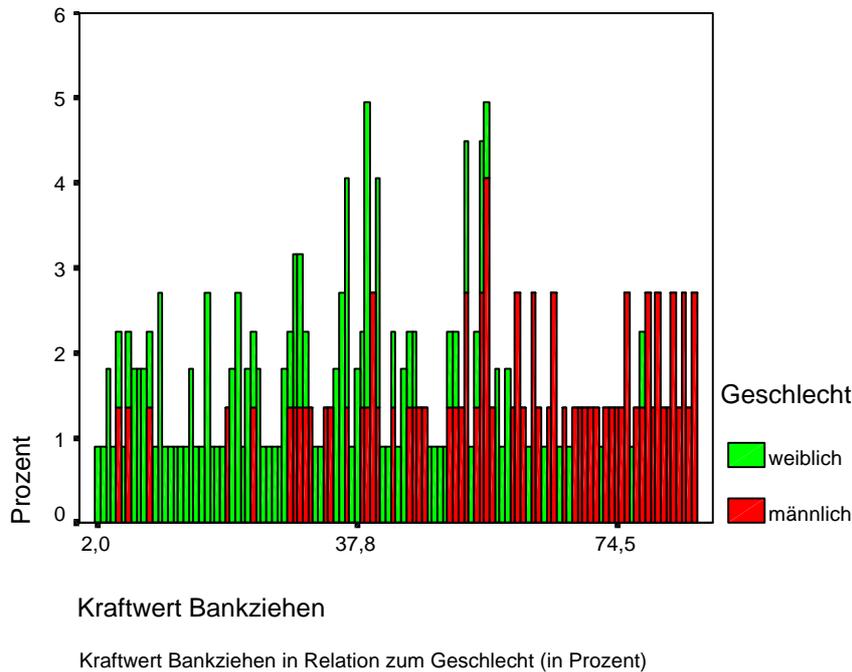
Mann-Whitney-Test: mit  $Z = -5,906$  und  $p = 0,000$  besteht **zugunsten der männlichen VP ein hochsignifikanter Unterschied** zwischen den Geschlechtern.

T-Test: Der Levene-Test ist mit  $F = 0,200$  und  $p = 0,655$  nicht signifikant, also ist Varianzhomogenität gegeben. Bei  $t = 6,599$ ,  $df = 183$  und  $p = 0,000$  ist auch hier der hochsignifikante Zusammenhang nachweisbar.



Beim Bankziehen ist der Mittelwert der männlichen VP bei 59,09 kg, Standardabweichung 21,15, bei den weiblichen VP liegt der Mittelwert bei 34,12 kg, Standardabweichung 16,37.

Mann-Whitney-Test: mit  $Z = -7,356$  und  $p = 0,000$  besteht **zugunsten der männlichen VP ein hochsignifikanter Unterschied** zwischen den Geschlechtern.



#### - Zebris CMS-System (Haltung)

Der Mittelwert der Thorakalkyphose beträgt bei den männlichen VP 46,49°, Standardabweichung 9,43. Bei den weiblichen VP ist der Mittelwert 47,04°, Standardabweichung 11,97.

Mann-Whitney-Test: mit  $Z = -0,518$  und  $p = 0,605$  **kein signifikanter Unterschied** zwischen den Geschlechtern nachweisbar.

Bei der Lendenlordose liegt der Mittelwert der männlichen VP bei 24,88°, Standardabweichung 7,82, der Mittelwert der weiblichen VP beträgt 23,62°, Standardabweichung 8,65.

Mann-Whitney-Test: mit  $Z = -0,758$  und  $p = 0,449$  **kein signifikanter Unterschied** zwischen den Geschlechtern nachweisbar.

Der Mittelwert des Sacralwinkels ist bei den männlichen VP 15,19°, Standardabweichung 5,34. Bei den weiblichen VP beträgt der Winkel im Schnitt 15,72°, Standardabweichung 6,22.

Mann-Whitney-Test: mit  $Z = -0,684$  und  $p = 0,494$  **kein signifikanter Unterschied** zwischen den Geschlechtern nachweisbar.

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

## - Zebris CMS-System (Beweglichkeit)

### FLEXION:

Der Mittelwert der thorakalen Beweglichkeit in Flexion liegt bei den männlichen VP bei 9,00°, Standardabweichung 13,76, bei den weiblichen VP bei 8,31°, Standardabweichung 12,84.

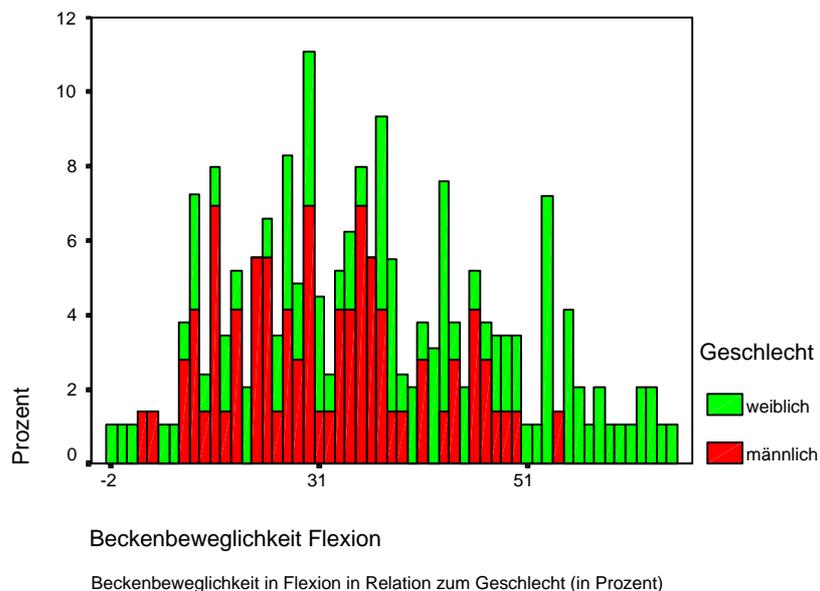
Mann-Whitney-Test: mit  $Z = -0,574$  und  $p = 0,566$  **kein signifikanter Unterschied** zwischen den Geschlechtern nachweisbar.

Bei der lumbalen Beweglichkeit in Flexion beträgt der Mittelwert der männlichen VP 68,03°, Standardabweichung 9,57, der Mittelwert der weiblichen VP 63,49°, Standardabweichung 11,12.

Mann-Whitney-Test: mit  $Z = -2,644$  und  $p = 0,008$  **kein signifikanter Unterschied** zwischen den Geschlechtern nachweisbar.

Der Mittelwert der Beckenbeweglichkeit in Flexion beträgt bei den männlichen VP 31,58°, Standardabweichung 9,52, bei den weiblichen VP 40,31°, Standardabweichung 15,78.

Mann-Whitney-Test: mit  $Z = -4,031$  und  $p = 0,000$  besteht **zugunsten der weiblichen VP ein hochsignifikanter Unterschied** zwischen den Geschlechtern.



## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

### EXTENSION:

Die thorakale Beweglichkeit in Extension der männlichen VP liegt im Mittel bei  $2,82^\circ$ , Standardabweichung 14,90, die der weiblichen VP bei  $-0,56^\circ$ , Standardabweichung 18,90.

Mann-Whitney-Test: mit  $Z = -1,266$  und  $p = 0,206$  **kein signifikanter Unterschied** zwischen den Geschlechtern nachweisbar.

Der Mittelwert der lumbalen Beweglichkeit in Extension beträgt bei den männlichen VP  $11,04^\circ$ , Standardabweichung 10,86, bei den weiblichen VP  $14,93^\circ$ , Standardabweichung 15,11.

Mann-Whitney-Test: mit  $Z = -2,121$  und  $p = 0,034$  **kein signifikanter Unterschied** zwischen den Geschlechtern nachweisbar.

Die Beckenbeweglichkeit in Extension liegt bei den männlichen VP im Schnitt bei  $15,08^\circ$ , Standardabweichung 11,13, bei den weiblichen VP  $15,87^\circ$ , Standardabweichung 15,91.

Mann-Whitney-Test: mit  $Z = -0,331$  und  $p = 0,741$  **kein signifikanter Unterschied** zwischen den Geschlechtern nachweisbar.

### LATERALFLEXION:

Der Mittelwert der thorakalen Beweglichkeit rechts liegt bei den männlichen VP bei  $28,57^\circ$ , Standardabweichung 15,09, bei den weiblichen VP bei  $24,75^\circ$ , Standardabweichung 15,62.

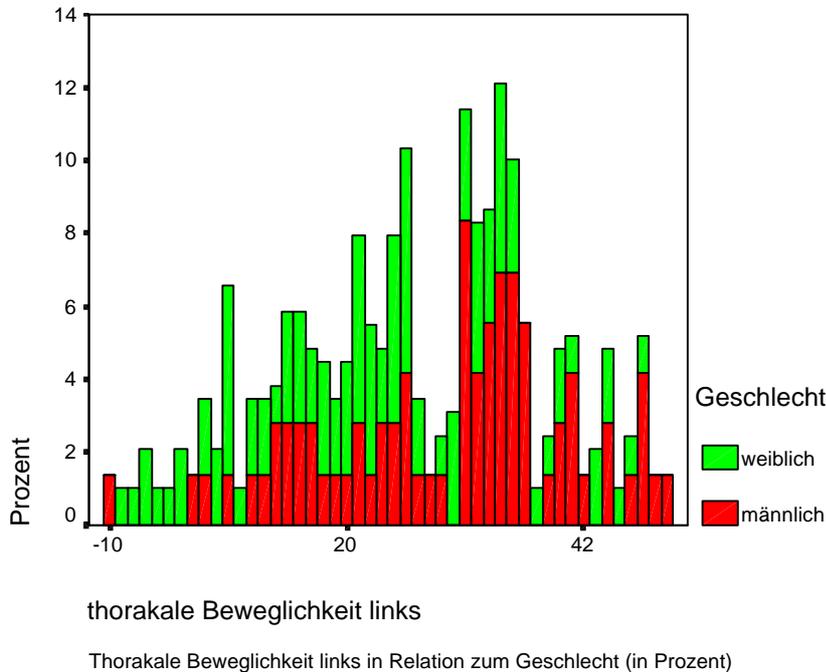
Mann-Whitney-Test: mit  $Z = -1,600$  und  $p = 0,110$  **kein signifikanter Unterschied** zwischen den Geschlechtern nachweisbar.

Die lumbale Beweglichkeit rechts ist bei den männlichen VP im Mittel bei  $19,49^\circ$ , Standardabweichung 7,50, bei den weiblichen VP bei  $19,49^\circ$ , Standardabweichung 6,47.

Mann-Whitney-Test: mit  $Z = 0,000$  und  $p = 1,000$  **kein signifikanter Unterschied** zwischen den Geschlechtern nachweisbar.

Der Mittelwert der thorakalen Beweglichkeit nach links beträgt bei den männlichen VP  $29,42^\circ$ , Standardabweichung 13,07, bei den weiblichen VP  $22,65^\circ$ , Standardabweichung 12,10.

Mann-Whitney-Test: mit  $Z = -3,366$  und  $p = 0,001$  besteht **zugunsten der männlichen VP ein hochsignifikanter Unterschied** zwischen den Geschlechtern.



Bei der lumbalen Beweglichkeit nach links liegt der Mittelwert der männlichen VP bei  $19,26^\circ$ , Standardabweichung 6,90, der Mittelwert der weiblichen VP ist  $21,55^\circ$ , Standardabweichung 7,38.

Mann-Whitney-Test: mit  $Z = -1,843$  und  $p = 0,065$  **kein signifikanter Unterschied** zwischen den Geschlechtern nachweisbar.

Zusammenfassend lässt sich die Hypothese 2 b folgendermaßen bewerten:

Ja, es besteht ein Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und den Wirbelsäulenparametern. Im Bereich der Kraftmessungen (IPN Back Check) waren hochsignifikant höhere Leistungen der männlichen VP gegenüber den weiblichen VP festzustellen.

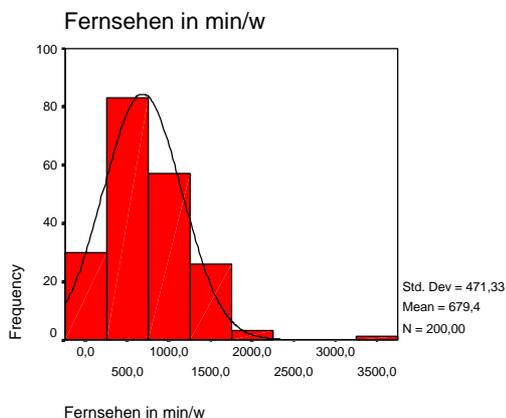
Im Hinblick auf die Parameter der Haltung gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Bei der Beweglichkeit der Wirbelsäule erreichten die weiblichen VP hinsichtlich der Beckenbeweglichkeit in Flexion höhere Werte als die männlichen VP, während bezüglich der thorakalen Beweglichkeit nach links letztere höhere Werte erzielten.

## 2.4. HYPOTHESE 3

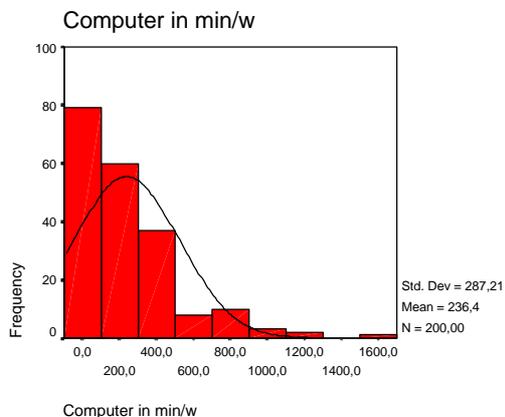
### 2.4.1. Deskriptive Statistik zum medialen Freizeitverhalten

Insgesamt wurden bei der Frage nach dem Wochenumfang (in Minuten) von Fernsehen und Computer jeweils 200 Werte erhoben.

Beim Fernsehen liegt der Mittelwert bei 679,4 min/w (Minimum 0, Maximum 3640,0), Standardabweichung 471,33. Davon beträgt der Mittelwert der Jungen 745,12 min/w (SA 540,82), der der Mädchen 632,82 min/w (SA 411,19). Normalverteilung liegt nicht vor.



Beim Computer beträgt der Mittelwert 236,4 min/w (Minimum 0, Maximum 1680,0), Standardabweichung 287,21. Davon beträgt der Mittelwert der Jungen 393,55 min/w (SA 333,02) und der der Mädchen 124,96 min/w (SA 181,45). Normalverteilung liegt nicht vor.



### **2.4.2. Hypothese 3 a**

„Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem medialen Freizeitverhalten und den konditionell-koordinativen und koordinativen Fähigkeiten.“

#### **Bivariate Korrelationsanalyse**

Hier wurde aufgrund des Fehlens der Normalverteilung der Korrelationskoeffizient nach Spearman berechnet. Nach der Bonferroni-Korrektur gilt als Prüfwert der Signifikanz  $p \leq 0,017$  (vgl. DIEHL / STAUFENBIEHL, 2001, 305).

Die mittlere Gesamtnote des MFT, der Gesamtstabilitätsindex (Biodex) und die Fuß-Tappings stehen mit keinem der beiden Prädiktoren in einem signifikanten linearen Zusammenhang.

#### **Lineare Regressionsanalyse**

Bei der mittleren Gesamtnote des MFT ist kein signifikantes Modell errechenbar, da keine Korrelationen vorliegen.

Beim Gesamtstabilitätsindex (Biodex) ist Computer mit  $R^2=0,030$  (entspricht 3,0%),  $\beta=0,174$ ,  $t=2,403$  und  $p=0,017$  der signifikante Haupteinflussfaktor.

Auch bei den Fuß-Tappings lässt sich durch die Regression ein signifikanter Einfluss von Computer feststellen mit  $R^2=0,035$  (entspricht 3,5%),  $\beta=0,188$ ,  $t=2,534$  und  $p=0,012$ . Diese Beziehung war durch die Korrelationsanalyse allein nicht ersichtlich.

#### Zusammenfassend lässt sich die Hypothese 3 a folgendermaßen bewerten:

Ja, es besteht ein Zusammenhang zwischen dem medialen Freizeitverhalten und den konditionell-koordinativen und koordinativen Fähigkeiten, wobei einzig der Computer im Hinblick auf den Gesamtstabilitätsindex (Biodex) und Fuß-Tappings eine signifikante Rolle spielt. Der Konsum des Fernsehens hat keinerlei signifikante Auswirkungen auf die konditionell-koordinativen und koordinativen Fähigkeiten.

### 2.4.3. Hypothese 3 b

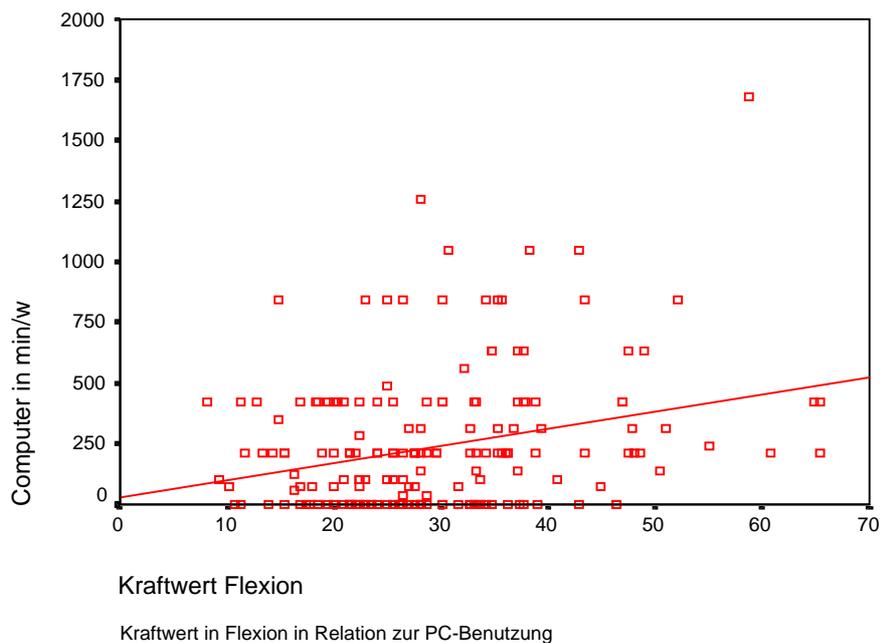
„Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem medialen Freizeitverhalten und den Wirbelsäulenparametern.“

#### Bivariate Korrelationsanalyse

Aufgrund des Fehlens der Normalverteilung wurde der Korrelationskoeffizient nach Spearman berechnet. Nach der Bonferroni-Korrektur gilt als Prüfwert der Signifikanz  $p \leq 0,003$  (vgl. DIEHL / STAUFENBIEL, 2001, 305).

#### - IPN Back Check

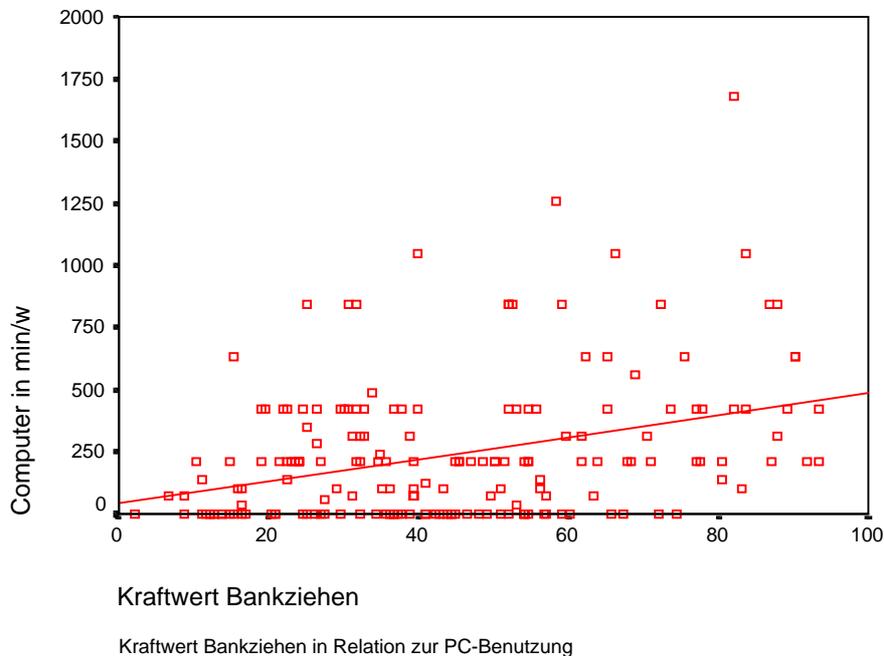
Die Kraftwerte der Flexion korrelieren hochsignifikant mit Computer ( $r=0,256$  mit  $p=0,000$ ), während mit Fernsehen kein signifikanter linearer Zusammenhang besteht.



Die Werte der Extension weisen mit keinem der Prädiktoren einen signifikanten linearen Zusammenhang auf.

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

Beim Bankziehen besteht ein hochsignifikanter linearer Zusammenhang mit Computer ( $r=0,303$  mit  $p=0,000$ ) und ein signifikanter linearer Zusammenhang mit Fernsehen ( $r=0,214$  mit  $p=0,003$ ).



### - Zebris CMS-System (Haltung)

Keine signifikanten linearen Zusammenhänge nachweisbar.

### - Zebris CMS-System (Beweglichkeit)

Keine signifikanten linearen Zusammenhänge nachweisbar.

## **Lineare Regressionsanalyse**

### - IPN Back Check

Die Flexion wird allein von Computer hochsignifikant beeinflusst mit  $R^2=0,078$  (entspricht 7,8%),  $\beta=0,279$ ,  $t=3,933$  und  $p=0,000$ .

Analog verhält es sich bei der Extension mit  $R^2=0,030$  (entspricht 3,0%),  $\beta=0,173$ ,  $t=2,382$  und  $p=0,018$ .

Beim Bankziehen stellt sich trotz signifikanter Korrelationen mit beiden Prädiktoren Computer als Haupteinflussfaktor heraus mit  $R^2=0,119$  (entspricht 11,9%),  $\beta=0,345$ ,  $t=4,976$  und  $p=0,000$ .

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

### - Zebris CMS-System (Haltung)

Obwohl in der bivariaten Korrelationsanalyse nicht ersichtlich, hat Fernsehen einen negativen signifikanten Einfluss auf den Sacralwinkel mit  $R^2=0,029$  (entspricht 2,9%),  $\beta= -0,169$ ,  $t= -2,226$  und  $p=0,027$ .

### - Zebris CMS-System (Beweglichkeit)

#### FLEXION:

Die Beckenbeweglichkeit in Flexion wird einzig von Computer negativ signifikant beeinflusst mit  $R^2=0,033$  (entspricht 3,3%),  $\beta= -0,182$ ,  $t= -2,394$  und  $p=0,018$ .

#### EXTENSION:

Keine signifikanten Modelle errechenbar.

#### LATERALFLEXION:

Obwohl in der Korrelationsanalyse nicht ersichtlich, zeigt Computer einen signifikanten Einfluss auf die thorakale Beweglichkeit nach rechts mit  $R^2=0,027$  (entspricht 2,7%),  $\beta=0,163$ ,  $t=2,138$  und  $p=0,034$ .

Computer gilt auch bei der thorakalen Beweglichkeit nach links mit  $R^2=0,025$  (entspricht 2,5%),  $\beta=0,159$ ,  $t=2,078$  und  $p=0,039$  als signifikanter Haupteinflussfaktor.

### Zusammenfassend lässt sich die Hypothese 3 b folgendermaßen bewerten:

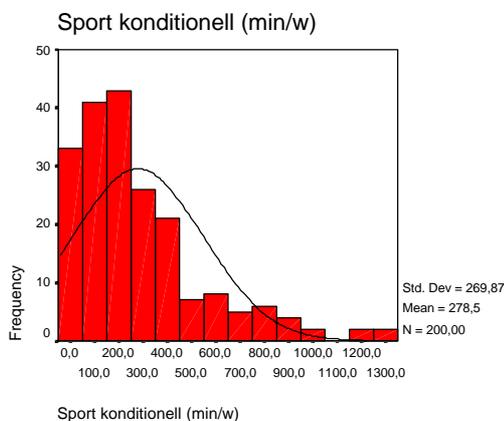
Ja, es besteht ein Zusammenhang zwischen dem medialen Freizeitverhalten, wobei sich Computer als Haupteinflussfaktor für alle Kraftparameter sowie für die Beckenbeweglichkeit in Flexion und die thorakale Beweglichkeit nach beiden Seiten zeigt. Fernsehen ist für den Sacralwinkel als negativ gerichteter Einflussfaktor festzustellen.

## 2.5. HYPOTHESE 4

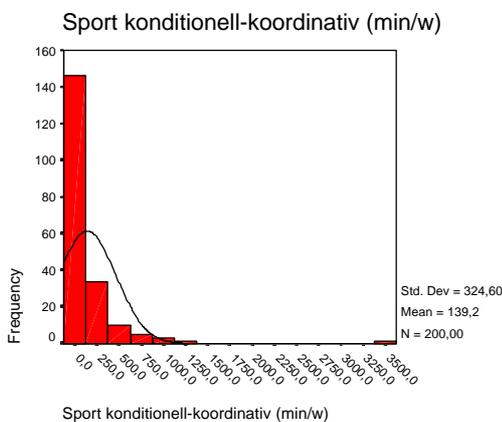
### 2.5.1. Deskriptive Statistik zum Sporttreiben

Insgesamt wurden 200 Werte zum Sporttreiben erhoben.

Der Mittelwert der konditionell geprägten Sportarten liegt bei 278,5 min/w (Minimum 0,0, Maximum 1300), Standardabweichung 269,87. Davon beträgt der Mittelwert der Jungen 262,53 min/w (SA 231,72), der der Mädchen 289,87 min/w (SA 294,40). Normalverteilung liegt nicht vor.

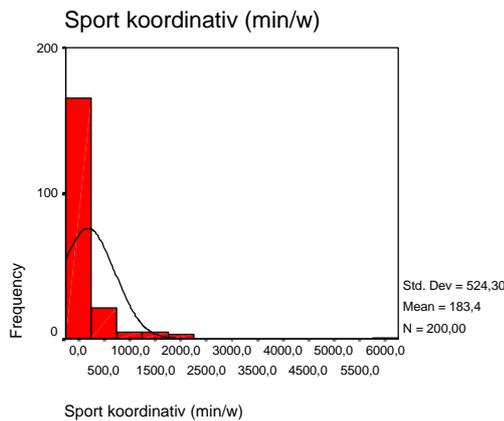


Bei den konditionell-kordinativ geprägten Sportarten beträgt der Mittelwert 139,2 min/w (Minimum 0,0, Maximum 3500,0), Standardabweichung 324,60. Davon beträgt der Mittelwert der Jungen 239,88 min/w (SA 277,64), der der Mädchen 67,82 min/w (SA 337,46). Normalverteilung liegt nicht vor.



## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder

Der Mittelwert der koordinativ geprägten Sportarten ist 183,4 min/w (Minimum 0,0, Maximum 5500,0), Standardabweichung 524,30. Davon beträgt der Mittelwert der Jungen 250,54 min/w (SA 465,61), der der Mädchen 135,73 min/w (SA 559,30). Normalverteilung liegt nicht vor.



### 2.5.2. Hypothese 4 a

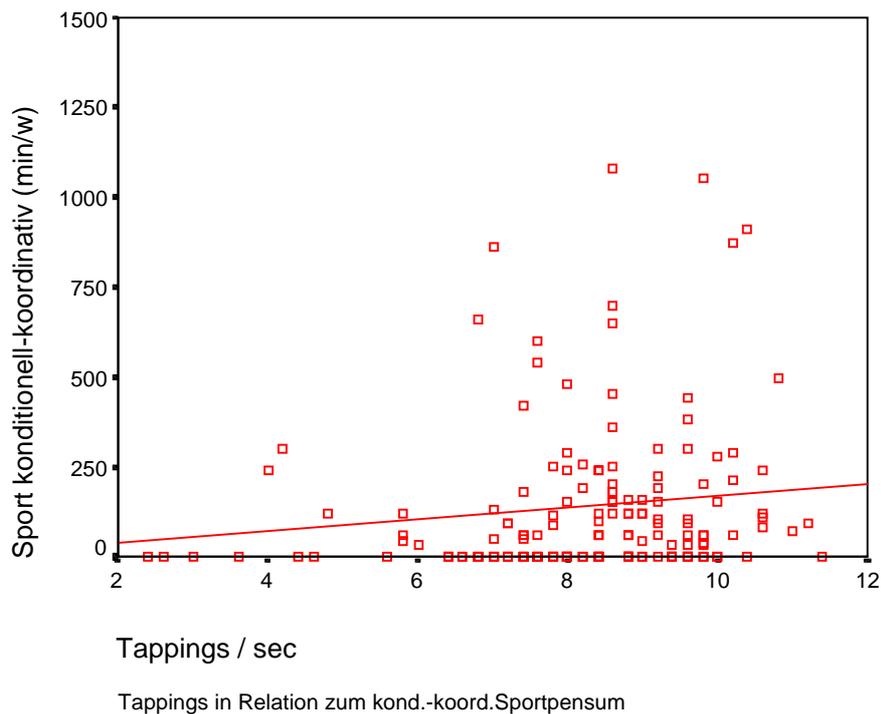
„Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem Sporttreiben und den konditionell-koordinativen und koordinativen Fähigkeiten.“

#### Bivariate Korrelationsanalyse

Wegen fehlender Normalverteilung wurde der Korrelationskoeffizient nach Spearman berechnet. Nach der Bonferroni-Korrektur ist der Prüfwert der Signifikanz  $p \leq 0,017$  (vgl. DIEHL / STAUFENBIEL, 2001, 305).

Sowohl die mittlere Gesamtnote des MFT, als auch der Gesamtstabilitätsindex (Biodex) zeigen keinen signifikanten linearen Zusammenhang zu den Sportarten im allgemeinen.

Einzig die Fuß-Tappings zeigen mit den konditionell-koordinativ geprägten Sportarten einen signifikanten linearen Zusammenhang ( $r=0,204$  mit  $p=0,006$ ).



### Lineare Regressionsanalyse

Beim Gesamtstabilitätsindex (Biodex) zeigen sich unter multivariater Betrachtung die konditionell geprägten Sportarten als Haupteinflussfaktor mit  $R^2=0,053$  (entspricht 5,3%),  $\beta=0,231$ ,  $t=3,223$  und  $p=0,001$ .

Für die mittlere Gesamtnote des MFT und die Fuß-Tappings sind keine signifikanten Modelle errechenbar.

### Zusammenfassend lässt sich die Hypothese 4 a folgendermaßen bewerten:

Ja, es besteht ein Zusammenhang zwischen dem Sporttreiben und den konditionell-koordinativen Fähigkeiten, da die zyklische Frequenzschnelligkeit der Fuß-Tappings positiv mit den konditionell-koordinativ geprägten Sportarten korreliert. Weiterhin erweisen sich die konditionell geprägten Sportarten als Prädiktor für den Gesamtstabilitätsindex (Biodex).

### 2.5.3. Hypothese 4 b

„Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem Sporttreiben und den Wirbelsäulenparametern.“

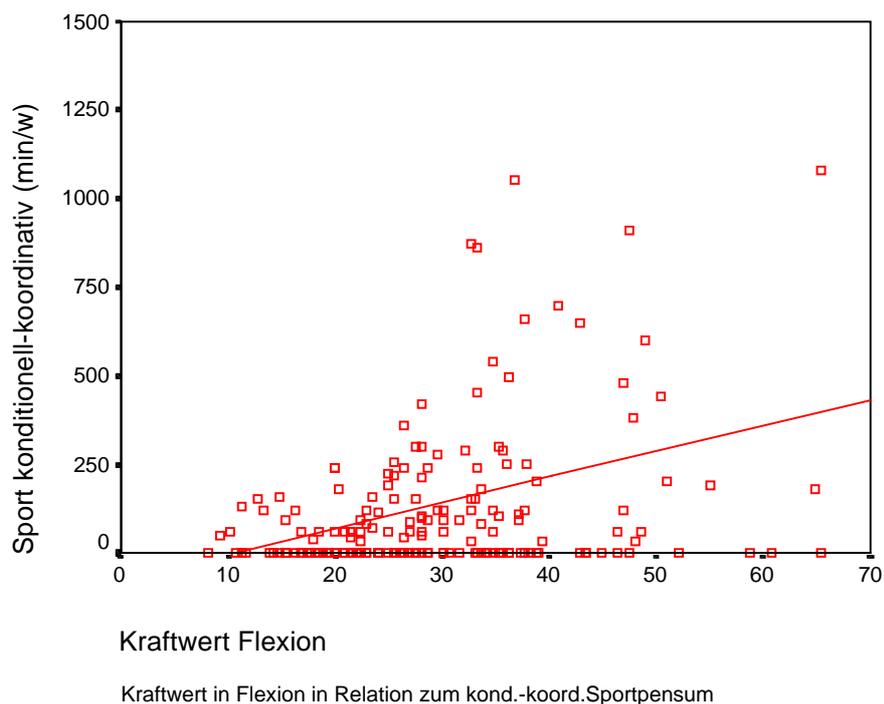
#### Bivariate Korrelationsanalyse

Wegen fehlender Normalverteilung wurde der Korrelationskoeffizient nach Spearman berechnet. Nach der Bonferroni-Korrektur gilt als Prüfwert der Signifikanz  $p \leq 0,003$  (vgl. DIEHL / STAUFENBIEHL, 2001, 305).

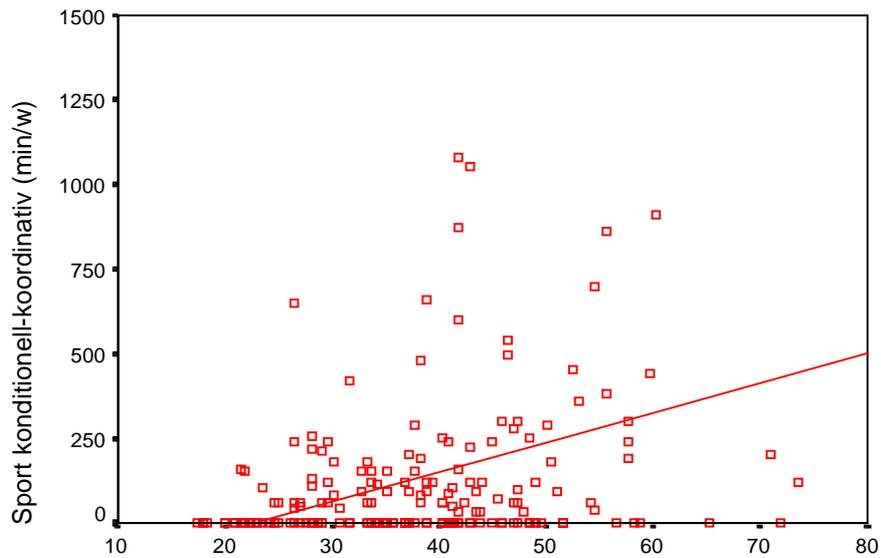
#### - IPN Back Check

Flexion ( $r=0,280$  mit  $p=0,000$ ), Extension ( $r=0,284$  mit  $p=0,000$ ) und Bankzug ( $r=0,224$  mit  $p=0,002$ ) korrelieren signifikant mit den konditionell-koordinativen Fähigkeiten.

Mit den anderen beiden Arten des Sporttreibens bestehen keine linearen Zusammenhänge.

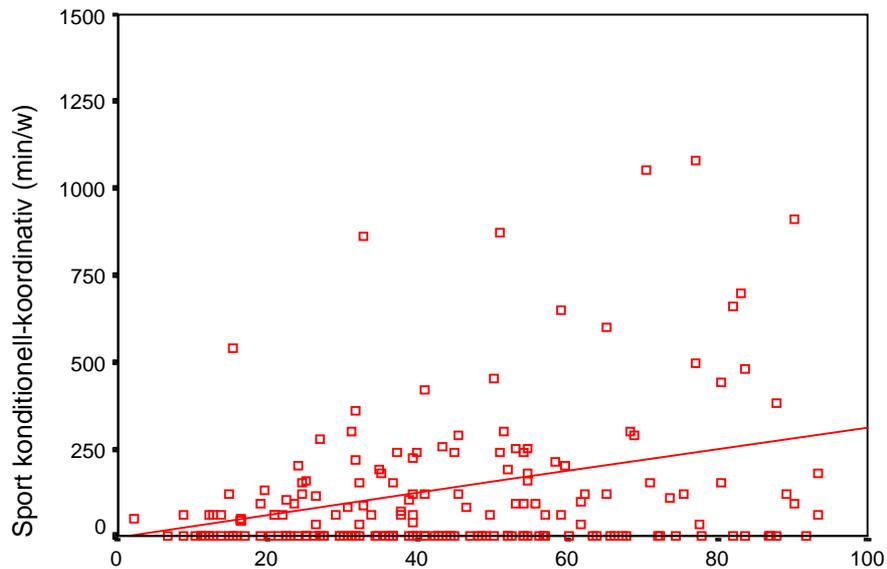


Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14-jähriger Schulkinder



Kraftwert Extension

Kraftwert in Extension in Relation zum kond.-koord.Sportpensum



Kraftwert Bankziehen

Kraftwert Bankziehen in Relation zum kond.-koord.Sportpensum

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

### - Zebris CMS-System (Haltung)

Keine signifikanten linearen Zusammenhänge nachweisbar.

### - Zebris CMS-System (Beweglichkeit)

Keine signifikanten linearen Zusammenhänge nachweisbar.

## **Lineare Regressionsanalyse**

### - IPN Back Check

Für die Flexion zeigen sich die konditionell-kordinativ geprägten Sportarten als Haupteinflussfaktor mit  $R^2=0,063$  (entspricht 6,35),  $\beta=0,251$ ,  $t=3,505$  und  $p=0,001$ . Analog verhält es sich bei der Extension mit  $R^2=0,094$  (entspricht 9,4%),  $\beta=0,307$ ,  $t=4,360$  und  $p=0,000$  sowie beim Bankziehen mit  $R^2=0,046$  (entspricht 4,6%),  $\beta=0,214$ ,  $t=2,970$  und  $p=0,003$ .

### - Zebris CMS-System (Haltung)

Hier stellen sich unter multivariater Betrachtung die konditionell geprägten Sportarten als negativ gerichteter Haupteinflussfaktor dar für den Sacralwinkel mit  $R^2=0,030$  (entspricht 3,0%),  $\beta= -1,73$ ,  $t= -2,271$  und  $p= 0,024$ .

Für die anderen beiden Haltungparameter sind keine signifikanten Modelle errechenbar.

### - Zebris CMS-System (Beweglichkeit)

FLEXION:

Keine signifikanten Modelle errechenbar.

EXTENSION:

Die thorakale Beweglichkeit in Extension wird hauptsächlich beeinflusst von den konditionell geprägten Sportarten mit  $R^2=0,065$  (entspricht 6,5%),  $\beta=0,255$ ,  $t=3,407$  und  $p=0,001$ .

Bei der Beckenbeweglichkeit in Extension wirken die konditionell geprägten Sportarten negativ gerichtet mit  $R^2=0,031$  (entspricht 3,1%),  $\beta= -0,176$ ,  $t= -2,304$  und  $p=0,022$ .

LATERALFLEXION:

Keine signifikanten Modelle errechenbar.

Zusammenfassend lässt sich die Hypothese 4 b folgendermaßen bewerten:

Ja, es besteht ein Zusammenhang zwischen dem Sporttreiben und den Wirbelsäulenparametern, wobei die konditionell-koordinativ geprägten Sportarten signifikant positiv mit den Rumpfkraftparameter korrelieren.

Multivariat betrachtet beeinflussen die konditionell geprägten Sportarten die thorakale Wirbelsäulenbeweglichkeit in Extension positiv, während mit der Beckenbeweglichkeit in Extension ein negativ gerichteter Zusammenhang besteht.

### 3. Diskussion

#### **3.1. Analyse der konditionell-koordinativen und koordinativen Fähigkeiten**

Die Effizienz und Genauigkeit der Bewegung verbessert sich kontinuierlich während der Kindheit und wird während der Adoleszenz schließlich verfeinert (vgl. BRANTA et al., 1984, 467). Demnach erreichen Mädchen um das 13. Lebensjahr herum ein motorisches Plateau und können sich danach sogar noch verschlechtern, während die motorischen Leistungen der Jungen (v.a. Kraft und muskuläre Ausdauer) weiter ansteigen. Nach VOLVER et al. (2000, 17) wirkt sich der frühe sexuelle Reifegrad bei Mädchen deutlich positiv auf die motorische Leistungsfähigkeit aus. Demnach ist für eine Verbesserung der Motorik das Erreichen des Reifegrad II nach Tanner ausschlaggebend. Leider können Veränderungen dieser Art in der vorliegenden Arbeit aufgrund des Querschnittsdesigns nicht verfolgt werden.

Die Darstellung der Ergebnisse des MFT belegt, dass mit 57,0% die überwiegende Mehrheit der Schulkinder die Gesamtbeurteilung „befriedigend“ erhielt und die Note „sehr gut“ überhaupt nicht erreicht wurde. Im Rahmen der WIAD-Studie (2001, 22) wurde an 12- bis 18-jährigen Kindern und Jugendlichen ebenfalls der MFT durchgeführt und auch hier erhielt der Großteil der Schulkinder (53,2%) die Note „befriedigend“. Insgesamt stellte man im Vergleich zu bereits vorhandenen Ergebnissen aus den Jahren 1985 und 1995 so deutliche Verschlechterungen des Leistungsprofils fest, dass die T-Werte neu geeicht werden müssen, um dem aktuellen Leistungsstand genüge zu tun.

Als Summenwert des MFT korreliert die **mittlere Gesamtnote** in der vorliegenden Arbeit im Hinblick auf die entwicklungsbiologischen Parameter in geringem Maße signifikant positiv mit dem Körpergewicht, welches 6,4% der Varianz aufklärt. Nach der WIAD-Studie (2001, 23) konnte zunächst kein eindeutiger Zusammenhang zwischen einem höheren Body-Mass-Index (BMI) und den Testergebnissen nachgewiesen werden. Die Autoren begründen dieses Ergebnis mit einer höheren Motivation der dickeren Kinder, um bessere Resultate im MFT zu erzielen, jedoch soll dieses Ergebnis mit Hilfe einer erweiterten Datenbasis überprüft werden. In ihrer Erprobung des MFT konnten SENF et al. (1995, 152) bezüglich der Teilaufgaben eine negative Abhängigkeit zur Körpergröße und zum Gewicht nachweisen. Nach KIM et al. (1993, 17) wirkt sich das Gewicht bei übergewichtigen 12- bis 14-jährigen Jungen auch negativ auf die motorische Leistungsfähigkeit aus, außer auf die Rumpfkraft.

LOKO et al. (2000, 109) untersuchten die motorische Leistungsfähigkeit bei Jugendlichen und konnten bezüglich des Alters signifikante Mittelwertsunterschiede zwischen den untersuchten Altersgruppen (10-17 Jahre) nachweisen: Die größten Unterschiede traten zwischen den Altersstufen 10-11, 11-12 und 12-13 auf, die mit der größten Streuung bezüglich Größe und Gewicht im jeweils gleichen Alter einhergehen. Zwischen 13 und 14 Jahren stagnierte bzw. verschlechterte sich die Leistungsfähigkeit (vgl. BRANTA et al., 1984, 467). Zwischen 14 und 16 Jahren traten wieder deutliche Unterschiede auf. Mit 16/17 Jahren war die motorische Leistungsfähigkeit manifestiert. Diese auch aus der Talentauswahl bekannte Abhängigkeit der mittleren Testleistungen vom Alter konnte sowohl bei SENF et al. (1995, 153), als auch in der vorliegenden Arbeit nicht bestätigt werden.

Geschlechtsspezifische Unterschiede lassen sich sowohl in der vorliegenden Studie, als auch bei KIM et al. (1993, 17) nicht feststellen, wohingegen bei BRANTA et al. (1984, 467) die Mädchen bessere Leistungen erreichten als die Jungen.

Im Hinblick auf lange Sitzzeiten (PC, TV) konnten keine signifikanten Zusammenhänge mit dem MFT nachgewiesen werden, genauso wenig wie in Bezug auf sportliche Aktivität. In der vorliegenden Arbeit treiben 22% der Probanden 2 bis 4 Stunden pro Woche konditionell geprägte Sportarten (negative Antwort: 14,5%), 13% üben 1-2 Stunden pro Woche konditionell-koordinativ geprägte Sportarten aus (negative Antwort: 47,5%) und 10,5% 1-2 Stunden pro Woche koordinativ geprägte Sportarten (negative Antwort: 59,5%). Hier wirkt wieder das Querschnittsdesign der vorliegenden Studie in negativem Sinne, da nach der WIAD-Studie (2001, 7) ein deutliches Nachlassen der sportlichen Aktivität ab dem 16. bzw. 17. Lebensjahr eintritt. Während dort im Alter von 13 und 14 Jahren 64% der Befragten vier Stunden und mehr pro Woche Sport treiben, fällt die Zahl bei den 18-jährigen auf nur noch 47%. Dies geht mit einer Abnahme der Bedeutung des Sports einher, die durch den Wegfall des Schulsports bedingt ist.

Bei der Messung mit dem **Biodex Stability System** wurde die Gleichgewichtsfähigkeit getestet. Dabei zeigte sich ein deutlicher Einfluss des Körpergewichts, das 16,7% der Varianz aufklärt und unter Hinzunahme des Alter steigt die erklärte Varianz auf 25,3% an. Auch mit der Größe besteht ein geringer signifikanter Zusammenhang. Nach BALOGUN et al. (1994, 58; 1997, 153) verbessert sich die Gleichgewichtsfähigkeit mit zunehmendem Alter, wobei die maximalen Werte bei den Geschlechtern zu verschiedenen Zeitpunkten auftraten. Auch

hier zeigten sich Größe und Gewicht als Einflussfaktoren auf die Gleichgewichtsfähigkeit. YOSHIDA (1997, 729) stellte bei Jüngeren im allgemeinen bessere Gleichgewichtsfähigkeiten fest als bei Älteren, wobei jüngere Probanden im mediolateralen Ausgleich besser abschnitten, ältere Probanden dagegen anterior-posterior.

Männliche Probanden waren durchwegs besser als die weiblichen Versuchspersonen (vgl. BALOGUN et al., 1997, 153). Diesbezüglich konnte von uns durch das Querschnittsdesign kein geschlechtsspezifischer Unterschied nachgewiesen werden.

Im Hinblick auf lange Sitzzeiten zeigte sich in unserer Untersuchung ein sehr geringer positiver Einfluss der PC-Benutzung auf die Gleichgewichtsfähigkeit.

Die konditionell geprägten Sportarten klärten 5,3% der Varianz auf. Nach BALOGUN et al. (1997, 153) wirkt sich sportliche Aktivität auch bei Kindern positiv auf die Gleichgewichtsfähigkeit aus.

Die **Fuß-Tappings** als Parameter der zyklischen Frequenzschnelligkeit standen in der vorliegenden Arbeit in keinem signifikanten Zusammenhang mit den entwicklungsbiologischen Daten.

Dagegen konnte zwischen den Geschlechtern ein hochsignifikanter Unterschied zugunsten der Jungen festgestellt werden. Nach HEISIG / REGNER (in BAUERSFELD / VOSS, 1992, 25) sind mit Ausnahme des Vorschul- und frühen Schulalters (3 bis 8 Jahre) in allen Altersbereichen statistisch gesicherte geschlechtsspezifische Unterschiede nachweisbar. THIENES (1999, 20) konnte dagegen für das wechselseitige Beintapping in seiner Untersuchung keine signifikanten Leistungsunterschiede zwischen den Geschlechtern feststellen.

Bezüglich des medialen Freizeitverhaltens zeigte die PC-Benutzung einen geringen Einfluss auf die Frequenzschnelligkeit, der durch das Beanspruchungsprofil von Computerspielen erklärt werden könnte. Dabei sind hohe Reaktionsgeschwindigkeit und hochfrequente, kleinräumige Bewegungen erforderlich. Dies kann in Zusammenhang gesetzt werden mit dem Geschlecht, da die männlichen Probanden sowohl hochsignifikant bessere Tapping-Ergebnisse aufweisen, als auch dreimal soviel Zeit am PC verbringen wie die Mädchen.

Bei der Betrachtung der sportlichen Aktivität ließ sich ein geringer positiver Zusammenhang der Tappings mit den konditionell-koordinativ geprägten Sportarten nachweisen. Nach REILLY et al. (2000, 669) stellen konditionell-koordinativ geprägte Sportarten (hier: Fußball)

multifaktorielle Anforderungen an den Sportler. In ihrer Untersuchung schnitten Fußballspieler durch eine hohe Bewegungsfrequenz und geringe Muskelkraft gut in intermittierenden Tests ab. Die Untersuchungsergebnisse von THIENES (1999, 22) weisen die zyklische Frequenzschnelligkeit als intermuskuläre Koordinationsleistung aus.

Insgesamt lag der Median der Tappings in der vorliegenden Arbeit bei 8,4 Taps/sec (entspricht 8 Hz), Standardabweichung 1,59. VOSS / WERTHNER (1994, 19) unterteilen zyklische Zeitprogramme in zwei Messzeiträume, wonach die Tappingfrequenz zwischen 0 und 6 Sekunden liegt, die Tappingausdauer dagegen zwischen 7 und 20 Sekunden. Wir wählten mit 10 Sekunden Messdauer den Bereich der Tappingausdauer, da die Probanden untrainiert waren und hohe interindividuelle Koordinationsschwächen aufwiesen. Für 14-jährige Jungen geben VOSS / WERTHNER (1994, 18) den altersspezifischen Maximalwert zur Tappingausdauer mit 13,5 Hz an, wohingegen unsere Probanden insgesamt deutlich niedriger lagen. THIENES (1999, 20) untersuchte Sportstudenten (Durchschnittsalter 23,3 Jahre) und erhielt einen mittleren Wert von 9,24 Taps/sec (entspricht 9 Hz), Standardabweichung 1,62.

Bei Betrachtung des Pensums der konditionell-kordinativ geprägten Sportarten lag der Mittelwert der Jungen fast viermal so hoch als der der Mädchen. Im Rahmen der WIAD-Studie (2001, 2) weisen BRETTSCHEIDER / BRÄUTIGAM auf deutliche Unterschiede zwischen den Geschlechtern hin, was die Wichtigkeit des Sports angeht. Für Mädchen ist Sport weniger wichtig als für Jungen und sie treiben insgesamt weniger und unregelmäßiger Sport als ihre männlichen Altersgenossen. In der vorliegenden Studie tendieren Mädchen eher zu Ausdauersportarten (Mittelwert der Mädchen: 289,87 min/w, Mittelwert der Jungen: 262,53 min/w), wohingegen Jungen deutlich mehr in den konditionell-kordinativ geprägten Sportarten aktiv sind (Mittelwert der Jungen: 239,88 min/w., Mittelwert der Mädchen: 67,82 min/w). Auch in den koordinativ geprägten Sportarten überwiegen die Jungen deutlich (Mittelwert der Jungen: 250,54 min/w, Mittelwert der Mädchen: 135,73 min/w).

### **3.2. Analyse der Rumpfkraft**

Mit dem IPN Back Check wurde die maximale isometrische Rumpfkraft in Flexion und Extension sowie die maximale Kraft der Schulter-Arm-Muskulatur beim Bankziehen erhoben.

Bisher fehlen vergleichbare Untersuchungen zur maximalen Rumpfkraft von Kindern und Jugendlichen mit dem Back Check-Gerät in der Literatur. BATHE (2000) untersuchte als einziger Schulkinder der 7. und 8. Klassen einer Sportschule und einer regulären Schule mit dem Back Check. Insgesamt ist man sich aber in der Literatur einig, dass ein Mangel bzw. Ungleichgewicht der Rumpfkraft bei Kindern und Jugendlichen im späteren Lebensalter zu Rückenschmerzen führen (NEWCOMER et al., 1997; ZITTING / VANHARANTA, 1998, 148; LEE et al., 1999, 54, BATHE, 2000, 41).

Der Kraftwert der Flexion korreliert in der vorliegenden Arbeit signifikant mit dem Alter, der Größe und dem Körpergewicht der Probanden. In der linearen Regression stellte sich für die Flexion die Körpergröße mit einer Aufklärung von 18,3% als Haupteinflussfaktor dar. Die Extension wurde ebenfalls hauptsächlich beeinflusst von der Größe (Aufklärung von 9%). BATHE (2000, 34; 37) hingegen konnte nur eine sehr geringe Beziehung der Kraftwerte zur Größe nachweisen.

Weiterhin zeigte sich eine negative Korrelation des Gewichts zum Kraftwert der Extension. BATHE (2000, 34; 37) stellte dies bei der Betrachtung von Sportschülern ebenso fest, wonach daraus ein gutes Last-Kraft-Verhältnis entstehe. SINAKI et al. (1996, 1047) extrahierten bei ihrer Untersuchung an Jugendlichen zwischen 5 und 18 Jahren dieselben Faktoren (vgl. CARRON / BAILEY, 1974, 1), einzig in der Extension stellten sie einen positiven Zusammenhang fest mit dem Gewicht (vgl. KIM et al., 1993, 17). Nach BLIMKIE et al. (1990, 313) ist das Gewicht jedoch für die Maximalkraftentwicklung ein negativ wirkender Faktor.

Wie bei Erwachsenen, waren die Kraftwerte der Extension höher als die der Flexion (vgl. BALAGUE et al., 1993, 1204; BATHE, 2000, 27; SCHLÄCHTER, 2001, 73). Das Kraftverhältnis betrug bei den männlichen Probanden 128% Extensionskraft zu 100% Flexion, bei den weiblichen Probandinnen 153%. Bei BATHE (2000, 42) erreichten die Jungen 150% Extension zu 100% Flexion und die Mädchen 165%. Insgesamt liegen die Kraftproportionen im frühen Jugendalter höher als im Erwachsenenalter (vgl. SCHLÄCHTER, 2001, 73).

Im Hinblick auf den Kraftwert beim Bankziehen zeigte sich wiederum die Körpergröße als Haupteinflussfaktor.

Die Jungen erreichten in allen drei Kraftmessungen höhere Werte als die Mädchen. BATHE (2000, 28) konnte dies bei seinen Messungen mit dem Back Check ebenso feststellen. Nach

BALOGUN et al. (1991, 87) weisen männliche Probanden in allen Altersklassen höhere Rumpfkraftwerte auf als die weiblichen Testpersonen. NEMETH / OHLSEN (1985 in DENNER, 1998, 28) begründen das geringere Kraftpotential der Frau durch signifikant geringere Momentarmlängen der Mm. rectus abdominis und obliqui abdominis in der Sagittalebene und durch hochsignifikant kürzere Momentarme der Mm. obliqui abdominis und psoas in der Frontalebene. Nach SINAKI et al. (1996, 1047) differenzieren sich Jungen und Mädchen bezüglich der Kraft schon mit 9 bis 10 Jahren. Nach NEWCOMER et al. (1997, 52) erreichten Jugendliche beiderlei Geschlechts (Alter zwischen 10 und 19 Jahren) ihr Maximum in der Rumpfkraft etwa ein Jahr nach dem stärksten Wachstumsschub.

Nach BALAGUE et al. (1993, 1203) wirken neben Alter, Größe und Gewicht noch weitere Faktoren auf die Kraftentwicklung bei Heranwachsenden ein wie z.B. neuromuskuläre Reifung und biochemische Veränderungen. Chronologisch betrachtet, unterscheiden sich Jungen und Mädchen im Hinblick auf die Kraft durch den zeitversetzten Wachstumsschub, der bei Mädchen früher einsetzt. Durch das Querschnitt-Studiendesign können keine Schlüsse über entwicklungsbedingte Unterschiede der Kraft zwischen den Geschlechtern gezogen werden.

Im Hinblick auf lange Sitzzeiten stellte sich die PC-Benutzung als geringer Einflussfaktor auf die Rumpfkraft dar. In der Flexion werden dadurch 7,8% aufgeklärt, in der Extension nur 3% und beim Bankziehen 11,9%. Letzteres wird zurückgeführt auf einen teilweisen „Trainingseffekt“ der Schulter-Arm-Muskulatur bei diversen Computerspielen durch technische Hilfsmittel wie Joystick, Lenkrad u.a. Die männlichen Probanden der vorliegenden Studie verbrachten rund dreimal soviel Zeit am PC wie die weiblichen Probandinnen.

Der positive Zusammenhang zwischen der Rumpfkraft und sportlicher Aktivität ist in der Literatur schon gut untersucht. Nach NEWCOMER et al. (1997, 52) ist sportliche Aktivität im Kindes- und Jugendalter ein äußerst wichtiger Faktor, einerseits wegen der direkten positiven Wirkungen auf den Körper des Heranwachsenden, andererseits durch Beeinflussung einer bleibenden zukünftigen gesunden Lebensweise. In ihrer Studie wirkte sich sportliche Aktivität im allgemeinen signifikant positiv auf die Rumpfkraft in Flexion und Extension aus, wobei mehr als 30 Minuten pro Tag eingeplant werden müssten. Auch SALMINEN et al. (1993, 406) stellten bei den untersuchten Jugendlichen zuwenig sportliche Aktivität fest (weniger als zweimal pro Woche) und in dieser Gruppe stellte sich eine deutlich mangelhafte Rumpfkraftsituation dar. PELTONEN et al. (1998, 66) untersuchten heranwachsende

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

Mädchen bezüglich ihrer Rumpfkraft und erhielten bei sportlich aktiven Probandinnen signifikant höhere Kraftwerte in Flexion und Extension durch verstärkte Hypertrophie, Kraft und Kraftausdauer.

Zu wenig Sport im Kindes- und Jugendalter gilt demnach als Risikofaktor für Rückenschmerz (vgl. PORTER et al., 1989, 201) sowie für Osteoporose (SCHONAU, 1998, 27). SUNDBERG et al. (2001, 230) untersuchten in diesem Zusammenhang, ob der Schulsport allein die Knochenmasse der Schulkinder beeinflusst. Dazu wurde das Curriculum der Schüler (Alter zwischen 12 und 16 Jahren) erweitert und man erhielt positive Ergebnisse bei den Jungen. Bei den Mädchen wären nach Ansicht der Autoren die selben Ergebnisse in jüngeren Jahren nachweisbar. Auch BATHE (2000, 27) stellte in der Flexion und Extension bei den Sportschülern signifikant höhere Kraftwerte fest als bei den Nichtsportlern.

BALAGUE et al. (1993, 1204) konnten keinen positiven Einfluss von sportlicher Aktivität auf die isokinetische Rumpfkraft feststellen, führen dies jedoch auf das niedrige Sportpensum der Probanden zurück. Weiterhin überlegen die Autoren, ob nicht ein speziellerer Test der Kraftausdauerfähigkeiten deutlichere Ergebnisse zwischen Sportlern und Nichtsportlern ergeben hätte. NEWCOMER / SINAKI (1996, 1433) erhielten sogar negative Effekte in Form von mehr Rückenschmerzangaben durch sportliche Aktivität und hohe Kraftwerte der Rumpfflexoren. Als Gründe dafür werden muskel-, sehnens- und bänderbedingte Verletzungen angenommen.

In der vorliegenden Arbeit wirkten sich von den drei untersuchten Varianten des Sporttreibens im Hinblick auf die Rumpfkraft einzig die konditionell-koordinativ geprägten Sportarten aus. Dabei werden bei der Flexion 5,8%, bei der Extension 8,9% und beim Bankziehen 4,6% aufgeklärt. Dies entspricht den Ergebnissen von WILLIAMS / SINGH (1997, 271), die beim Vergleich der Rumpfkraft zwischen Spielsportlern und Läufern die höchsten Kraftwerte bei den Spielsportlern feststellten. STRONG / TITLOW (1997, 1755) schließen sich diesen Ergebnissen an.

Der Median der Flexion lag in der vorliegenden Arbeit, die als Probanden ausschließlich Freizeitsportler enthielt, bei 27,77 kg. BATHE (2000, 27) erhielt bei den Freizeitsportlern in der Flexion einen mittleren Wert von 30,04 kg und bei den Sportschülern 36,69 kg. In der Extension erreichten unsere Probanden einen Mittelwert von 38,61 kg, BATHE führt bei den Freizeitsportlern 46,24 kg und bei den Sportschülern 53,73 kg auf.

Bezüglich der Sportarten zeigte sich auch bei BATHE (2000, 32) die Vorrangstellung der konditionell-koordinativ geprägten Sportarten (hier: Turnen, Leichtathletik, Fußball, Boxen), wohingegen die konditionell geprägten Sportarten (hier: Radfahren) auf den hinteren Rängen erscheinen. Leider lassen sich die verschiedenen Sportarten durch die geringe Datendichte nur sehr schwer miteinander vergleichen. Insgesamt fordern die konditionell-koordinativ geprägten Sportarten die Rumpfmuskulatur durch ein abwechslungsreiches Beanspruchungsprofil in multifaktorieller Weise.

### **3.3. Analyse der Wirbelsäulenform und -beweglichkeit**

Ziel der dreidimensionalen Ultraschalltopometrie (Zebris CMS-System) war die Erfassung von Form und Beweglichkeit der Wirbelsäule bei Schulkindern im Alter zwischen 12 und 14 Jahren. Dazu wurden mit der Messtechnik „Pointer Mobility“ insgesamt 3 Haltungs- und 10 Beweglichkeitsparameter erfasst.

Bisher fehlen Untersuchungen mit dem Zebris-Analysegerät bei Kindern und Jugendlichen in der Literatur, da nur Daten von Erwachsenen erhoben wurden. TROBOS et al. (unveröffentlicht) sind die einzigen, die Kinder und Jugendliche (im Alter zwischen 6 und 18 Jahren) mit dem Zebris-System untersucht haben.

#### **HALTUNG**

Zur Analyse der Haltung im aufrechten Stand dienen die Werte der Thorakalkyphose, der Lendenlordose und des Sacralwinkels.

Die **Kyphose** umfasste hier den Wertebereich zwischen 20 und 79 Grad, wobei mehr als zwei Drittel der Kyphosen zwischen 20 und 50 Grad liegen (Median 46,5°). In der Literatur wird die juvenile Kyphose zwischen 20 und 40 Grad angegeben (ROAF et al., 1960, 40; MOE et al., 1978, 325). WILLNER (1981, 525 und 1983, 873) stellte bei seinen Studien eine sehr große Variabilität des Kyphosewinkels fest. Bei Jungen gibt er Werte zwischen 29,2° und 37,4° an, bei Mädchen Werte zwischen 27,1° und 34,9°. Die flachsten Kyphosen fand WILLNER bei den 10- bis 12-jährigen Versuchspersonen, begründet durch die langsamste Wachstumsgeschwindigkeit in der Entwicklung, die ausgeprägtesten Kyphosen traten bei den 14-jährigen auf mit durchschnittlich 37° bei Jungen und 35° bei Mädchen (vgl. ASMUSSEN /

HELBÖLL-NIELSEN, 1959, 174). NISSINEN (1995, 308) jedoch fand die stärksten Kyphosen schon früher, nämlich im durchschnittlichen Alter von 12,8 Jahren.

WILLNERS Aussagen nach gibt es keine signifikante Alters- oder Geschlechtsabhängigkeit. Diese Ergebnisse konnten auch in der vorliegenden Arbeit bestätigt werden. MELLIN / POUSSA (1992, 211) konnten bei Kindern im Alter zwischen 8 und 16 Jahren ebenfalls keine altersabhängigen Unterschiede der Kyphose finden, im Gegensatz zu WILLNER jedoch bei Mädchen flachere Kyphosen als bei Jungen (vgl. MELLIN et al., 1988, 152). Als Ursache wird das biologische Alter der Geschlechter angegeben, die in der Phase der Pubertät deutliche Unterschiede im Reifegrad aufweisen. Die Jungen sind zwischen 12 und 14 Jahren im Wachstumsschub, während sich die Mädchen in der postmenarchischen Phase, also im vermindertem Wachstum befinden. TROBOS et al. (unveröffentlicht) erhielten in Bezug auf die Kyphose gegensätzliche Resultate, nach denen die weibliche Kyphose bei den 6-18jährigen Versuchspersonen zwischen 2 und 5 Grad stärker ausgeprägt war als die männliche. Auch hier waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersklassen nachweisbar. FON et al. (1980, 979) stellten sowohl bei Kindern, als auch bei Erwachsenen mit zunehmendem Alter eine kontinuierliche Zunahme des Kyphosewinkels fest (vgl. SUZUKI et al., 1981, 122; NISSINEN, 1995, 308; WIDHE, 2001, 118).

Die ermittelten Werte von WILLNER (1981, 525; 1983, 873) und auch von CARR et al. (1991, 656) liegen niedriger als die Kyphosewerte der vorliegenden Untersuchung. Generell besteht in der Literatur eine einhellige Meinung, dass die individuelle Variabilität der Kyphose sehr groß sei und daher Normbereiche sinnvoller seien als echte Mittelwerte (PROBST-PROCTOR / BLECK, 1983, 344; BERNHARDT / BRIDWELL, 1989, 717).

Von den entwicklungsbiologischen Daten zeigt einzig das Körpergewicht einen signifikanten Einfluss. Lange sitzende Betätigung bei Fernsehen oder Computerbenutzung wirkte sich nicht signifikant auf die Kyphose aus, genauso wenig wie Sporttreiben. WOJTIS et al. (2000, 490) konnten hingegen bei Kindern zwischen 8 und 18 Jahren einen Zusammenhang zwischen der Ausprägung der Kyphose und der Trainingszeit nachweisen, wonach die Kyphosewinkel mit intensivem Training zunahmen. Turner zeigten dabei die auffälligsten Anstiege.

Die **Lordose** wird im Kindes- und Jugendalter mit Normwerten zwischen 40 und 60 Grad angegeben (MOE et al., 1978, 325, LORD et al., 1997, 2571) und nach WILLNER (1983, 877) besteht eine gegenseitige Abhängigkeit im Sinne einer Kompensation zwischen Lordose

und Kyphose. Die Lordosewerte der vorliegenden Arbeit liegen jedoch weit unter diesem Normbereich mit durchschnittlich  $24,5^\circ$ . Dies entspricht den Ergebnissen von TROBOS et al. (unveröffentlicht), die bei Mädchen Werte zwischen  $28^\circ$  und  $33^\circ$  feststellten, bei Jungen Werte zwischen  $19^\circ$  und  $34^\circ$ . Ein Grund für solche Schwankungen stellen nach WILLNER (1983, 877) die unterschiedlichen Messverfahren dar, die zu großen Unterschieden in den Angaben führen.

Nach POLLY et al. (1996, 1530) und LORD et al. (1997, 2571) ist ein allgemein gültiger Normbereich für die Lordose noch schwieriger festzulegen als für die Kyphose, da selbst bei der röntgenologischen Messung nach COBB Unklarheiten über die Höhe des zu messenden Endwirbels bestehen. Daher können sehr unterschiedliche Werte resultieren. Weiterhin wird nach STAGNARA et al. (1982, 335) die Ausprägung der Lordose durch die Positionierung der Arme während der Messung beeinflusst. WRIGHT / BELL (1991, 748) empfehlen, die Ausprägung der Lordose zwischen dem oberen Rand des ersten und fünften Lendenwirbels zu messen und NISSINEN (1995, 308) gibt gar eine geringere klinische Importanz der Lordose im Vergleich zu Kyphose an.

In der vorliegenden Arbeit konnten keine statistisch signifikanten Zusammenhänge der Lordose mit den entwicklungsbiologischen Daten (Alter, Größe, Gewicht) und auch keine geschlechtsspezifischen Unterschiede festgestellt werden. Dies resultiert wohl aus der geringen Altersspanne der Versuchspersonen. TROBOS et al. (unveröffentlicht) geben zur Entwicklung der Kyphose zwischen 8 und 18 Jahren eine Stagnation des Lordosewinkels bei den Mädchen an, wogegen die Lordose bei Jungen im Laufe der Entwicklung konstant abflacht. Nach NISSINEN (1995, 308) nimmt die durchschnittliche Lordose bei beiden Geschlechtern mit dem Alter ab, so dass die am geringsten ausgeprägte Lordose im Alter von 13,8 Jahren festgestellt wurde. Dem widersprechen die Ergebnisse von WRIGHT / BELL (1991, 748) sowie WIDHE (2001, 118), wonach die Lordose mit dem Alter hin zunimmt. Insgesamt ist dabei die weibliche Lordose stärker ausgeprägt als die männliche. Die vorliegende Arbeit konnte keinen signifikanten Zusammenhang nachweisen zwischen der Ausprägung der Lordose und langer sitzender Haltung (TV, Computer). Nach LORD et al. (1997, 2571) verändert sich der Lordosewinkel (L1-S1) vom Stehen (durchschnittlich  $49^\circ$ ) zum Sitzen (durchschnittlich  $34^\circ$ ) enorm. Durch eine bei unsauberer Haltung verringerte Lordose steigt der intradiscale Druck der Bandscheiben bei Sitzen. Dies soll die mittels einer

Sitzhilfe ausgeglichen werden. Nach FARFAN et al. (1972, 492) führt eine geringe Lordose zu einer erhöhten Degeneration der Zwischenwirbelscheiben im Bereich von L5-S1.

Sporttreiben im allgemeinen zeigte in der vorliegenden Studie ebenfalls keinen signifikanten Zusammenhang mit der Lordose. WOJTIS et al. (2000, 490) hingegen wiesen in ihrem Kollektiv wiederum einen positiven Zusammenhang der Lordose mit sportlichem Training nach.

Der **Sacralwinkel** beeinflusst die aufrechte Haltung in Zusammenhang mit der Lordose und wird deshalb auch als Lumbosacralwinkel aufgeführt. ABITBOL (1989, 379) definiert den Sacralwinkel als Winkel zwischen dem ersten und letzten Sacralwinkel und gibt einen Wertebereich in der Adoleszenz mit durchschnittlich  $64,7 \pm 29^\circ$  an, wohingegen MUSCHIK / HAHNEL mit  $45,5^\circ$  niedriger liegen. Letztere Autoren konnten keine Zusammenhänge des Sacralwinkels mit Alter und Geschlecht feststellen. Nach TROBOS et al. (unveröffentlicht) und AMONOO-KUOFI (1992, 373) nimmt jedoch die Inklinationswinkel der LWS mit dem Alter signifikant ab. Dieses Ergebnis unterstützt die vorliegende Arbeit.

TROBOS et al. (unveröffentlicht) stellten geschlechtsspezifische Unterschiede in der Entwicklung fest, wonach der Sacralwinkel bei Mädchen steiler war und sich bis zum Alter von 15 Jahren von durchschnittlich  $23^\circ$  auf  $18^\circ$  abflachte. Danach wird der Winkel wieder steiler. Bei Jungen wies der Sacralwinkel zwischen 8 bis 9 Jahren das Maximum auf, um bis zum Alter von 16 bis 18 Jahren auf durchschnittlich  $13^\circ$  abzufallen. In der vorliegenden Studie betrug der Sacralwinkel durchschnittlich  $16^\circ$ , was den Werten von TROBOS et al. nahe kommt. Weiterhin konnten keine geschlechtsspezifischen Unterschiede nachgewiesen werden, da der untersuchte Altersbereich im Vergleich zu dem untersuchten Kollektiv von TROBOS et al. zu eng gefasst war.

Im Hinblick auf einen Einfluss langer sitzender Haltung konnte mit Hilfe der linearen Regression ein (sehr geringer) negativer Einfluss des Fernsehkonsums auf den Sacralwinkel festgestellt werden. Demnach führt hier langes Sitzen in nicht aufrechter Haltung zu einer Abflachung des Sacralwinkels. Dieses Ergebnis stellt einen gesundheitlichen Negativtrend dar, da nach SWARD et al. (1990, 376) ein geringer Sacralwinkel signifikant mit Rückenschmerz korreliert. GUNZBURG et al. (1999, 439) stellten vermehrt Rückenschmerz fest bei 9-jährigen Kindern, die angaben, mehr als zwei Stunden pro Tag Computer- und

Videospiele zu konsumieren, wohingegen mit dem reinen Fernsehkonsum kein Zusammenhang nachgewiesen werden konnte.

Bei der Prüfung auf lineare Zusammenhänge zwischen dem Sacralwinkel und sportlicher Aktivität weist die vorliegende Arbeit eine (sehr geringe) negative Korrelation mit konditionell geprägten Sportarten auf. Demnach flacht sich der Sacralwinkel mit zunehmend intensivem Ausdauertraining ab, was im Endeffekt ein erhöhtes Risiko für Rückenschmerz nach sich zieht. NEWCOMER / SINAKI (1996, 1433) können diese Darstellung unterstützen, wonach intensive sportliche Betätigung bei Jugendlichen zwischen 10 und 19 Jahren nachweisbar zu vermehrtem Rückenschmerz führt.

#### BEWEGLICHKEIT DER WIRBELSÄULE

Die Beweglichkeit der Wirbelsäule wurde hier mit dem Zebris „Pointer Mobility“ erfasst. Als Parameter wurden die thorakale, lumbale und Beckenbeweglichkeit jeweils in Flexions- und Extensionsrichtung gemessen. Nach lateral wurde die thorakale und lumbale Beweglichkeit zu beiden Seiten erhoben. In der Literatur wird eine ausgeprägte zirkadiane Rhythmizität der Beweglichkeit angegeben mit einem Minimum am Morgen und einem Maximum am Abend (WING et al., 1992, 761; WEINECK, 2000, 551). Auch hier besteht das Problem der großen Variabilität der Messwerte, bedingt durch unterschiedliche Messmethoden.

Nach MELLIN / POUSSA (1992, 211) und LOKO et al. (2000, 109) nehmen die **thorakale Flexion und Extension** bei beiden Geschlechtern signifikant zwischen 12 und 13 Jahren ab, aber mit Ausnahme der Extension kehren sie bis zum 16. Lebensjahr zum Ausgangsniveau zurück. Mädchen waren in der thorakalen Flexion und der Lateralflexion unbeweglicher als die Jungen (vgl. SULLIVAN et al., 1994, 684). Die durchschnittlichen Werte in der vorliegenden Arbeit ergaben für die thorakale Flexion  $10,0^\circ$ . Es war kein Unterschied zwischen den Altersgruppen und dem Geschlecht nachweisbar. Nach VOLVER et al. (2000, 17) wird die Rumpfbeweglichkeit in Flexion bei Mädchen signifikant positiv durch den sexuellen Reifegrad beeinflusst. TROBOS et al. (unveröffentlicht) erhielten für die thorakale Flexion im Mittel  $20^\circ$  bei den Mädchen und  $24^\circ$  bei den Jungen, wobei auch hier keine Altersabhängigkeit auftrat. Nach WIDHE (2001, 118) hingegen nimmt die Beweglichkeit der thorakalen Wirbelsäule mit dem Alter (hier zwischen 5 und 16 Jahren) um durchschnittlich  $27^\circ$  ab (vgl. SULLIVAN et al., 1994, 684).

Zwischen langer sitzender Haltung und der thorakalen Beweglichkeit in Flexion und Extension konnten wir keine signifikanten Zusammenhänge nachweisen.

Für die thorakale Extension wurde von uns ein mittlerer Wert von  $0,5^\circ$  ermittelt, was den Resultaten von TROBOS et al. (unveröffentlicht) entspricht. Demnach erreichen Mädchen Werte zwischen  $1^\circ$  und  $12^\circ$ , Jungen Werte zwischen  $2^\circ$  und  $12^\circ$ . Auch hier war bei uns kein Zusammenhang zu langen Sitzzeiten ersichtlich. In Bezug auf Sporttreiben jedoch trat in der linearen Regression ein geringer Einfluss von konditionell geprägten Sportarten auf die thorakale Extension auf.

Im Hinblick auf die **laterale thorakale Beweglichkeit** wurden in der vorliegenden Arbeit Werte zwischen  $-22^\circ$  und  $71^\circ$  nach rechts sowie Werte zwischen  $-10^\circ$  und  $74^\circ$  nach links gemessen. Bei der Lateralflexion nach links wurde eine erhöhte Beweglichkeit der Jungen nachgewiesen, nach rechts waren keine geschlechtsspezifischen Unterschiede erkennbar. Dies entspricht genau den Ergebnissen von TROBOS et al. (unveröffentlicht). Im Zusammenhang mit langer sitzender Haltung konnten wir in der linearen Regression einen (sehr geringen) positiven Einfluss von Computerzeiten auf die thorakale Beweglichkeit nach beiden Seiten feststellen.

Nach MELLIN / POUSSA (1992, 211) und SULLIVAN et al. (1994, 384) waren die **lumbale Flexion und Extension** zwischen dem 8. und 10. Lebensjahr bei den Mädchen besser ausgeprägt als bei den Jungen. Bei beiden Geschlechtern fand eine Zunahme der lumbalen Flexion nach dem 10. Lebensjahr statt, wobei hier die Mädchen zwischen 8 und 14 Jahren signifikant beweglicher waren als die Jungen. In der vorliegenden Arbeit wurde kein signifikanter Zusammenhang mit dem Alter und dem Geschlecht ersichtlich. Auch lange sitzende Haltung sowie Sporttreiben im allgemeinen hatten keinen Einfluss auf die lumbale Flexion.

Auch in der lumbalen Extension konnten von uns diesbezüglich keine Signifikanzen festgestellt werden. Bei TROBOS et al. (unveröffentlicht) waren die Mädchen beweglicher als die Jungen, wobei sich die Analyse der Altersabhängigkeit schwierig darstellt. Nach WIDHE (2001, 118) nimmt mit dem Alter (hier zwischen 5 und 16 Jahren) die Beweglichkeit der lumbalen Wirbelsäule durchschnittlich um  $4^\circ$  ab (vgl. TROBOS et al., unveröffentlicht).

Wir konnten auch hier keinen Einfluss von langer sitzender Haltung und Sporttreiben im allgemeinen feststellen. SALMINEN et al. (1993, 406) erhielten diesbezüglich gegensätzliche

Ergebnisse in einer deutlich eingeschränkten lumbalen Extensions- und Flexionsfähigkeit bei Jugendlichen (Alter zwischen 10 und 19 Jahren), die weniger als zweimal pro Woche sportlich aktiv waren.

Im Hinblick auf die **laterale lumbale Beweglichkeit** war bei uns kein signifikanter Zusammenhang zwischen den entwicklungsbiologischen Daten sowie dem Geschlecht nachweisbar. Nach MELLIN / POUSSA (1992, 211) war bei den Mädchen mit dem Alter eine Verschiebung der Seitendominanz von links nach rechts ersichtlich. Dadurch lässt sich (vgl. MELLIN et al., 1988, 152) bei den Mädchen eine Disposition zur skoliotischen Fehlhaltung nachweisen. Im Hinblick auf einen eventuellen Einfluss langer Sitzzeiten konnten wir keine Signifikanzen feststellen, genauso wenig wie bei Sporttreiben im allgemeinen.

Die **Beckenbeweglichkeit** in Flexionsrichtung ergab in der vorliegenden Arbeit Werte zwischen  $-2^{\circ}$  und  $76^{\circ}$  mit einem mittleren Wert von  $35^{\circ}$ . Es war ein positiver Einfluss des Alters erkennbar und bezüglich des Geschlechts waren die Mädchen beweglicher als die Jungen. Dies entspricht den Ergebnissen von TROBOS et al. (unveröffentlicht). In Bezug auf lange Sitzzeiten zeigte der PC-Konsum einen (sehr geringen) negativen Einfluss auf die Beckenbeweglichkeit in Flexion. Demnach nimmt mit vermehrter PC-Benutzung die ventrale Beckenbeweglichkeit ab. Sporttreiben im allgemeinen hatte dagegen keinen Einfluss.

In der Extension des Beckens variierte unser Wertebereich zwischen  $-39^{\circ}$  und  $63^{\circ}$  mit einem mittleren Wert von  $15^{\circ}$ . Wir stellten von den entwicklungsbiologischen Daten einzig einen (geringen) negativen Einfluss des Gewichts fest. Alter und Geschlecht hatten keinen signifikanten Einfluss. Lange Sitzzeiten wirken sich nicht auf die Beckenbeweglichkeit in Extension aus. Im Hinblick auf Sporttreiben zeigte sich ein (sehr geringer) negativer Einfluss von konditionell geprägten Sportarten. Demnach nimmt die Beckenbeweglichkeit bei intensiven Ausdauerbelastungen ab. Nach TROBOS et al. (unveröffentlicht) wirkt sich eine Verkürzung der ischiocruralen Muskulatur sowie des M.iliopsoas, die häufig bei laufintensiven Sportarten auftreten, negativ auf die Beckenbeweglichkeit aus.

### III. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit verfolgte zwei Ziele: Zum einen eine theoretische Darstellung von Entwicklungsstufen im Kindes- und Jugendalter unter den besonderen Aspekten des Sporttreibens, zum anderen eine prospektive Querschnittsuntersuchung somatischer und motorischer Parameter unter Berücksichtigung der konditionell-koordinativen und koordinativen Fähigkeiten sowie der Haltung und Beweglichkeit der Wirbelsäule.

Im theoretischen Teil der vorliegenden Arbeit wurden die Entwicklungsstufen im Kindes- und Jugendalter und deren sportbiologische Grundlagen herausgearbeitet. Da die körperliche und motorische Entwicklung in verschiedenen Individuen in unterschiedlichem Tempo voranschreitet, wurde die Notwendigkeit der Bestimmung eines individuellen Altersstatus erläutert. Im Folgenden wurden die koordinativen Steuerungsprozesse und die daran beteiligten Strukturen aufgezeigt, die Bewegungen erst ermöglichen und deren qualitative Beschaffenheit definieren. Zu diesem Teilbereich gehören auch Entwicklung, Aufbau und Fehlstellungen der juvenilen Wirbelsäule. Es folgten allgemeine und spezielle Aspekte der Gesundheitserziehung und -förderung, wobei letztere die Wirkungen des Sporttreibens im konditionell-koordinativen Bereich (Kraft, Ausdauer, Schnelligkeit, Beweglichkeit) und im Bereich der koordinativen Fähigkeiten einschließen. In der Gesundheitserziehung spielt der Schulsport, dessen unzureichende Situation deutlich dargestellt wurde, eine wichtige Rolle.

Im empirischen Teil der Arbeit wurde eine prospektive Querschnittsuntersuchung somatischer und motorischer Parameter an pubertären Schulkindern im Alter zwischen 12 und 14 Jahren dargestellt, wobei der Schwerpunkt der Messungen auf den konditionell-koordinativen und koordinativen Fähigkeiten bzw. Haltungs- und Beweglichkeitsparametern der Wirbelsäule lag. Insgesamt wurden 200 Schulkinder der sechsten und siebten Jahrgangsstufen eines Gymnasiums und einer Hauptschule untersucht. Dazu wurden im Vorfeld die Genehmigungen der Regierung von Niederbayern sowie des Bayerischen Kultusministeriums eingeholt (siehe Anhang 2). Die Probanden und deren Eltern und Erziehungsberechtigte wurden vorher aufgeklärt und es musste eine Einverständniserklärung der Eltern vorliegen. Bei den Messungen konnte aufgrund diffiziler Organisationsbedingungen keine Zufallsauswahl erfolgen, sondern die Schüler wurden nach der Klassenliste im Klassenverband getestet. Veränderungen in der körperlichen und motorischen Entwicklung der Probanden konnten aufgrund des Querschnittsdesigns der Studie nicht registriert werden.

## Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

Die Testbatterie bestand aus standardisierten Analysegeräten (IPN Back Check, Zebris CMS-System, Biodex Stability System, PC-gestützte Kontaktmatte), dem standardisierten Münchner Fitness-Test nach RUSCH / IRRGANG und einem Dokumentationsbogen. Für das Analysegerät Biodex Stability System lagen bisher für die untersuchten Altersgruppen keine Referenzwerte in der Literatur vor, und beim IPN Back Check und dem Zebris CMS-System existiert bisher nur jeweils eine Vergleichsmöglichkeit in der Literatur.

Im empirischen Teil wurden die Zielstellung und Methodik der Studie und ihre Probanden vorgestellt. Die Testbatterie wurde danach in Bezug auf ihre Funktion und Gütekriterien erläutert und klar unterteilt in konditionell-koordinative und koordinative Messverfahren. Darauf folgte die Ergebnisdarstellung anhand der vier Hauptfragestellungen sowie die Diskussion, wobei die Ergebnisse in den wissenschaftlichen Kontext eingeordnet wurden. Die Arbeitshypothesen der vorliegenden Arbeit konnten beantwortet werden, indem wir Zusammenhänge zwischen den entwicklungsbiologischen Daten, dem Geschlecht, dem medialen Freizeitverhalten und dem Sporttreiben und den konditionell-koordinativen und koordinativen Fähigkeiten sowie den Wirbelsäulenparametern nachweisen konnten. Die Testbatterie zeigte sich für die Fragestellungen geeignet und die Untersuchungen sollten zur wissenschaftlichen Vertiefung anhand eines Längsschnittdesigns ausgeweitet werden.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

## **Anhang 1: Abbildungs- und Tabellenverzeichnisse**

## Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Bewegungsbaustelle (in LEIST, 1993, 93) .....	14
Abb. 2: Die Bildung von Testosteron und Östrogen bei Jungen und Mädchen im Altersgang (in GROSSER et al., 2001, 212).....	16
Abb. 3: Altersabhängigkeit in der subjektiven Belastungsempfindung, bezogen auf die maximale Herzfrequenz (in WEINECK, 2000, 346).....	18
Abb. 4: Die Entwicklung der Schweißrate im Kindesalter bei relativ gleicher Arbeitsleistung (in WEINECK, 2000, 353) .....	23
Abb. 5: Einflussfaktoren auf das biologische Alter (in WUTSCHERK, 1974, 160).....	26
Abb. 6: Unterschiede im Reifenniveau (in OERTER / MONTADA, 1987, 273).....	28
Abb. 7: Modell der Bewegungskoordination in MARTIN et al., 1993, 58.....	30
Abb. 8: Blockdiagramm der supraspinalen und spinalen motorischen Zentren mit zusammengefassten sensorischen Zuflüssen (in MARTIN et al., 1993, 64).....	32
Abb. 9: Schema (unter Mitverwendung einer Zeichnung von Delmas) von der Pyramidenbahn (in TITTEL, 2000, 374) .....	34
Abb. 10: Basalganglien (in DUUS, 1995, 312) .....	35
Abb. 11: Ansicht des Kleinhirns von unten (in DUUS, 1995, 226) .....	36
Abb. 12: Aufbau der Wirbelsäule (in BEITEL, 1992, 7).....	38
Abb. 13: Die Entstehung der physiologischen Wirbelsäulenkrümmungen (in WEINECK, 2000, 355).....	39
Abb. 14: Abweichungen von den physiologischen Wirbelsäulenkrümmungen in sagittaler Richtung (in TITTEL 2000, 87) .....	40
Abb. 15: Abweichungen der physiologischen Wirbelsäulenkrümmungen in frontaler Richtung (in TITTEL 2000, 88).....	41
Abb. 16: Faktoren, welche die Adaptationsprozesse beeinflussen (in WEINECK, 2000, 26) .....	46
Abb. 17: Ein offenes Schema der koordinativen Fähigkeiten (in RIEDER et al., 1996, 188) .....	59
Abb. 18: Das Prinzip der muskulären Wirbelsäulenverspannung (in TITTEL 2000, 104) .....	64
Abb. 19: Ursachen körperlicher Inaktivität und nachfolgender Herausbildung des Circulus vitiosus Inaktivität – funktionelle Unterbeanspruchung – Abnahme der Organleistungsfähigkeit – vermehrte Inaktivität (in WEINECK, 2000, 391) .....	69
Abb. 20: Typischer Tagesablauf eines Schulkindes nach KEMPF 1994 (in LENSCH, 2000, 16) .....	69
Abb. 21: Haltungsverfall des Schülers im Verlauf des Schultages (in LENSCH, 2000, 16) .....	76
Abb. 22: Teilimpuls in der Entspannungsphase beim Muskelentspannungstest als Ausdruck der Kraft-Zeit-Charakteristik (in BAUERSFELD / VOSS, 1992, 27) .....	89
Abb. 23: Strategien zur Erhaltung des Gleichgewichts (in COOGLER 1992, 78) ..	91
Abb. 24: Biodex Stability System.....	91
Abb. 25: Back Check .....	94
Abb. 26: Hauptfunktionsmuskulatur für die Flexion des Rumpfes (in DENNER, 1998, 23) .....	95

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

<b>Abb. 27: Interspinales und transversospinales System sowie laterale Anteile des M. erector spinae (in DENNER, 1998, 22).....</b>	<b>95</b>
<b>Abb. 28: Hebelverhältnisse des Back Check (in BATHE, 2000, 20) .....</b>	<b>96</b>
<b>Abb. 29: Zebris CMS-System: Messung mit dem Taststift.....</b>	<b>97</b>

## Tabellenverzeichnis

<b>Tab.1: Einteilung der Entwicklungsstufen nach dem kalendarischen Alter (in WEINECK, 2000, 354).....</b>	<b>11</b>
<b>Tab. 2: Die Veränderungen des Testosteronspiegels (ng/100 ml) im Kindes- und Jugendalter (in WEINECK, 2000, 361).....</b>	<b>17</b>
<b>Tab. 3: Energieumsatz von Kindern und Jugendlichen nach der Deutschen Gesellschaft für Ernährung 1975 (in WEINECK, 2000, 645).....</b>	<b>20</b>
<b>Tab. 4: Trainingsgünstige Entwicklungsphasen für die verschiedenen sportlichen Fähigkeiten und für die Bewegungsfertigkeiten (in MARTIN et al., 1993, 296).....</b>	<b>47</b>
<b>Tab. 5: Sportmotorische Fähigkeiten (in GROSSER et al., 2001, 9) .....</b>	<b>48</b>
<b>Tab. 6: Vorschläge zur altersstufengemäßen Belastungsintensität anhand der Laufgeschwindigkeiten (km/h) für 15- bis 30minütige Belastungsdauer (in GROSSER et al., 2001, 222) .....</b>	<b>50</b>
<b>Tab. 7: Überblick zur Entwicklung der muskulären Anpassung im Kindes- und Jugendalter (in GROSSER et al., 2001, 188).....</b>	<b>54</b>
<b>Tab. 8: Praxisorientierte Schnelligkeitsformen und ihre primären Einflusskomponenten (in GROSSER et al., 2001, 89) .....</b>	<b>55</b>
<b>Tab. 9: Alters- und Trainingsstufen, biologische Gegebenheiten und sensitive Phasen für Schnelligkeitsfähigkeiten, Trainingsinhalte (in GROSSER et al., 2001, 210) .....</b>	<b>57</b>
<b>Tab. 10: Überblick zu Entwicklung und Leistungsfähigkeit im Kindes- und Jugendalter (in GROSSER et al., 2001, 182).....</b>	<b>62</b>
<b>Tab. 11: Risikofaktoren für die Belastungsschäden im Kindes- und Jugendalter (in MELLEROWICZ et al., 2000, 82).....</b>	<b>63</b>
<b>Tab. 12: Soll-Ist-Wert-Vergleich des Schulsports in Bayern im Schuljahr 1999/2000 (Drucksache 14/3491 des Bayerischen Landtags, 2000, 3) .....</b>	<b>79</b>
<b>Tab.13: Situation des Schulsports in Bayern im Vergleich der Länder: Ist-Werte im Schuljahr 1999/2000 (Drucksache 14/3491 des Bayerischen Landtags, 3).....</b>	<b>79</b>

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

## **Anhang 2: Schriftverkehr**



# Regierung von Niederbayern

Regierung von Niederbayern - Postfach - 84023 Landshut

Frau Meike Küster  
Rheumaklinik Bad Füssing  
Waldstraße 12  
94072 Bad Füssing

Ihr Schreiben v. – Ihr Zeichen	<b>Bitte bei Antwort angeben</b> Unser Aktenzeichen	(08 71) 8 08 -	E-Mail	Landshut,
Ihr Schreiben vom 31.08.2000	521/5-5852-5804	Telefon: 15 12 Telefax: 15 99	martin.hans@ reg-nb.bayern.de	31.08.2000 testdoku

Studie : „Ausgewählte motorische Merkmale bei Schulkindern in Abhängigkeit der sportlichen Aktivität“  
Mitwirkung von Schülerinnen und Schülern der Hauptschule Pocking

Sehr geehrte Frau Küster,

wie telefonisch bereits besprochen, wird die Mitwirkung von Schülerinnen und Schülern der 6. und 7. Jahrgangsstufe an der Hauptschule Pocking hiermit genehmigt.

Sie werden gebeten, den Inhalt sowie die Verfahrensweise der Studie mit Herrn Rektor Willi Götz, Hauptschule Pocking, zu besprechen.

Ich wäre Ihnen dankbar, wenn Sie mir zur gegebenen Zeit das Ergebnis der Studie mitteilen würden.

Je einen Abdruck dieses Schreibens erhalten das Staatliche Schulamt im Landkreis Passau sowie Herr Rektor Willi Götz, Hauptschule Pocking.

Mit freundlichen Grüßen

I.A.

Martin Hans, RSchD

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

## Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus

Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus  
80327 München

An das  
Wilhelm-Diess-Gymnasium Pocking  
Herrn OStD Dr. B. Zollitsch  
Dr.-Karl-Weiß-Platz 2

94060 Pocking



Ihr Zeichen  
Ihre Nachricht vom

Bitte bei Antwort angeben  
Unser Zeichen

Telefon  
(089) 2186

München,

III/5 - O 4106 - 6/72 605  
III/5 - O4106 - 6/36 027

2562

20.10.2000

Erhebungen an Schulen;

hier: Analyse des motorischen Leistungsvermögens bei Schulkindern in Abhängigkeit von der sportlichen Aktivität

Sehr geehrter Herr Dr. Zollitsch,

das Staatsministerium genehmigt die von Ihnen beantragte o.g. Untersuchung.

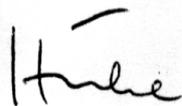
Die Genehmigung der Erhebung ist mit der Erfüllung der im Folgenden genannten Auflagen verbunden:

1. Die jeweilige Schule muss mit der Durchführung einverstanden sein.
2. Die Anonymität der Betroffenen muss gewahrt bleiben; aus der Auswertung der Befragungsergebnisse dürfen keine Rückschlüsse auf einzelne Schulen oder Schüler möglich sein. Es wird davon ausgegangen, dass alle datenschutzrechtlichen Bestimmungen beachtet werden.

3. Die Mitwirkung aller Beteiligten ist freiwillig - sie werden darauf ausdrücklich hingewiesen. Vor der Durchführung der Befragung sind bei noch nicht volljährigen Schülern die Erziehungsberechtigten über Inhalt und Zweck der Untersuchung und die freiwillige Teilnahme zu informieren.
4. Der Erhebungsbogen darf nicht vom vorgelegten Muster abweichen. Insbesondere wird auf das Verbot der kommerziellen Werbung in Schulen (Art. 84 Abs.1 Bay EUG) hingewiesen.
5. Die Durchführung der Erhebung sollte den Unterricht möglichst wenig beeinträchtigen.
6. Nummer und Datum dieses Schreibens werden als Genehmigungsvermerk auf der 1. Seite des Erhebungsbogens und des Elternans Schreibens verzeichnet.
7. Dem Staatsministerium werden nach Abschluss der Erhebung die Ergebnisse unter Angabe des o.g. Aktenzeichens zur Verfügung gestellt.
8. Die betroffenen Schulen werden durch eine Kopie über die erteilte Genehmigung und die damit verbundenen Auflagen informiert.

Mit freundlichen Grüßen

I. A.



Hinke

Ministerialrätin

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

**Rehabilitationswissenschaftlicher Forschungsverbund Bayern**



RFB-Geschäftsstelle, Marcusstr. 9 - 11, 97070 Würzburg

Herrn  
Prof. Dr. W. F. Beyer  
Rheumaklinik  
Postfach 12 64

94068 Bad Füssing

Sprecher: Prof. Dr. Dr. Hermann Faller

**Geschäftsstelle**

Leitung: Dipl.-Psych. Christian Zwingmann  
Methodenberatung: Dipl.-Psych. Andrea Reusch  
c/o Institut für Psychotherapie u. Med. Psychologie  
der Universität Würzburg  
Marcusstr. 9-11, 97070 Würzburg

Tel.: 0931/31-2070

FAX: 0931/31-2078

e-mail: [rfb@mail.uni-wuerzburg.de](mailto:rfb@mail.uni-wuerzburg.de)

internet: <http://www.uni-wuerzburg.de/rehabilitation>

Würzburg, den 11.04.01/bö

**Ihr Antrag auf Assoziation mit dem RFB**

Sehr geehrter Herr Professor Beyer,

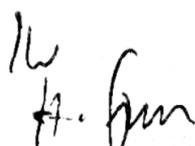
der Vorstand des RFB hat am 28.03.01 Ihren Antrag auf Assoziation des Projektes:  
„Kuppardt, Beyer, Küster: Analyse des motorischen Leistungsvermögens bei Schulkindern in  
Abhängigkeit von der sportlichen Aktivität“ positiv entschieden.

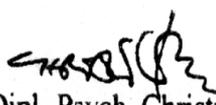
Wir freuen uns, Sie als assoziiertes Projekt im RFB begrüßen zu dürfen. Den assoziierten  
Projekten stehen – soweit es die Kapazitäten erlauben – die Serviceeinrichtungen des  
Verbundes zur Verfügung. Sie können außerdem als nicht stimmberechtigtes Mitglied an den  
Mitgliederversammlungen des RFB teilnehmen.

In der Anlage schicken wir Ihnen einige Informationen über den RFB zu (Satzung, Flyer).

Bei Fragen stehen wir Ihnen jederzeit persönlich zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

  
Prof. Dr. Dr. H. Faller  
Sprecher

  
Dipl.-Psych. Christian Zwingmann  
Geschäftsstellenleiter

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

## **Anhang 3: Aufklärung und Dokumentation**

## **Aufklärungsbogen / Einverständniserklärung**

Studie: „Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder“

Liebe Eltern und Erziehungsberechtigte,

in den letzten Jahren wurde durch zahlreiche Untersuchungen an Schulkindern festgestellt, dass zunehmende Defizite im motorischen Leistungsvermögen bestehen und viele Kinder an Übergewicht und Bewegungsarmut leiden. Die im Rahmen des Schulsports angebotene sportliche Aktivität bringt für die betroffenen Kinder meist keinen Nutzen, da dieser Unterricht qualitativ und quantitativ in vielen Fällen nicht angemessen ist.

Deshalb soll eine Untersuchung zur Erfassung des Momentanzustands bei Schulkindern stattfinden, wobei durch unterschiedliche Tests Daten erhoben und ausgewertet werden. Dabei werden die Haltung und Beweglichkeit der Wirbelsäule, Kraft und Koordination durch Messungen erfasst und, bezogen auf eine evtl. sportliche Aktivität der Kinder, ausgewertet.

Um eine möglichst hohe wissenschaftliche Aussagekraft der Untersuchung zu erreichen, werden die Kinder vor den Tests mit Hilfe eines Dokumentationsbogens befragt, dann getestet.

Der im Rahmen dieser Studie eingesetzte Fragebogen dient der Erfassung des Gesundheitszustandes, eventuell betriebener sportlicher Aktivitäten (unterteilt in Ausdauer- und Sportsportarten) und des Freizeitverhaltens.

Die Daten aus den Fragebögen, sowie alle im Laufe der Studie gesammelten Messdaten werden selbstverständlich in anonymisierter Form nur zu wissenschaftlichen Zwecken verwendet und streng vertraulich behandelt.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

Die Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig. Die Kinder können jederzeit – auch bei schon gegebener Einwilligung – aus der Studie ausscheiden. Für noch bestehende Fragen steht Ihnen die Projektleiterin jederzeit zur Verfügung.

Nach eingehender Aufklärung über den Ablauf und die Inhalte der geplanten Studie erkläre ich mich bereit, dass mein Sohn / meine Tochter an dieser Studie teilnehmen kann und entbinde die beteiligten Ärzte von ihrer Schweigepflicht.

Name:

Vorname:

Strasse, Hausnummer:

Postleitzahl, Wohnort:

Ort, Datum:

Unterschrift:

## Dokumentationsbogen

**Datum:**

**Geschlecht:** m / w

**Code - Nr.:**

**Größe:** cm

**Geb.:**

**Gewicht:** kg

**Schultyp:**

Hauptschule

Gymnasium

**Klasse:**

6. / 7. Klasse

**Unterrichtszeit pro Woche:**

Sitzend:

Min./ Woche

Sportunterricht:

Min./ Woche

**Hausaufgabenzeit pro Woche:**

Min./ Woche

**Sportliche Aktivitäten:**

1. Ausdauerorientierte Sportarten:

Jogging:

Min./ Woche

Schwimmen:

Min./ Woche

Rollerblades:

Min./ Woche

Skilanglauf:

Min./ Woche

Radfahren:

Min./ Woche

Sonstige:

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

2. Spielsportarten:

Fußball:	Min./ Woche
Volleyball:	Min./ Woche
Basketball:	Min./ Woche
(Eis-) Hockey:	Min./ Woche
Tennis:	Min./ Woche
Sonstige:	

3.Sonstiges: Min./ Woche

**Weg zur Schule:** **Strecke:** km

Wie wird der Schulweg zurückgelegt?

Zu Fuß:

Mit dem Fahrrad:

Mit dem Auto:

Mit dem Zug:

Sonstiges:

**Freizeitverhalten:**

Fernsehen:	ja / nein ,	
	wenn ja, wie lange pro Tag	.....Min./Tag
Computer:	ja / nein ,	
	wenn ja, wie lange pro Tag	.....Min./Tag
Instrument spielen:	ja / nein ,	
	wenn ja, welches:	
	wie lange pro Tag	.....Min./Tag
Basteln:	ja / nein ,	
	wenn ja, wie lange pro Tag	.....Min./Tag
Spielplatz:	ja / nein ,	
	wenn ja, wie lange pro Tag	.....Min./Tag

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

## **Anhang 4: Statistische Auswertung**

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

**Hypothese 1 a**

\*\*\*\*\* Hypothese 1(a).  
nonpar corr nmiges, siges, taps with alterkal, größe, gewicht.

**Nonparametric Correlations**

**Correlations**

			ALTERKAL Alter in Monaten	GRÖßE Größe
Spearman's rho	NMIGES Note mittl. Gesamtwert	Correlation Coefficient	,060	,114
		Sig. (2-tailed)	,411	,119
		N	189	189
	SIGES Stabilitätsindex gesamt	Correlation Coefficient	-,105	,267
		Sig. (2-tailed)	,152	,000
		N	186	186
	TAPS Tappings / sec	Correlation Coefficient	-,036	,001
		Sig. (2-tailed)	,637	,993
		N	177	177

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```

regression /var=alterkal, gröÙe, gewicht, nmiges
           /dependent=nmiges
           /method=stepwise.
    
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,253 <sup>a</sup>	,064	,059	,52

a. Predictors: (Constant), GEWICHT Gewicht

### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3,522	1	3,522	12,804	,000 <sup>a</sup>
	Residual	51,431	187	,275		
	Total	54,952	188			

a. Predictors: (Constant), GEWICHT Gewicht

b. Dependent Variable: NMIGES Note mittl. Gesamtwert

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	16,689	,188		88,608	,000
	GEWICHT Gewicht	1,308E-02	,004	,253	3,578	,000

a. Dependent Variable: NMIGES Note mittl. Gesamtwert

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=alterkal, gröÙe, gewicht, siges
           /dependent=siges
           /method=stepwise.
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,409 <sup>a</sup>	,167	,163	1,456
2	,503 <sup>b</sup>	,253	,245	1,383

a. Predictors: (Constant), GEWICHT Gewicht

b. Predictors: (Constant), GEWICHT Gewicht, ALTERKAL Alter in Monaten

### ANOVA<sup>c</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	78,418	1	78,418	37,003	,000 <sup>a</sup>
	Residual	389,944	184	2,119		
	Total	468,362	185			
2	Regression	118,411	2	59,205	30,960	,000 <sup>b</sup>
	Residual	349,952	183	1,912		
	Total	468,362	185			

a. Predictors: (Constant), GEWICHT Gewicht

b. Predictors: (Constant), GEWICHT Gewicht, ALTERKAL Alter in Monaten

c. Dependent Variable: SIGES Stabilitätsindex gesamt

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-,670	,541		-1,239	,217
	GEWICHT Gewicht	6,426E-02	,011	,409	6,083	,000
2	(Constant)	6,788	1,710		3,970	,000
	GEWICHT Gewicht	8,826E-02	,011	,562	7,794	,000
	ALTERKAL Alter in Monaten	-5,47E-02	,012	-,330	-4,573	,000

a. Dependent Variable: SIGES Stabilitätsindex gesamt

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=alterkal, gröÙe, gewicht, taps  
/dependent=taps  
/method=stepwise.
```

## Regression

### Variables Entered/Removed<sup>a</sup>

a. Dependent Variable: TAPS Tappings / sec

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

## Hypothese 1 b

\*\*\*\*\* Hypothese 1(b).

```
nonpar corr bcflex, bcext, bankzug, thkypho, lulordo, sacwink
           thmobfw, lumobfw, pelvfw, thmobbw, lumobbw, pelvbw, thmobrt,
lumobrt
           , thmoblf, lumoblf,
           with alterkal, gröÙe, gewicht.
```

## Nonparametric Correlations

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

Correlations

		ALTERKAL Alter in Monaten	GRÖßE Größe	GEWICHT Gewicht	
Spearman's rho	BCFLEX Kraftwert Flexion	Correlation Coefficient	,216	,356	,230
		Sig. (2-tailed)	,003	,000	,002
		N	185	185	185
	BCEXT Kraftwert Extension	Correlation Coefficient	,058	,247	,087
		Sig. (2-tailed)	,430	,001	,237
		N	185	185	185
	BANKZUG Kraftwert Bankziehen	Correlation Coefficient	,248	,271	,261
		Sig. (2-tailed)	,001	,000	,000
		N	185	185	185
	THKYPHO Thorakalkyphose	Correlation Coefficient	,152	,177	,305
		Sig. (2-tailed)	,049	,022	,000
		N	169	169	169
	LULORDO Lendenlordose	Correlation Coefficient	,032	,076	,108
		Sig. (2-tailed)	,683	,322	,159
		N	170	170	170
	SACWINK Sakralwinkel	Correlation Coefficient	-,194	-,111	-,124
		Sig. (2-tailed)	,011	,149	,109
		N	170	170	170
	THMOBFW thorakale Beweglichkeit Flexion	Correlation Coefficient	-,114	-,158	-,271
		Sig. (2-tailed)	,139	,040	,000
		N	169	169	169
	LUMOBFW lumbale Beweglichkeit Flexion	Correlation Coefficient	-,163	-,031	-,171
		Sig. (2-tailed)	,034	,688	,026
		N	169	169	169
	PELVFW Beckenbeweglichkeit Flexion	Correlation Coefficient	,200	,061	,189
		Sig. (2-tailed)	,009	,428	,014
		N	169	169	169
	THMOBBW thorakale Beweglichkeit Extension	Correlation Coefficient	,027	,018	,158
		Sig. (2-tailed)	,732	,819	,040
		N	169	169	169
LUMOBBW lumbale Beweglichkeit Extension	Correlation Coefficient	-,101	-,130	-,121	
	Sig. (2-tailed)	,193	,093	,119	
	N	169	169	169	
PELVBW Beckenbeweglichkeit Extension	Correlation Coefficient	-,084	-,195	-,286	
	Sig. (2-tailed)	,276	,011	,000	
	N	169	169	169	
THMOBRT thorakale Beweglichkeit rechts	Correlation Coefficient	-,089	,063	,110	
	Sig. (2-tailed)	,249	,419	,153	
	N	169	169	169	
LUMOBRT lumbale Beweglichkeit rechts	Correlation Coefficient	-,136	-,008	-,121	
	Sig. (2-tailed)	,077	,915	,116	
	N	169	169	169	
THMOBLF thorakale Beweglichkeit links	Correlation Coefficient	-,140	-,034	-,059	
	Sig. (2-tailed)	,070	,658	,445	
	N	169	169	169	
LUMOBLF lumbale Beweglichkeit links	Correlation Coefficient	-,175	-,152	-,148	
	Sig. (2-tailed)	,023	,048	,055	
	N	169	169	169	

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```

regression /var=alterkal, gröÙe, gewicht, bcflex
           /dependent=bcflex
           /method=stepwise.
    
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,428 <sup>a</sup>	,183	,178	9,94

a. Predictors: (Constant), GRÖÙE Größe

### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	4051,262	1	4051,262	40,965	,000 <sup>a</sup>
	Residual	18097,922	183	98,896		
	Total	22149,184	184			

a. Predictors: (Constant), GRÖÙE Größe

b. Dependent Variable: BCFLEX Kraftwert Flexion

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-71,505	15,670		-4,563	,000
	GRÖÙE Größe	,620	,097	,428	6,400	,000

a. Dependent Variable: BCFLEX Kraftwert Flexion

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```

regression /var=alterkal, gröÙe, gewicht, bcext
           /dependent=bcext
           /method=stepwise.
    
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,301 <sup>a</sup>	,090	,085	10,67
2	,341 <sup>b</sup>	,116	,107	10,55

a. Predictors: (Constant), GRÖÙE Größe

b. Predictors: (Constant), GRÖÙE Größe, GEWICHT Gewicht

### ANOVA<sup>c</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2071,684	1	2071,684	18,185	,000 <sup>a</sup>
	Residual	20847,578	183	113,921		
	Total	22919,262	184			
2	Regression	2667,202	2	1333,601	11,985	,000 <sup>b</sup>
	Residual	20252,060	182	111,275		
	Total	22919,262	184			

a. Predictors: (Constant), GRÖÙE Größe

b. Predictors: (Constant), GRÖÙE Größe, GEWICHT Gewicht

c. Dependent Variable: BCEXT Kraftwert Extension

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-34,194	16,818		-2,033	,043
	GRÖÙE Größe	,444	,104	,301	4,264	,000
2	(Constant)	-65,054	21,313		-3,052	,003
	GRÖÙE Größe	,719	,157	,487	4,571	,000
	GEWICHT Gewicht	-,271	,117	-,247	-2,313	,022

a. Dependent Variable: BCEXT Kraftwert Extension

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=alterkal, gröÙe, gewicht, bankzug
           /dependent=bankzug
           /method=stepwise.
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,295 <sup>a</sup>	,087	,082	207,44

a. Predictors: (Constant), GRÖÙE Größe

### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	751584,5	1	751584,498	17,466	,000 <sup>a</sup>
	Residual	7874612	183	43030,667		
	Total	8626196	184			

a. Predictors: (Constant), GRÖÙE Größe

b. Dependent Variable: BANKZUG Kraftwert Bankziehen

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-932,313	326,869		-2,852	,005
	GRÖÙE Größe	8,448	2,021	,295	4,179	,000

a. Dependent Variable: BANKZUG Kraftwert Bankziehen

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```

regression /var=alterkal, gröÙe, gewicht, thkypho
           /dependent=thkypho
           /method=stepwise.
    
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,308 <sup>a</sup>	,095	,089	10,45

a. Predictors: (Constant), GEWICHT Gewicht

### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1904,937	1	1904,937	17,459	,000 <sup>a</sup>
	Residual	18221,003	167	109,108		
	Total	20125,941	168			

a. Predictors: (Constant), GEWICHT Gewicht

b. Dependent Variable: THKYPHO Thorakalkyphose

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	29,839	4,140		7,207	,000
	GEWICHT Gewicht	,339	,081	,308	4,178	,000

a. Dependent Variable: THKYPHO Thorakalkyphose

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=alterkal, gröÙe, gewicht, lulordo  
/dependent=lulordo  
/method=stepwise.
```

## Regression

### Variables Entered/Removed<sup>a</sup>

a. Dependent Variable: LULORDO Lendenlordose

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```

regression /var=alterkal, gröÙe, gewicht, sacwink
           /dependent=sacwink
           /method=stepwise.
    
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,209 <sup>a</sup>	,044	,038	5,74

a. Predictors: (Constant), ALTERKAL Alter in Monaten

### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	252,054	1	252,054	7,648	,006 <sup>a</sup>
	Residual	5536,446	168	32,955		
	Total	5788,500	169			

a. Predictors: (Constant), ALTERKAL Alter in Monaten

b. Dependent Variable: SACWINK Sakralwinkel

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	35,742	7,332		4,874	,000
	ALTERKAL Alter in Monaten	-,128	,046	-,209	-2,766	,006

a. Dependent Variable: SACWINK Sakralwinkel

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=alterkal, gröÙe, gewicht, thmobfw
           /dependent=thmobfw
           /method=stepwise.
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,236 <sup>a</sup>	,056	,050	12,87

a. Predictors: (Constant), GEWICHT Gewicht

### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1636,771	1	1636,771	9,882	,002 <sup>a</sup>
	Residual	27659,667	167	165,627		
	Total	29296,438	168			

a. Predictors: (Constant), GEWICHT Gewicht

b. Dependent Variable: THMOBFW thorakale Beweglichkeit Flexion

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	24,300	5,090		4,774	,000
	GEWICHT Gewicht	-,314	,100	-,236	-3,144	,002

a. Dependent Variable: THMOBFW thorakale Beweglichkeit Flexion

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```

regression /var=alterkal, gröÙe, gewicht, lumobfw
           /dependent=lumobfw
           /method=stepwise.
    
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,186 <sup>a</sup>	,035	,029	10,54
2	,257 <sup>b</sup>	,066	,055	10,40

a. Predictors: (Constant), GEWICHT Gewicht

b. Predictors: (Constant), GEWICHT Gewicht, GRÖÙE Größe

### ANOVA<sup>c</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	665,273	1	665,273	5,991	,015 <sup>a</sup>
	Residual	18544,052	167	111,042		
	Total	19209,325	168			
2	Regression	1269,410	2	634,705	5,873	,003 <sup>b</sup>
	Residual	17939,916	166	108,072		
	Total	19209,325	168			

a. Predictors: (Constant), GEWICHT Gewicht

b. Predictors: (Constant), GEWICHT Gewicht, GRÖÙE Größe

c. Dependent Variable: LUMOBFW lumbale Beweglichkeit Flexion

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	75,433	4,168		18,099	,000
	GEWICHT Gewicht	-,200	,082	-,186	-2,448	,015
2	(Constant)	23,928	22,169		1,079	,282
	GEWICHT Gewicht	-,428	,126	-,398	-3,405	,001
	GRÖÙE Größe	,390	,165	,277	2,364	,019

a. Dependent Variable: LUMOBFW lumbale Beweglichkeit Flexion

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=alterkal, gröÙe, gewicht, pelvfw
           /dependent=pelvfw
           /method=stepwise.
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,214 <sup>a</sup>	,046	,040	13,83

a. Predictors: (Constant), ALTERKAL Alter in Monaten

### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1532,560	1	1532,560	8,010	,005 <sup>a</sup>
	Residual	31950,268	167	191,319		
	Total	33482,828	168			

a. Predictors: (Constant), ALTERKAL Alter in Monaten

b. Dependent Variable: PELVFW Beckenbeweglichkeit Flexion

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-13,401	17,695		-,757	,450
	ALTERKAL Alter in Monaten	,315	,111	,214	2,830	,005

a. Dependent Variable: PELVFW Beckenbeweglichkeit Flexion

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=alterkal, gröÙe, gewicht, thmobbw  
/dependent=thmobbw  
/method=stepwise.
```

## Regression

### **Variables Entered/Removed<sup>a</sup>**

---

- a. Dependent Variable: THMOBBW  
thorakale Beweglichkeit Extension

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=alterkal, gröÙe, gewicht, lumobbw  
/dependent=lumobbw  
/method=stepwise.
```

## Regression

### **Variables Entered/Removed<sup>a</sup>**

---

- a. Dependent Variable: LUMOBBW  
lumbale Beweglichkeit Extension

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```

regression /var=alterkal, gröÙe, gewicht, pelvbw
           /dependent=pelvbw
           /method=stepwise.
    
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,277 <sup>a</sup>	,077	,071	13,53

a. Predictors: (Constant), GEWICHT Gewicht

### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2550,269	1	2550,269	13,932	,000 <sup>a</sup>
	Residual	30569,802	167	183,053		
	Total	33120,071	168			

a. Predictors: (Constant), GEWICHT Gewicht

b. Dependent Variable: PELVBW Beckenbeweglichkeit Extension

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	35,125	5,351		6,564	,000
	GEWICHT Gewicht	-,392	,105	-,277	-3,733	,000

a. Dependent Variable: PELVBW Beckenbeweglichkeit Extension

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=alterkal, gröÙe, gewicht, thmobrt  
/dependent=thmobrt  
/method=stepwise.
```

## Regression

### **Variables Entered/Removed<sup>a</sup>**

---

- a. Dependent Variable: THMOBRT  
thorakale Beweglichkeit rechts

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=alterkal, gröÙe, gewicht, lumobrt  
/dependent=lumobrt  
/method=stepwise.
```

## Regression

### **Variables Entered/Removed<sup>a</sup>**

- 
- a. Dependent Variable: LUMOBRT  
lumbale Beweglichkeit rechts

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=alterkal, gröÙe, gewicht, thmoblf
           /dependent=thmoblf
           /method=stepwise.
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,173 <sup>a</sup>	,030	,024	12,77

a. Predictors: (Constant), ALTERKAL Alter in Monaten

### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	842,218	1	842,218	5,164	,024 <sup>a</sup>
	Residual	27235,853	167	163,089		
	Total	28078,071	168			

a. Predictors: (Constant), ALTERKAL Alter in Monaten

b. Dependent Variable: THMOBLF thorakale Beweglichkeit links

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	62,593	16,338		3,831	,000
	ALTERKAL Alter in Monaten	-,234	,103	-,173	-2,272	,024

a. Dependent Variable: THMOBLF thorakale Beweglichkeit links

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=alterkal, gröÙe, gewicht, lumoblif
           /dependent=lumoblif
           /method=stepwise.
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,177 <sup>a</sup>	,031	,026	7,16

a. Predictors: (Constant), ALTERKAL Alter in Monaten

### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	277,680	1	277,680	5,423	,021 <sup>a</sup>
	Residual	8551,645	167	51,207		
	Total	8829,325	168			

a. Predictors: (Constant), ALTERKAL Alter in Monaten

b. Dependent Variable: LUMOBLF lumbale Beweglichkeit links

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	41,854	9,155		4,572	,000
	ALTERKAL Alter in Monaten	-,134	,058	-,177	-2,329	,021

a. Dependent Variable: LUMOBLF lumbale Beweglichkeit links

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

**Hypothese 2 a**

\*\*\*\*\* Hypothese 2(a).  
t-test var=nmiges, siges, taps /groups=geschl(13,14).

**T-Test**

**Group Statistics**

	GESCHL Geschlecht	N	Mean	Std. Deviation	Std. E Mea
NMIGES Note mittl. Gesamtwert	13 männlich	76	17,36	,53	6,13E
	14 weiblich	113	17,35	,55	5,15E
SIGES Stabilitätsindex gesamt	13 männlich	74	2,766	1,961	,
	14 weiblich	112	2,413	1,281	,
TAPS Tappings / sec	13 männlich	74	8,78	1,34	
	14 weiblich	103	7,89	1,63	

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lo
NMIGES Note mittl. Gesamtwert	Equal variances assumed	,184	,669	,126	187	,900	1,01E-02	8,04E-02	
	Equal variances not assumed			,127	163,628	,899	1,01E-02	8,00E-02	
SIGES Stabilitätsindex gesamt	Equal variances assumed	7,112	,008	1,485	184	,139	,353	,238	
	Equal variances not assumed			1,367	113,966	,174	,353	,258	
TAPS Tappings / sec	Equal variances assumed	1,476	,226	3,832	175	,000	,89	,23	
	Equal variances not assumed			3,955	171,668	,000	,89	,22	

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

npar test m-w=nmiges, siges, taps by geschl(13,14).

**NPar Tests**

**Mann-Whitney Test**

**Ranks**

	GESCHL Geschlecht	N	Mean Rank	Sum of Ranks
NMIGES Note mittl. Gesamtwert	13 männlich	76	94,68	7196,00
	14 weiblich	113	95,21	10759,00
	Total	189		
SIGES Stabilitätsindex gesamt	13 männlich	74	95,61	7075,00
	14 weiblich	112	92,11	10316,00
	Total	186		
TAPS Tappings / sec	13 männlich	74	106,34	7869,50
	14 weiblich	103	76,54	7883,50
	Total	177		

**Test Statistics<sup>a</sup>**

	NMIGES Note mittl. Gesamtwert	SIGES Stabilitätsin- dex gesamt	TAPS Tappings / sec
Mann-Whitney U	4270,000	3988,000	2527,500
Wilcoxon W	7196,000	10316,000	7883,500
Z	-,076	-,434	-3,823
Asymp. Sig. (2-tailed)	,939	,664	,000

a. Grouping Variable: GESCHL Geschlecht

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

## Hypothese 2 b

```
***** Hypothese 2(b).
t-test    var=bcflex, bcext, bankzug, thkypko, lulordo, sacwink
          thmobfw, lumobfw, pelvfw,
          thmobbw, lumobbw, pelvbw,
          thmobrt, lumobrt, thmoblf, lumoblf /groups=geschl(13,14).
```

## T-Test

Group Statistics

	GESCHL Geschlecht	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
BCFLEX Kraftwert Flexion	13 männlich	74	36,09	10,75	1,25
	14 weiblich	111	23,74	7,94	,75
BCEXT Kraftwert Extension	13 männlich	74	43,43	10,61	1,23
	14 weiblich	111	33,46	9,67	,92
BANKZUG Kraftwert Bankziehen	13 männlich	74	579,05	207,36	24,11
	14 weiblich	111	334,41	160,40	15,22
THKYPHO Thorakalkypnose	13 männlich	71	46,49	9,43	1,12
	14 weiblich	98	47,04	11,97	1,21
LULORDO Lendenlordose	13 männlich	72	24,88	7,82	,92
	14 weiblich	98	23,62	8,65	,87
SACWINK Sakralwinkel	13 männlich	72	15,19	5,34	,63
	14 weiblich	98	15,72	6,22	,63
THMOBFW thorakale Beweglichkeit Flexion	13 männlich	72	9,00	13,76	1,62
	14 weiblich	97	8,31	12,84	1,30
LUMOBFW lumbale Beweglichkeit Flexion	13 männlich	72	68,03	9,57	1,13
	14 weiblich	97	63,49	11,12	1,13
PELVFW Beckenbeweglichkeit Flexion	13 männlich	72	31,58	9,52	1,12
	14 weiblich	97	40,31	15,78	1,60
THMOBBW thorakale Beweglichkeit Extension	13 männlich	72	2,82	14,90	1,76
	14 weiblich	97	-,56	18,90	1,92
LUMOBBW lumbale Beweglichkeit Extension	13 männlich	72	11,04	10,86	1,28
	14 weiblich	97	14,93	15,11	1,53
PELVBW Beckenbeweglichkeit Extension	13 männlich	72	15,08	11,13	1,31
	14 weiblich	97	15,87	15,91	1,62
THMOBRT thorakale Beweglichkeit rechts	13 männlich	72	28,57	15,09	1,78
	14 weiblich	97	24,75	15,62	1,59
LUMOBRT lumbale Beweglichkeit rechts	13 männlich	72	19,49	7,50	,88
	14 weiblich	97	19,49	6,47	,66
THMOBLF thorakale Beweglichkeit links	13 männlich	72	29,42	13,07	1,54
	14 weiblich	97	22,65	12,10	1,23
LUMOBLF lumbale Beweglichkeit links	13 männlich	72	19,26	6,90	,81
	14 weiblich	97	21,55	7,38	,75

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lc
BCFLEX Kraftwert Flexion	Equal variances assumed	5,370	,022	8,983	183	,000	12,36	1,38	
	Equal variances not assumed			8,465	124,717	,000	12,36	1,46	
BCEXT Kraftwert Extension	Equal variances assumed	,200	,655	6,599	183	,000	9,96	1,51	
	Equal variances not assumed			6,478	146,449	,000	9,96	1,54	
BANKZUG Kraftwert Bankziehen	Equal variances assumed	7,378	,007	9,026	183	,000	244,64	27,10	1
	Equal variances not assumed			8,581	129,208	,000	244,64	28,51	1
THKYPHO Thorakalkyphose	Equal variances assumed	4,976	,027	-,320	167	,749	-,55	1,71	
	Equal variances not assumed			-,333	165,779	,740	-,55	1,65	
LULORDO Lendenlordose	Equal variances assumed	,749	,388	,972	168	,333	1,25	1,29	
	Equal variances not assumed			,987	160,879	,325	1,25	1,27	
SACWINK Sakralwinkel	Equal variances assumed	1,402	,238	-,582	168	,561	-,53	,91	
	Equal variances not assumed			-,596	163,877	,552	-,53	,89	
THMOBFW thorakale Beweglichkeit Flexion	Equal variances assumed	,092	,762	,335	167	,738	,69	2,06	
	Equal variances not assumed			,332	147,042	,740	,69	2,08	
LUMOBFW lumbale Beweglichkeit Flexion	Equal variances assumed	,173	,678	2,779	167	,006	4,53	1,63	
	Equal variances not assumed			2,841	163,310	,005	4,53	1,60	
PELVFW Beckenbeweglichkeit Flexion	Equal variances assumed	16,360	,000	-4,162	167	,000	-8,73	2,10	
	Equal variances not assumed			-4,461	160,933	,000	-8,73	1,96	
THMOBBW thorakale Beweglichkeit Extension	Equal variances assumed	1,912	,169	1,254	167	,212	3,38	2,69	
	Equal variances not assumed			1,298	166,370	,196	3,38	2,60	
LUMOBBW lumbale Beweglichkeit Extension	Equal variances assumed	2,708	,102	-1,855	167	,065	-3,89	2,10	
	Equal variances not assumed			-1,945	166,848	,053	-3,89	2,00	
PELVBW Beckenbeweglichkeit Extension	Equal variances assumed	4,647	,033	-,357	167	,721	-,78	2,19	
	Equal variances not assumed			-,376	166,465	,707	-,78	2,08	
THMOBRT thorakale Beweglichkeit rechts	Equal variances assumed	,022	,882	1,593	167	,113	3,82	2,40	
	Equal variances not assumed			1,602	155,889	,111	3,82	2,38	
LUMOBRT lumbale Beweglichkeit rechts	Equal variances assumed	3,852	,051	-,008	167	,994	-8,73E-03	1,08	
	Equal variances not assumed			-,008	139,688	,994	-8,73E-03	1,10	
THMOBLF thorakale Beweglichkeit links	Equal variances assumed	,010	,921	3,474	167	,001	6,77	1,95	
	Equal variances not assumed			3,435	146,356	,001	6,77	1,97	
LUMOBLF lumbale Beweglichkeit links	Equal variances assumed	,214	,644	-2,043	167	,043	-2,28	1,12	
	Equal variances not assumed			-2,064	158,376	,041	-2,28	1,11	

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
npar test m-w=bcflex, bcext, bankzug, thkypho, lulordo, sacwink
      thmobfw, lumobfw, pelvfw,
      thmobbw, lumobbw, pelvbw,
      thmobrt, lumobrt, thmoblf, lumoblf by geschl(13,14).
```

## NPar Tests

### Mann-Whitney Test

	Ranks			
	GESCHL Geschlecht	N	Mean Rank	Sum of Ranks
BCFLEX Kraftwert Flexion	13 männlich	74	130,46	9654,00
	14 weiblich	111	68,03	7551,00
	Total	185		
BCEXT Kraftwert Extension	13 männlich	74	121,47	8989,00
	14 weiblich	111	74,02	8216,00
	Total	185		
BANKZUG Kraftwert Bankziehen	13 männlich	74	128,47	9506,50
	14 weiblich	111	69,36	7698,50
	Total	185		
THKYPHO Thorakalkyphose	13 männlich	71	82,71	5872,50
	14 weiblich	98	86,66	8492,50
	Total	169		
LULORDO Lendenlordose	13 männlich	72	88,83	6396,00
	14 weiblich	98	83,05	8139,00
	Total	170		
SACWINK Sakralwinkel	13 männlich	72	82,49	5939,50
	14 weiblich	98	87,71	8595,50
	Total	170		
THMOBFW thorakale Beweglichkeit Flexion	13 männlich	72	87,51	6300,50
	14 weiblich	97	83,14	8064,50
	Total	169		
LUMOBFW lumbale Beweglichkeit Flexion	13 männlich	72	96,54	6951,00
	14 weiblich	97	76,43	7414,00
	Total	169		
PELVFW Beckenbeweglichkeit Flexion	13 männlich	72	67,40	4852,50
	14 weiblich	97	98,07	9512,50
	Total	169		
THMOBBW thorakale Beweglichkeit Extension	13 männlich	72	90,53	6518,00
	14 weiblich	97	80,90	7847,00
	Total	169		
LUMOBBW lumbale Beweglichkeit Extension	13 männlich	72	75,74	5453,00
	14 weiblich	97	91,88	8912,00
	Total	169		
PELVBW Beckenbeweglichkeit Extension	13 männlich	72	83,56	6016,00
	14 weiblich	97	86,07	8349,00
	Total	169		
THMOBRT thorakale Beweglichkeit rechts	13 männlich	72	91,99	6623,00
	14 weiblich	97	79,81	7742,00
	Total	169		
LUMOBRT lumbale Beweglichkeit rechts	13 männlich	72	85,00	6120,00
	14 weiblich	97	85,00	8245,00
	Total	169		
THMOBLF thorakale Beweglichkeit links	13 männlich	72	99,69	7178,00
	14 weiblich	97	74,09	7187,00
	Total	169		
LUMOBLF lumbale Beweglichkeit links	13 männlich	72	76,96	5541,00
	14 weiblich	97	90,97	8824,00
	Total	169		

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

Test Statistics

	CFLEX Kraftwert Flexion	BCEXT Kraftwert xtension	ANKZUG Kraftwert ankziehe	KYPH horakalk phose	LORD kendenlos dose	ACWINK akralwink e	HMOBFW thorakale Flexion	UMOBFW lumbale Flexion	WELVFW leckenb Flexion	HMOBBW thorakale Extension	UMOBBW lumbale Extension	ELVBW eckenbe Extension	HMOBRT thorakale rechts	UMOBRT lumbale rechts	HMOB thorak links
Mann-Whitne	35,000	00,000	482,500	16,500	88,000	3311,500	3311,500	2661,000	24,500	3094,000	2825,000	388,000	2989,000	3492,000	2434,00
Wilcoxon W	51,000	16,000	698,500	72,500	39,000	5939,500	3064,500	7414,000	52,500	7847,000	5453,000	016,000	7742,000	3245,000	7187,00
Z	-7,771	-5,906	-7,356	-,518	-,758	-,684	-,574	-2,644	-4,031	-1,266	-2,121	-,331	-1,600	,000	-3,36
Asymp. Sig. (	,000	,000	,000	,605	,449	,494	,566	,008	,000	,206	,034	,741	,110	1,000	,00

a. Grouping Variable: GESCHL Geschlecht

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

Correlations

			PC Computer in min/w	TV Fernsehen in min/w
Spearman's rho	NMIGES Note mittl. Gesamtwert	Correlation Coefficient	,063	-,011
		Sig. (2-tailed)	,391	,882
		N	189	189
	SIGES Stabilitätsindex gesamt	Correlation Coefficient	,148	,134
		Sig. (2-tailed)	,044	,069
		N	186	186
	TAPS Tappings / sec	Correlation Coefficient	,139	,005
		Sig. (2-tailed)	,066	,952
		N	177	177
	BCFLEX Kraftwert Flexion	Correlation Coefficient	,256	,068
		Sig. (2-tailed)	,000	,355
		N	185	185
	BCEXT Kraftwert Extension	Correlation Coefficient	,198	,007
		Sig. (2-tailed)	,007	,924
		N	185	185
	BANKZUG Kraftwert Bankziehen	Correlation Coefficient	,303	,214
		Sig. (2-tailed)	,000	,003
		N	185	185
	THKYPHO Thorakalkyphose	Correlation Coefficient	,018	,114
		Sig. (2-tailed)	,815	,141
		N	169	169
	LULORDO Lendenlordose	Correlation Coefficient	-,123	,054
		Sig. (2-tailed)	,110	,486
		N	170	170
	SACWINK Sakralwinkel	Correlation Coefficient	-,122	-,146
		Sig. (2-tailed)	,114	,058
		N	170	170
	THMOBFW thorakale Beweglichkeit Flexion	Correlation Coefficient	-,045	-,027
		Sig. (2-tailed)	,557	,727
		N	169	169
	LUMOBFW lumbale Beweglichkeit Flexion	Correlation Coefficient	,026	,023
		Sig. (2-tailed)	,741	,767
		N	169	169
	PELVFW Beckenbeweglichkeit Flexion	Correlation Coefficient	-,186	,013
		Sig. (2-tailed)	,016	,867
		N	169	169
	THMOBBW thorakale Beweglichkeit Extension	Correlation Coefficient	,130	,010
		Sig. (2-tailed)	,092	,895
		N	169	169
	LUMOBBW lumbale Beweglichkeit Extension	Correlation Coefficient	-,126	-,032
		Sig. (2-tailed)	,103	,684
		N	169	169
	PELVBW Beckenbeweglichkeit Extension	Correlation Coefficient	,067	,037
		Sig. (2-tailed)	,389	,636
		N	169	169
	THMOBRT thorakale Beweglichkeit rechts	Correlation Coefficient	,115	,029
		Sig. (2-tailed)	,137	,712
		N	169	169
	LUMOBRT lumbale Beweglichkeit rechts	Correlation Coefficient	-,018	-,004
		Sig. (2-tailed)	,815	,962
		N	169	169
	THMOBLF thorakale Beweglichkeit links	Correlation Coefficient	,203	,001
		Sig. (2-tailed)	,008	,991
		N	169	169
	LUMOBLF lumbale Beweglichkeit links	Correlation Coefficient	-,124	-,029
		Sig. (2-tailed)	,107	,706
		N	169	169

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

## Hypothese 3 a

\*\*\*\*\* Hypothese 3(a).

```
regression /var=pc, tv, nmiges  
/dependent=nmiges  
/method=stepwise.
```

## Regression

### Variables Entered/Removed<sup>a</sup>

a. Dependent Variable: NMIGES Note mittl. Gesamtwert

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=pc, tv, siges
                        /dependent=siges
                        /method=stepwise.
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,174 <sup>a</sup>	,030	,025	1,571

a. Predictors: (Constant), PC Computer in min/w

### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	14,249	1	14,249	5,774	,017 <sup>a</sup>
	Residual	454,113	184	2,468		
	Total	468,362	185			

a. Predictors: (Constant), PC Computer in min/w

b. Dependent Variable: SIGES Stabilitätsindex gesamt

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2,321	,150		15,431	,000
	PC Computer in min/w	9,805E-04	,000	,174	2,403	,017

a. Dependent Variable: SIGES Stabilitätsindex gesamt

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```

regression /var=pc, tv, taps
                        /dependent=taps
                        /method=stepwise.
    
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,188 <sup>a</sup>	,035	,030	1,55

a. Predictors: (Constant), PC Computer in min/w

### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	15,431	1	15,431	6,423	,012 <sup>a</sup>
	Residual	420,420	175	2,402		
	Total	435,851	176			

a. Predictors: (Constant), PC Computer in min/w

b. Dependent Variable: TAPS Tappings / sec

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	8,011	,153		52,294	,000
	PC Computer in min/w	1,047E-03	,000	,188	2,534	,012

a. Dependent Variable: TAPS Tappings / sec

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

**Hypothese 3 b**

\*\*\*\*\* Hypothese 3(b).

```
regression /var=pc, tv, bcflex
                    /dependent=bcflex
                    /method=stepwise.
```

**Regression**

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,279 <sup>a</sup>	,078	,073	10,56

a. Predictors: (Constant), PC Computer in min/w

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1726,360	1	1726,360	15,469	,000 <sup>a</sup>
	Residual	20422,824	183	111,600		
	Total	22149,184	184			

a. Predictors: (Constant), PC Computer in min/w

b. Dependent Variable: BCFLEX Kraftwert Flexion

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	26,120	1,013		25,774	,000
	PC Computer in min/w	1,079E-02	,003	,279	3,933	,000

a. Dependent Variable: BCFLEX Kraftwert Flexion

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```

regression /var=pc, tv, bcext
                        /dependent=bcext
                        /method=stepwise.
    
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,173 <sup>a</sup>	,030	,025	11,02

a. Predictors: (Constant), PC Computer in min/w

### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	689,522	1	689,522	5,676	,018 <sup>a</sup>
	Residual	22229,740	183	121,474		
	Total	22919,262	184			

a. Predictors: (Constant), PC Computer in min/w

b. Dependent Variable: BCEXT Kraftwert Extension

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	35,830	1,057		33,887	,000
	PC Computer in min/w	6,821E-03	,003	,173	2,382	,018

a. Dependent Variable: BCEXT Kraftwert Extension

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=pc, tv, bankzug
                        /dependent=bankzug
                        /method=stepwise.
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,345 <sup>a</sup>	,119	,114	203,77

a. Predictors: (Constant), PC Computer in min/w

### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1027914	1	1027914,461	24,757	,000 <sup>a</sup>
	Residual	7598282	183	41520,667		
	Total	8626196	184			

a. Predictors: (Constant), PC Computer in min/w

b. Dependent Variable: BANKZUG Kraftwert Bankziehen

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	369,788	19,548		18,917	,000
	PC Computer in min/w	,263	,053	,345	4,976	,000

a. Dependent Variable: BANKZUG Kraftwert Bankziehen

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=pc, tv, thkypho /dependent=thkypho  
/method=stepwise.
```

## Regression

### Variables Entered/Removed<sup>a</sup>

a. Dependent Variable: THKYPHO Thorakalkyphose

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=pc, tv, lulordo  
/dependent=lulordo  
/method=stepwise.
```

## Regression

### Variables Entered/Removed<sup>a</sup>

a. Dependent Variable: LULORDO Lendenlordose

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=pc, tv, sacwink
                                /dependent=sacwink
                                /method=stepwise.
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,169 <sup>a</sup>	,029	,023	5,79

a. Predictors: (Constant), TV Fernsehen in min/w

### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	165,898	1	165,898	4,957	,027 <sup>a</sup>
	Residual	5622,602	168	33,468		
	Total	5788,500	169			

a. Predictors: (Constant), TV Fernsehen in min/w

b. Dependent Variable: SACWINK Sakralwinkel

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	16,922	,778		21,755	,000
	TV Fernsehen in min/w	-2,05E-03	,001	-,169	-2,226	,027

a. Dependent Variable: SACWINK Sakralwinkel

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=pc, tv, thmobfw  
/dependent=thmobfw  
/method=stepwise.
```

## Regression

### Variables Entered/Removed<sup>a</sup>

- a. Dependent Variable: THMOBFW  
thorakale Beweglichkeit Flexion

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=pc, tv, lumobfw  
/dependent=lumobfw  
/method=stepwise.
```

## Regression

### **Variables Entered/Removed<sup>a</sup>**

- 
- a. Dependent Variable: LUMOBFW  
lumbale Beweglichkeit Flexion

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=pc, tv, pelvfw
                        /dependent=pelvfw
                        /method=stepwise.
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,182 <sup>a</sup>	,033	,027	13,92

a. Predictors: (Constant), PC Computer in min/w

### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1111,357	1	1111,357	5,733	,018 <sup>a</sup>
	Residual	32371,472	167	193,841		
	Total	33482,828	168			

a. Predictors: (Constant), PC Computer in min/w

b. Dependent Variable: PELVFW Beckenbeweglichkeit Flexion

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	38,830	1,421		27,317	,000
	PC Computer in min/w	-9,10E-03	,004	-,182	-2,394	,018

a. Dependent Variable: PELVFW Beckenbeweglichkeit Flexion

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=pc, tv, thmobbw  
/dependent=thmobbw  
/method=stepwise.
```

## Regression

### **Variables Entered/Removed<sup>a</sup>**

---

- a. Dependent Variable: THMOBBW  
thorakale Beweglichkeit Extension

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=pc, tv, lumobbw /dependent=lumobbw  
/method=stepwise.
```

## Regression

### **Variables Entered/Removed<sup>a</sup>**

---

- a. Dependent Variable: LUMOBBW  
lumbale Beweglichkeit Extension

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=pc, tv, pelvbw /dependent=pelvbw  
/method=stepwise.
```

## Regression

### Variables Entered/Removed<sup>a</sup>

- a. Dependent Variable: PELVBW  
Beckenbeweglichkeit Extension

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=pc, tv, thmobrt
                                /dependent=thmobrt
                                /method=stepwise.
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,163 <sup>a</sup>	,027	,021	15,31

a. Predictors: (Constant), PC Computer in min/w

### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1071,022	1	1071,022	4,571	,034 <sup>a</sup>
	Residual	39128,741	167	234,304		
	Total	40199,763	168			

a. Predictors: (Constant), PC Computer in min/w

b. Dependent Variable: THMOBRT thorakale Beweglichkeit rechts

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	24,182	1,563		15,474	,000
	PC Computer in min/w	8,937E-03	,004	,163	2,138	,034

a. Dependent Variable: THMOBRT thorakale Beweglichkeit rechts

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=pc, tv, lumobrt  
/dependent=lumobrt  
/method=stepwise.
```

## Regression

### **Variables Entered/Removed<sup>a</sup>**

- 
- a. Dependent Variable: LUMOBRT  
lumbale Beweglichkeit rechts

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=pc, tv, thmoblf
                                /dependent=thmoblf
                                /method=stepwise.
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,159 <sup>a</sup>	,025	,019	12,80

a. Predictors: (Constant), PC Computer in min/w

### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	707,910	1	707,910	4,319	,039 <sup>a</sup>
	Residual	27370,161	167	163,893		
	Total	28078,071	168			

a. Predictors: (Constant), PC Computer in min/w

b. Dependent Variable: THMOBLF thorakale Beweglichkeit links

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	23,746	1,307		18,168	,000
	PC Computer in min/w	7,265E-03	,003	,159	2,078	,039

a. Dependent Variable: THMOBLF thorakale Beweglichkeit links

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=pc, tv, lumoblif /dependent=lumoblif  
/method=stepwise.
```

## Regression

### **Variables Entered/Removed<sup>a</sup>**

---

- a. Dependent Variable: LUMOBLF  
lumbale Beweglichkeit links

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

**Hypothese 4 a**

\*\*\*\*\* Hypothese 4(a).

nonpar corr ausdauer, spielsp, mischf with nmiges, siges, taps.

**Nonparametric Correlations**

**Correlations**

			NMIGES Note mittl. Gesamtwert	SIGES Stabilitätsin dex gesamt	TAPS Tappings / sec
Spearman's rho	AUSDAUER Sport konditionell (min/w)	Correlation Coefficient	,037	,120	,019
		Sig. (2-tailed)	,611	,104	,802
		N	189	186	177
	SPIELSP Sport konditionell-koordinativ (min/w)	Correlation Coefficient	-,079	-,011	,204
		Sig. (2-tailed)	,283	,884	,006
		N	189	186	177
	MISCHF Sport koordinativ (min/w)	Correlation Coefficient	-,109	-,010	-,016
		Sig. (2-tailed)	,135	,894	,829
		N	189	186	177

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=ausdauer, spielsp, mischf, nmiges  
/dependent=nmiges  
/method=stepwise.
```

## Regression

### Variables Entered/Removed<sup>a</sup>

a. Dependent Variable: NMIGES Note mittl. Gesamtwert

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```

regression /var=ausdauer, spielsp, mischf, siges
           /dependent=siges
           /method=stepwise.
    
```

## Regression

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,231 <sup>a</sup>	,053	,048	1,552

a. Predictors: (Constant), AUSDAUER Sport konditionell (min/w)

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	25,032	1	25,032	10,389	,001 <sup>a</sup>
	Residual	443,331	184	2,409		
	Total	468,362	185			

a. Predictors: (Constant), AUSDAUER Sport konditionell (min/w)

b. Dependent Variable: SIGES Stabilitätsindex gesamt

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2,167	,165		13,102	,000
	AUSDAUER Sport konditionell (min/w)	1,388E-03	,000	,231	3,223	,001

a. Dependent Variable: SIGES Stabilitätsindex gesamt

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=ausdauer, spielsp, mischf, taps  
/dependent=taps  
/method=stepwise.
```

## Regression

### Variables Entered/Removed<sup>a</sup>

a. Dependent Variable: TAPS Tappings / sec

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

## Hypothese 4 b

\*\*\*\*\* Hypothese 4(b).

```
nonpar corr bcflex, bcext, bankzug, thkypho, lulordo, sacwink
           thmobfw, lumobfw, pelvfw, thmobbw, lumobbw, pelvbw, thmobrt,
lumobrt
           , thmoblf, lumoblif,
           with ausdauer, spielsp, mischf.
```

## Nonparametric Correlations

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

Correlations

		AUSDAUER Sport konditionell (min/w)	SPIELSP Sport konditionel I-koordinat iv (min/w)	MISCHF Sport koordinativ (min/w)	
Spearman's rho	BCFLEX Kraftwert Flexion	Correlation Coefficient	-,020	,280	,08
		Sig. (2-tailed)	,789	,000	,28
		N	185	185	18
	BCEXT Kraftwert Extension	Correlation Coefficient	-,088	,284	,07
		Sig. (2-tailed)	,235	,000	,28
		N	185	185	18
	BANKZUG Kraftwert Bankziehen	Correlation Coefficient	,039	,224	,03
		Sig. (2-tailed)	,596	,002	,63
		N	185	185	18
	THKYPHO Thorakalkyphose	Correlation Coefficient	,067	-,025	,00
		Sig. (2-tailed)	,384	,752	,93
		N	169	169	16
	LULORDO Lendenlordose	Correlation Coefficient	-,024	-,066	,07
		Sig. (2-tailed)	,757	,390	,30
		N	170	170	17
	SACWINK Sakralwinkel	Correlation Coefficient	-,115	-,134	,07
		Sig. (2-tailed)	,136	,080	,35
		N	170	170	17
	THMOBFW thorakale Beweglichkeit Flexion	Correlation Coefficient	-,029	,004	-,13
		Sig. (2-tailed)	,707	,959	,07
		N	169	169	16
	LUMOBFW lumbale Beweglichkeit Flexion	Correlation Coefficient	-,058	,027	,08
		Sig. (2-tailed)	,456	,726	,26
		N	169	169	16
	PELVFW Beckenbeweglichkeit Flexion	Correlation Coefficient	-,003	-,115	,05
		Sig. (2-tailed)	,967	,138	,52
		N	169	169	16
	THMOBBW thorakale Beweglichkeit Extension	Correlation Coefficient	,194	-,060	,09
		Sig. (2-tailed)	,011	,440	,22
		N	169	169	16
	LUMOBBW lumbale Beweglichkeit Extension	Correlation Coefficient	,072	-,095	,04
		Sig. (2-tailed)	,351	,219	,58
		N	169	169	16
	PELVBW Beckenbeweglichkeit Extension	Correlation Coefficient	-,134	,103	,11
		Sig. (2-tailed)	,083	,181	,13
		N	169	169	16
	THMOBRT thorakale Beweglichkeit rechts	Correlation Coefficient	,023	-,012	,02
		Sig. (2-tailed)	,765	,878	,72
		N	169	169	16
	LUMOBRT lumbale Beweglichkeit rechts	Correlation Coefficient	,038	,010	-,07
		Sig. (2-tailed)	,625	,898	,35
		N	169	169	16
	THMOBLF thorakale Beweglichkeit links	Correlation Coefficient	,105	,159	-,01
		Sig. (2-tailed)	,172	,039	,84
		N	169	169	16
	LUMOBLF lumbale Beweglichkeit links	Correlation Coefficient	-,081	-,051	-,03
		Sig. (2-tailed)	,294	,510	,70
		N	169	169	16

```

regression /var=ausdauer, spielsp, mischf, bcflex
           /dependent=bcflex
           /method=stepwise.
    
```

## Regression

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,251 <sup>a</sup>	,063	,058	10,65

a. Predictors: (Constant), SPIELSP Sport konditionell-koordinativ (min/w)

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1393,234	1	1393,234	12,284	,001 <sup>a</sup>
	Residual	20755,950	183	113,420		
	Total	22149,184	184			

a. Predictors: (Constant), SPIELSP Sport konditionell-koordinativ (min/w)

b. Dependent Variable: BCFLEX Kraftwert Flexion

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t
		B	Std. Error	Beta	
1	(Constant)	27,527	,849		32,409
	SPIELSP Sport konditionell-koordinativ (min/w)	8,485E-03	,002	,251	3,505

a. Dependent Variable: BCFLEX Kraftwert Flexion

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```

regression /var=ausdauer, spielsp, mischf, bcext
           /dependent=bcext
           /method=stepwise.
    
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,307 <sup>a</sup>	,094	,089	10,65

a. Predictors: (Constant), SPIELSP Sport konditionell-kordinativ (min/w)

### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2156,453	1	2156,453	19,007	,000 <sup>a</sup>
	Residual	20762,809	183	113,458		
	Total	22919,262	184			

a. Predictors: (Constant), SPIELSP Sport konditionell-kordinativ (min/w)

b. Dependent Variable: BCEXT Kraftwert Extension

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t
		B	Std. Error	Beta	
1	(Constant)	36,013	,850		42,392
	SPIELSP Sport konditionell-kordinativ (min/w)	1,056E-02	,002	,307	4,360

a. Dependent Variable: BCEXT Kraftwert Extension

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```

regression /var=ausdauer, spielsp, mischf, bankzug
           /dependent=bankzug
           /method=stepwise.
    
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,214 <sup>a</sup>	,046	,041	212,06

a. Predictors: (Constant), SPIELSP Sport konditionell-kordinativ (min/w)

### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	396597,8	1	396597,773	8,819	,003 <sup>a</sup>
	Residual	8229599	183	44970,485		
	Total	8626196	184			

a. Predictors: (Constant), SPIELSP Sport konditionell-kordinativ (min/w)

b. Dependent Variable: BANKZUG Kraftwert Bankziehen

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t
		B	Std. Error	Beta	
1	(Constant)	412,804	16,913		24,408
	SPIELSP Sport konditionell-kordinativ (min/w)	,143	,048	,214	2,970

a. Dependent Variable: BANKZUG Kraftwert Bankziehen

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=ausdauer, spielsp, mischf, thkypho  
/dependent=thkypho  
/method=stepwise.
```

## Regression

### Variables Entered/Removed<sup>a</sup>

a. Dependent Variable: THKYPHO Thorakalkyphose

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=ausdauer, spielsp, mischf, lulordo  
/dependent=lulordo  
/method=stepwise.
```

## Regression

### Variables Entered/Removed<sup>a</sup>

a. Dependent Variable: LULORDO Lendenlordose

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```

regression /var=ausdauer, spielsp, mischf, sacwink
           /dependent=sacwink
           /method=stepwise.
    
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,173 <sup>a</sup>	,030	,024	5,78

a. Predictors: (Constant), AUSDAUER Sport konditionell (min/w)

### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	172,381	1	172,381	5,157	,024 <sup>a</sup>
	Residual	5616,119	168	33,429		
	Total	5788,500	169			

a. Predictors: (Constant), AUSDAUER Sport konditionell (min/w)

b. Dependent Variable: SACWINK Sakralwinkel

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	16,589	,653		25,393	,,000
	AUSDAUER Sport konditionell (min/w)	-3,83E-03	,002	-,173	-2,271	,,024

a. Dependent Variable: SACWINK Sakralwinkel

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=ausdauer, spielsp, mischf, thmobfw  
/dependent=thmobfw  
/method=stepwise.
```

## Regression

### **Variables Entered/Removed<sup>a</sup>**

---

- a. Dependent Variable: THMOBFW  
thorakale Beweglichkeit Flexion

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=ausdauer, spielsp, mischf, lumobfw  
/dependent=lumobfw  
/method=stepwise.
```

## Regression

### **Variables Entered/Removed<sup>a</sup>**

---

- a. Dependent Variable: LUMOBFW  
lumbale Beweglichkeit Flexion

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=ausdauer, spielsp, mischf, pelvfw  
/dependent=pelvfw  
/method=stepwise.
```

## Regression

### **Variables Entered/Removed<sup>a</sup>**

- 
- a. Dependent Variable: PELVFW  
Beckenbeweglichkeit Flexion

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```

regression /var=ausdauer, spielsp, mischf, thmobbw
           /dependent=thmobbw
           /method=stepwise.
    
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,255 <sup>a</sup>	,065	,059	16,82

a. Predictors: (Constant), AUSDAUER Sport konditionell (min/w)

### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3283,113	1	3283,113	11,608	,001 <sup>a</sup>
	Residual	47232,520	167	282,829		
	Total	50515,633	168			

a. Predictors: (Constant), AUSDAUER Sport konditionell (min/w)

b. Dependent Variable: THMOBBW thorakale Beweglichkeit Extension

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-3,864	1,901		-2,033	,047
	AUSDAUER Sport konditionell (min/w)	1,674E-02	,005	,255	3,407	,001

a. Dependent Variable: THMOBBW thorakale Beweglichkeit Extension

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=ausdauer, spielsp, mischf, lumobbw  
/dependent=lumobbw  
/method=stepwise.
```

## Regression

### **Variables Entered/Removed<sup>a</sup>**

- 
- a. Dependent Variable: LUMOBBW  
lumbale Beweglichkeit Extension

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```

regression /var=ausdauer, spielsp, mischf, pelvbw
           /dependent=pelvbw
           /method=stepwise.
    
```

## Regression

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,176 <sup>a</sup>	,031	,025	13,86

a. Predictors: (Constant), AUSDAUER Sport konditionell (min/w)

### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1020,217	1	1020,217	5,308	,022 <sup>a</sup>
	Residual	32099,854	167	192,215		
	Total	33120,071	168			

a. Predictors: (Constant), AUSDAUER Sport konditionell (min/w)

b. Dependent Variable: PELVBW Beckenbeweglichkeit Extension

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	18,178	1,567		11,599	,000
	AUSDAUER Sport konditionell (min/w)	-9,33E-03	,004	-,176	-2,304	,022

a. Dependent Variable: PELVBW Beckenbeweglichkeit Extension

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=ausdauer, spielsp, mischf, thmobrt  
/dependent=thmobrt  
/method=stepwise.
```

## Regression

### **Variables Entered/Removed<sup>a</sup>**

---

- a. Dependent Variable: THMOBRT  
thorakale Beweglichkeit rechts

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=ausdauer, spielsp, mischf, lumobrt  
/dependent=lumobrt  
/method=stepwise.
```

## Regression

### **Variables Entered/Removed<sup>a</sup>**

---

- a. Dependent Variable: LUMOBRT  
lumbale Beweglichkeit rechts

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=ausdauer, spielsp, mischf, thmoblf  
/dependent=thmoblf  
/method=stepwise.
```

## Regression

### **Variables Entered/Removed<sup>a</sup>**

- 
- a. Dependent Variable: THMOBLF  
thorakale Beweglichkeit links

# Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

```
regression /var=ausdauer, spielsp, mischf, lumobl  
/dependent=lumobl  
/method=stepwise.
```

## Regression

### **Variables Entered/Removed<sup>a</sup>**

---

- a. Dependent Variable: LUMOBLF  
lumbale Beweglichkeit links

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

## **Anhang 5: Literaturverzeichnis**

## Literaturverzeichnis

AARON, DJ., DEARWATER, SR., ANDERSON, R., OLSEN, T., KRISKA, AM., LAPORTE, RE.: Physical activity and the initiation of high-risk behaviours in adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 1995 Dec; 27(12): 1639-1645.

ABITBOL, MM.: Sacral curvature and supine posture. *Am J Phys Anthropol* 1989 Nov; 80(3): 379-89.

AMONOO-KUOFI, HS.: Changes in the lumbosacral angle, sacral inclination and the curvature of the lumbar spine during aging. *Acta Anat* 1992; 145(4): 373-7.

ANDERSEN, B., TERWILLIDER, D.M., DENEGAR, C.R.: Comparison of open versus closed kinetic chain test positions for measuring joint position sense. *Journal of Report Rehabilitation* 1995; 4: 165-171.

ANDERSEN-SANDBERG, A.: Athletic training of children and adolescents: growth and maturation more important than training for endurance in the young. *Lakartidningen*, 10/1998, 95(41): 4480-4484.

ASMUSSEN, E., HELBÖLL-NIELSEN, K.: Posture, mobility and strength of the back in boys, 7 to 16 years old. *Acta Orthop Scand.*, 1959; 28: 174-189.

ATHANASOPOULOS, S., PAXINOS, T., TSAFANTAKIS, E., ZACHARIOU, K., CHATZICONSTANTINOOU, S.: The effect of aerobic training in girls with idiopathic scoliosis. *Scand J Med Sci Sports*, Feb 1999, 9(1): 36-40.

BAG (Bundesarbeitsgesellschaft zur Förderung haltungs- und bewegungsauffälliger Kinder): Lehr- und Führungsbuch Sportförderunterricht. Dümmler, Bonn, 1992.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

BALAGUE, F., DAMIDOT, P., NORDIN, M., PARNIANPOUR, M., WALDBURGER, M.: Cross-sectional study of the isokinetic muscle trunk strength among school children. *Spine*, 1993; 9: 1199-1205.

BALAGUE, F., NORDIN, M., DUTOIT, G., WALDBURGER, M.: primary prevention, education and low back pain among school children. *Bull Hosp Jt Dis*, 1996, 55(3): 130-134.

BALOGUN, JA., AJAYI, LO., ALAWALE, F.: Determinants of single limb stance balance performance. *Afr J Med Med Sci* 1997 Sep-Dec; 26(3-4): 153-7.

BALOGUN, JA., AKINDELE, KA., NIHINLOLA, JO., MARZOUK, DK.: Age-related changes in balance performance. *Disabil Rehabil* 1994 Apr-Jun; 16(2): 58-62.

BALOGUN, JA., OLAWOYE, AG., OLDIPO, VA.: Isometric back strength in different age groups. *Int Disabil Stud* 1991 Jul-Sep; 13(3): 87-90.

BARNEKOW-BERGKVIST, M., HEDBERG, G., JANLERT, U., JANSSON, E.: Prediction of physical fitness and physical activity level in adulthood by physical performance and physical activity in adolescence – an 18-year follow-up study. *Scand J Med Sci Sports*, Oct 1998, 8(5 Pt 1): 299-308.

BAR-OR, O.: Physiologische Gesetzmäßigkeiten sportlicher Aktivität beim Kind. In: *Kinder im Leistungssport*. HOWALD, H., HAHN, E.(Hrsg.). Birkhäuser, Basel – Boston – Stuttgart, 1982.

BAR-OR, O.: *Pediatric sports medicine for the practitioner*. Springer Verlag, New York – Berlin – Heidelberg – Tokyo, 1983.

BAR-OR, O.: The young athlete: some physiological considerations. *J Sports Sci*, Summer 1995, 13 Spec No: 31-33.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

BATHE, J.: Untersuchungen über die unterschiedliche Ausprägung der Rumpfmuskulatur im frühen Jugendalter unter Berücksichtigung sportlicher Aktivitäten. Diplomarbeit an der Martin-Luther-Universität, Halle-Wittenberg, 2000.

BAUERSFELD, M., VOSS, G.: Neue Wege im Schnelligkeitstraining. Trainerbibliothek Bd. 28. Münster, 1992.

BEGG, DJ., LANGLEY, JD., MOFFITT, T., MARSHALL, SW.: Sport and delinquency: an examination of the deterrence hypothesis in a longitudinal study. Br J Sports Med, Dec 1996, 30(4): 335-341.

BEITEL, H.: Wirbelsäulengymnastik (4. Auflage). Müller & Steinicke, München.

BERG, A., KEUL, J., HUBER, G.: Biochemische Akutveränderungen bei Ausdauerbelastungen im Kindes- und Jugendalter. Monatsschr. Kinderheilkunde 128 (1980): 490-95.

BERGSTROM, E., HERNELL, O., PERSSON, LA.: Cardiovascular risk indicators cluster in girls from families of low socio-economic status. Acta Pediatr, Sep 1996, 85(9): 1083-1090.

BERNHARDT, M., BRIDWELL, K.H.: Segmental analysis of the sagittal plane alignment of the normal thoracic and lumbar spines and the thoracolumbar junction. Spine, 1989; 7: 717-721.

BERNHARDT, M., BANZER, W.: Beurteilung der klinischen Einsetzbarkeit der Ultraschalltopometrie. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin Sonderheft 1/1998: 199-202.

BERTHOLD, F., THIERBACH, P.: Zur Belastbarkeit des Halte- und Bewegungsapparates aus sportmedizinischer Sicht, Med. u. Sport 21 (1981): 165-171.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

BINKOWSKI, H., HOSTER, M., NEPPER, H.: Medizinische Trainingstherapie in der orthopädischen und traumatologischen Rehabilitation – Ausgewählte Aspekte. Sport Consult-Verlag, Waldenburg, 1997: 161-176.

BLAIR, S.N., KOHL, H.W., BARLOW, C.E., PAFFENBARGER, R.S., GIBBONS, L.W., MACERA, C.A.: Changes in physical fitness and all-course mortality. JAMA, 1995, 273: 1093-1098.

BLIMKIE, C.J., SALE, D.G., BAR-OR, O.: Voluntary strength, evoked twitch contractile properties and motor unit activation of knee extensors in obese and non-obese adolescent males. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 1990 ; 61(3-4) : 313-318.

BLÖDORN, M., SCHMIDT, P.: Trablaufen. Training, Technik, Taktik. Reinbeck, 1977.

BORMANN, B., REYHER-PAULY, W.: Die Akzeleration. Z. Allg. med., Der Landarzt 23, 46 (1970).

BRANTA, C., HAUBENSTRICKER, J., SEEFELDT, V.: Age changes in motor skills during childhood and adolescence. Exerc Sport Sci Rev 1984 ; 12 : 467-520.

BRYAN, W.L.: On the development of voluntary motor ability. The American Journal of Psychology 5(2), 1892: 125-204.

BURTON, A.K., CLARKE RD., MCCLUNE, TD., TILLOTSON, KM.: The natural history of low back pain in adolescents. Spine, Oct 15 1996, 21(20): 2323-2328.

CARR, A., JEFFERSON, R., TURNER-SMITH, A., BEAVIS, A.: An analysis of the normal back shape measured by ISIS Scanning. Spine, 1991; 6: 656-659.

COOGLER, C.: Falls and Imbalance. Rehab Management, 1992: 52-117.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

DALICHAU, S., SCHEELE, K.: Die Haltungsanalyse der thorakolumbalen Wirbelsäule als Messkriterium bei der Evaluation eines Rückentrainingsprogrammes in der Primärprävention. *Gesundheitssport und Sporttherapie* 15/1999: 140-145.

DALICHAU, S., REISSDORF, C., WEISS, M., NEUMANN, C.: Bewegungsvariationen von Lendenwirbelsäule und Becken bei der Fortbewegung und ihre therapeutische Relevanz. *Gesundheitssport und Sporttherapie* 16/2000: 15-21.

DENNER, A.: Analyse und Training der wirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1998.

DESMEDT, JE., GODEAUX, E.: Ballistic contractions in man: characteristic recruitment pattern of single motor units of the tibialis anterior muscle. *Journal of Physiology* 26, 1977: 673-693.

DIEHL, JM., STAUFENBIEHL, T.: Statistik mit SPSS Version 10.0. Verlag Dietmar Klotz, 2001.

DORDEL, S.: Bewegungsförderung in der Schule. Handbuch des Schulsonderturnens / Sportförderunterrichts. Modernes Lernen, Dortmund, 1987.

DUUS, P.: Neurologisch-topische Diagnostik: Anatomie, Physiologie, Klinik. 6. Auflage. Thieme Verlag, Stuttgart, 1995.

EDELMANN, P.: Früherkennung der Skoliose. *Z. Orthop.* 134, 1996: 8-9.

ENGELHARDT, M., NEUMANN G.: Sportmedizin: Grundlagen für alle Sportarten. BLV Verlagsgesellschaft mbH, München Wien Zürich, 1994.

ENGELHARDT, M., REUTER, I., FREIWALD, J., BOHME, T., HALBSGUTH, A.: Spondylolysis and spondylolisthesis and sports. *Orthopäde*, Sep 1997, 26(9): 755-759.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

EYERMANN, R.: Wie gesund sind unsere „gesunden Kinder“? Med-Report, 24(9), 2000: 3.

FALCK, I., LEHR, U.: Z. f. Gerontol. 13 (1980), 2, 103. Nach : AKERT, K.: Struktur und Ultrastrukturen von Nervenzellen und Synapsen. Klein. Wschr. 49 (1971): 509.

FARFAN, HF., HUBERDEAU, RM., DUBOW, HI.: Lumbar intervertebral disc degeneration. J Bone Joint Surg 1972 ; 54 : 492-510.

FELDMAN, DE., ROSSIGNOL, M., SHRIER, I., ABENHAIM, L. : Smoking. A risk factor for development of low back pain in adolescents. Spine 1999 Dec 1; 24(23): 2492-2496.

FON, G., PITT, M., THIES, A.: Thoracic kyphosis: Range in normal subjects. Am J Roentgenol., 1980; 134: 979-983.

FRANCE, EP., DERSCHEID, G., IRRGANG JJ., MALONE, T., PETERSON, R., TIPPETT, S., WILK, K.: Preliminary clinical evaluation of the Breg K.A.T.: Effects of training in normals. Isokinetics and Exerc Sci 2(3), 1992: 133-139.

FRANZ, R., SEIFERT, J.: Indikationen für Korsett und Operation bei Skoliose. Z. Orthop. 134, 1996: 12-14.

FREUND, H.J., BÜDINGEN, H.J.: The Relationship between Speed and Amplitude of the Fastest Voluntary Contraction of Human Arm Muscles. Experimental Brain Research 31, 1978: 1-12.

FREY, G.: Entwicklungsgemäßes Training in der Schule. Sportwissenschaft 8, 1978: 172-204.

FRITZE, J.: Ist die Therapie des Übergewichts mit Orlistat medizinisch notwendig? Versicherungsmedizin 51, 1, 1999: 36-37.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

GASCHLER, P.: Motorik von Kindern und Jugendlichen heute (Teil 1): Haltung und Bewegung 19 (1999), 3: 5-16.

GEITHNER, CA., WOYNAROWSKA, B., MALINA, RM.: The adolescent spurt and sexual maturation in girls active and non active in sport. Am Hum Biol 25(5), Sep-Oct 1998: 415-423.

GERRARD, DF.: Overuse injury and growing bones: the young athlete at risk. Br J Sp Med 27, 1993.

GROH, H.: Wirbelsäulenschäden beim Leistungssport. Sportarzt u. Sportmed 22 (1971): 221-226; 270-273.

GROPLER, H., THIESS, G.: Der Einfluss von physischen Fähigkeiten, von Körperhöhe und Körpergewicht auf den Ausprägungsgrad der körperlichen Leistungsfähigkeit der Schüler. Theorie und Praxis der Körperkultur 22, 1973: 499-517.

GROSSER, M.: Schnelligkeitstraining. BLV Verlagsgesellschaft mbH, München – Wien – Zürich, 1991.

GROSSER, M., STARISCHKA, S., ZIMMERMANN, E.: Das neue Konditionstraining für alle Sportarten, für Kinder, Jugendliche und Aktive. BLV Verlagsgesellschaft mbH, München, Wien, Zürich, 8. Auflage, 2001.

GUNZBURG, R., BALAGUE, F., NORDIN, M., SZPALSKI, M., DUYCK, D., BULL, D.: Low back pain in a population of school children. Eur Spine J 1999; 8(6): 439-43.

HALVORSEN, TM., NILSSON, S., NAKSTAD, PH.: Stress fractures, Spondylolysis and spondylolisthesis of the lumbar vertebrae among young athletes with back pain. Tidsskr Nor Laegeforen, Jun 30 1996, 116(17): 1999-2001.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

HARRE, D.: Trainingslehre. Berlin, 1986.

HARREBY, MS., NEERGAARD, K., HESSELSON, G., KJER, J.: Are low back pain and radiological changes during puberty risk factors for low back pain in adult age? A 25-year prospective cohort study of 640 school children. Ugeskr Laeger, Jan 6 1997, 159(2): 171-174.

HARRELL, J.S., MCMURRAY, R.G., BANGDIWALA, S.I., FRAUMAN, A.C., GANSKY, S.A., BRADLEY, C.B.: Effects of a school based intervention to reduce cardiovascular disease risk factors in elementary-school children: The Cardiovascular Health in Children Study (CHIC). J Pediatr, 1996, 128: 797-805.

HASUE, M., FUJIWARA, S., KIKUCHI, S.: A new method of quantitative measurement of abdominal and back muscle strength. Spine 5/1980: 143-148.

HEFTI, F.: Kinderorthopädie in der Praxis. Springer Verlag, Berlin – Heidelberg – New York, 1994, 52: 539.

HEINEN, F., FIETZEK, U.M., BERWECK, S., HUFSCHEIDT, A., DEUSCHL, G., KORINTHENBERG, R.: Fast corticospinal system and motor performance in children: conduction proceeds skill. Pediatr Neurol, 19(3), Sep 1998: 217-212.

HINRICHS, H.U.: Sporttherapeutisches Lauftraining für Patienten mit Bandscheibenschäden und Wirbelsäulenleiden. Gesundheitssport und Sporttherapie 2/1987: 44-54.

HIRTZ, P.: Struktur und Entwicklung koordinativer Leistungsvoraussetzungen bei Schulkindern. Theorie und Praxis der Körperkultur 26 (7), 1977: 503-510.

HIRTZ, P.: Koordinative Fähigkeiten im Schulsport. Berlin, 1985.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

HOLLMANN, W., HETTINGER, T.: Sportmedizin – Arbeits- und Trainingsgrundlagen. 3. Auflage. Schattauer, Stuttgart – New York, 1990.

HORAK, FB., SHUPERT, CL., MIRKA, A.: Components of postural dyscontrol in the elderly: A review. *Neurobio of aging* 10/1989: 727-738.

HURLOCK, E.B.: Die Entwicklung des Kindes. Beltz, Weinheim, 1972:

ISRAEL, S.: Akzentuierung bei der Ausbildung körperlicher Fähigkeiten für verschiedene Körperpartien. *Theorie und Praxis der Körperkultur* 25(2), 1976: 118-127.

ISRAEL, S., BUHL, B., WEIDNER, A., PURKOPP, KH.: Die positive Kreuzadaptation. *Medizin und Sport* 23(5), 1983: 140-148.

JEROSCH, J., MAMSCH, H.: Fehlformen und Fehlhaltungen kindlicher Füße – eine Feldstudie bei 345 Schülern. *Z Orthop* 136, 1998: 125-220.

JOCH, W., HASENBERG, R., AUERBACH, M.: Zur Altersabhängigkeit sportmotorischer Leistungen. Gibt es ein „bestes Lernalter“? *Sport Praxis* 31(5), 1990: 39-42.

JOCH, W., HASENBERG, R.: Lernalter und motorische Lernleistungen. Zur Frage des optimalen Lernalters bei Kindern und Jugendlichen. *Sportunterricht* 40(6), 1991: 216-222.

JOCH, W., HASENBERG, R.: Motorische Entwicklung und altersabhängige motorische Lernleistungen. *Sport Praxis* 34(3), 1993: 3-5.

JÜNGST, B.-K.: Ewiges Thema – Freistellung vom Schulsport. *Der Kinderarzt* 26/1995: 1172-1177.

KELLER, K., WISKETT, R.: Lehrbuch der Kinderheilkunde. Thieme, Stuttgart, 1977.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

KEMPF, H.-D.: Die Karlsruher Rückenschule für Kinder – ein primärpräventives Modell. In: Krankengymnastik, 44(11), 1992: 1345-1404.

KEMPF, H.-D., FISCHER, J.: Die Rückenschule. Rowohlt Taschenbuch Verlag GmbH, Reinbeck, 1997.

KENNEDY, JC., ALEXANDER, IJ., HAYES, KC.: Nerve supply of the human knee in its functional importance. Am J Sports Med 10 /1989: 329-335.

KENNTNER, G.: Akzeleration. Kongressbericht, Medical Tribune 66.5.83: 18-33.

KEUL, J.: Der Einfluss eines fünfjährigen Ausdauertrainings auf Kreislauf und Stoffwechsel bei Kindern. In: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 33, 1982 a.

KEUL, J.: Zur Belastbarkeit des kindlichen Organismus aus biochemischer Sicht. In: Kinder im Leistungssport. HOWALD, H., HAHN, E. (Hrsg.), Birkhäuser, Basel – Boston - Stuttgart, 1982 b.

KIM, HK., MATSUURA, Y., TANAKA, K., INAGAKI, A.: Physical fitness and motor ability in obese boys 12 through 14 years of age. Ann Physiol Anthropol 1993 Jan; 12(1): 17-23.

KINDERMANN, W.: Hinweise auf alters- und geschlechtsspezifische Besonderheiten im Mittelstreckenlauf. Lehre der Leichtathletik, 1974.

KLIMT, F.: Wie tolerieren Vorschulkinder ein „Bergaufgehen“ auf dem Laufband? Sportarzt und Sportmedizin 8/1975.

KÖHLER, E.: Zur Trainierbarkeit von Schülern im Alter von 6-16 Jahren. Theorie und Praxis der Körperkultur 8/1977.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

KÖTHER, R., SCHMIDT, H.: Beitrag zur Einschätzung des biologischen Alters der Wirbelsäule in der Pubertätsphase bei trainierenden Kindern und Jugendlichen. *Medizin und Sport* 22(7), 1982: 212-218.

KOFINK, H.: Erklärung des Deutschen Sportlehrerverbandes zum 1. DSLV - Kongress vom 23. bis 25. März 1995 in Leipzig. – In: ZEUNER, A.; SENF, G.; HOFFMANN, S. (Hrsg.): *Sport unterrichten – Anspruch und Wirklichkeit*. Sankt Augustin, 1995: 397-401.

KOINZER, K.: *Gesundheitssport mit Kindern und Jugendlichen*. Heidelberg – Leipzig, 1997.

KOLLMUSS, S.: Rückenschule für Kinder – ein Kinderspiel. In: *Krankengymnastik* 12/1996: 1842-1850.

KOSKE, N., KLIMT, F.: Die körperliche Beanspruchung bzw. Belastung von Kindern im ersten Schuljahr durch ein Circuittraining. *Dt. Z. Sportmed.* 29, 1978: 223-229.

KRÄMER, J.: *Bandscheibenbedingte Erkrankungen*. Stuttgart, 1994.

KRISTJANSDOTTIR, G.: Prevalence of self-reported back pain in school children – a study of sociodemographic differences. *Eur J Pediatr*, Nov 1996, 155(11): 984-986.

KURZ, D., TIETJENS, M.: Das Sport- und Vereinsengagement des Jugendlichen. In: *Sportwissenschaft* 4, 2000. Verlag Hofmann, Schorndorf: 384-407.

LANDESSPORTBUND NORDRHEIN-WESTFALEN e.V.: *Gewichtheben – Rahmentrainingskonzeption für Kinder und Jugendliche im Leistungssport*. 1993: 128-131.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

LEBOEUF-YDE, C., KYVIC, KO., BRUUN, NH.: Low back pain and lifestyle. Part I: Smoking. Information from a population-based sample of 29,424 twins. *Spine*, Oct 1998, 23(20): 2207-2213.

LEE, JH., HOSHINA, J., NAKAMURA, K., KARYA, Y., SAITA, K., ITO, K.: Trunk muscle weakness as a risk factor for low back pain. A 5-year prospective study. *Spine*, Jan 1 1999, 24(1): 54-57.

LEHMANN, M.: Plasmakatecholamine, Glukose, Laktat und Sauerstoffaufnahme-fähigkeit von Kindern bei aeroben und anaeroben Belastungen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 8/1980.

LEHMANN, F.: Schnelligkeitstraining im Sprint. *Leichtathletik* Sept./Okt., 1993.

LEIST, K.-H.: *Lernfeld Sport*. Rowohlt Taschenbuch Verlag GmbH, Reinbek, 1993.

LENSCH, T.: Primärprävention im Gymnasium – vorbeugende Maßnahmen zur Reduzierung von Sitzbelastungen in höheren Schulen. 1. Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien in Bayern an der Technischen Universität München, 2000.

LEPHART, SM.: Re-establishing proprioception, kinesthesia, joint position sense and neuromuscular control in rehabilitation. In: PRENTICE, WE.: *Rehabilitation Techniques in Sports*. Times Mirrow Mosby College Publishing, St. Louis, 1993: 118-137.

LIBMAN, S.: Adult participation in youth sports. A developmental perspective. *Cild Adolesc Psychiatr Clin N Am*, Oct 1998, 7(4): 725-744.

LOKO, J., AULE, R., SIKKUT, T., ERELINE, J., VIRU, A.: Motor performance status in 10 to 17-year-old Estonian girls. *Scand J Med Sci Sports* 2000 Apr; 10(2): 109-13.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

LORD, M., SMALL, J., DINSAY, J., WATKINS, R.: Lumbar lordosis – Effects of sitting and standing. *Spine* 1997; 22(21): 2571-2574.

LOSSE, GM, HOWWARD, ME., CAWLEY, PW., PHILIPPE, J., DOUTBIT, BE.: Correlation of lower extremity injury to balance indices: An investigation utilizing an instrumented unstable platform. American Orthopedic Society for Sports Medicine Specialty Day Meeting. New Orleans, 1994.

MAFULLI, N.: The growing child in sport. *Br Med Bull* 48, 1992.

MARSHAL, SJ., SARKIN, JA., SALLIS, JF., MCKENZIE, TL.: Tracing of health-related fitness components in youth ages 9 to 12. *Med Sci Sports Exerc*, Jun 1998, 30(6): 910-916.

MARTIN, D., CARL, K., LEHNERTZ, K.: *Handbuch Trainingslehre*, 2. Auflage. Hofmann, Schorndorf, 1993.

MEINEL, K., SCHNABEL, G.: *Bewegungslehre – Sportmotorik*. Berlin, 1998.

MELLEROWICZ, H., MATUSSEK, J., WILKE, S., LEIER, T., ASAMOAH, V.: Sportverletzungen und Sportschäden im Kindes- und Jugendalter – eine Übersicht. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 51(3), 2000: 78-84.

MELLIN, G., POUSSA, M.: Spinal mobility and posture in 8-to 16-year old children. *J Orthop Res.*, 1992, 10(2): 211-216.

MENSING, E.: *Tennis – einseitig ?* Sport- und Musikverlag, Freising, 1991.

MIALL, R.C.: The cerebellum, predictive control and motor coordination. In: *Novartis Found Symp*, 1998, 218: 272-284.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

MICHELI, L., GRIFFIN, LY. (ed): Sports Medicine. Rosemont IL. American academa of Orthopaedic Surgeons. Pediatric Adolesc Sports Med, 1994.

MOE, J., WINTER, R., BRADFORD, D., LONSTEIN, J.: Scoliosis and other deformities. WB Saunders Co. Philadelphia, London, Toronto, 1978: 325.

MÖGELE, E.: Die Zauberkraft. Persönliche Mitteilung, 2001.

MOLLER, AP., SWADDLE JP.: Asymmetry, Developmental Stability, Evolution. Oxford University Press, Oxford, 1997: 62-66.

MORITA, T., IKATA, T., KATOH, S., MIYAKE, R.: Lumbar spondylolysis in children and adolescents. J Bone Joint Surg Br, Jul 1995, 77(4): 620-625.

MÜLLER, F., KONCZAK, J.: Neuromotorische Kontrolle bei Funktionsstörungen der Basalganglien und des Cerebellums. In: JÄNCKE, L., HEUER, H. (Hrsg.): Interdisziplinäre Bewegungsforschung. Lengerich, 1995: 664-686.

MUSCHIK, M., HAHNEL, H.: Measurement data of the lateral lumbosacral regions in healthy subjects during the growth period. Rofo Fortschr Geb Röntgenstr Neuen Bildgeb Verfahr 1993 May; 158(5): 471-474.

NADER, PR., SELLERS, DE., JOHNSON CC., PERRY, CL., STONE EJ., COOK, KC., BEBCHUK, J., LUEPKER, RV. : The effect of adult participation in a school-based family intervention to improve Children´s diet and physical activity : the Child and Adolescent Trial for Cardiovascular Health. Prev Med, Jul-Aug 1996, 25(4): 455-464.

NADLER, SF., WU, KD., GALSKI, T, FEINBERG JH.: Low back pain in college athletes. A prospective study correlating lower extremity overuse or aquired ligamnetous laxity with low back pain. Spine, Apr 1 1998: 828.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

NASHNER, LM.: Sensory, neuromuscular and biomechanical contributions to human balance. In: DUNCAN, P. (Hrsg.): Balance. American Physical Therapy Association. Alexandria, 1990: 5-12.

NETTER, FH.: Farbatlanten dre Medizin – The Ciba Collection of Medical Illustrations, Band 7: Bewegungsapparat. Thieme Verlag Stuttgart – New York, 1992.

NEUMARKER, KJ., BARTSCH, AJ.: Anorexia nervosa and “anorexia athletica”. Wien Med Wochenschr, 1998, 148(10): 245-250.

NEWCOMER, K., SINAKI, M.: Low back pain and its relationship to back strength and physical activity in children. Acta Paediatr 1996 Dec; 85(12): 1433-1439.

NEWCOMER, K., SINAKI, M., WOLLAN, PC.: Physical activity and four-year development of back strength in children. Am J Phys Med Rehabil 1997 Jan-Feb; 76(1): 52-58.

NISSINEN, M.: Spinal posture during pubertal growth. Acta Paediatr 1995; 84: 308-12.

NISSINEN, M., HELIÖVAARA, M., SEITSAMO, J., KÖNÖNEN, M., HURMERINTA, K., POUSSA, M.: Development of Trunk Asymmetry in a Cohort of Children Ages 11 to 22 Years. Spine Vol. 25(5), 2000: 570-574.

NÖCKER, J.: Physiologie der Leibesübungen. Enke, Stuttgart, 1976.

NOFFSINGER, J.: Physical activity considerations in children and adolescents with viral infections. Pediatr Ann, Oct 1996, 25(10): 585-589.

NOTH, J.: Die motorischen Einheiten. In: KOMI, P.V. (Hrsg.): Kraft und Schnellkraft im Sport. Köln, 1994: 33-40.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

OCHS, S., FROBÖSE, I., TRUNZ, E., LAGERSTROM, D., WICHARZ, J.: Einsatzmöglichkeiten und Perspektiven eines neuen Screeningsystems zur Objektivierung des Funktionszustandes der Rumpfmuskulatur (IPN-Back Check). *Gesundheitssport und Sporttherapie* 14/1998: 144-150.

OERTER, R., MONTADA, L.: *Entwicklungspsychologie*, 2. Auflage. Psychologie Verlags Union, München – Weinheim, 1987.

OSTER, H.: Verändertes Wachstum der Jugend im 20. Jahrhundert. *Z. Allg. med., Der Landarzt* 46 (1970): 1100-1105.

PATE, RR., HEATH, GW., DOWDA, M., TROST, SG.: Associations between physical activity and other health behaviours in a representative sample of US adolescents. *Am J Public Health*, Nov 1996, 86(11): 1577-1581.

PECKHAM, CS., STARK, O., SIMONITE, V., WOLFF, OH.: Prevalence of obesity in british children born in 1946 and 1958. *Br Med J*, 1983.

PELLEGRINI, AD., SMITH, PK.: Physical activity play: the nature and function of a neglected aspect of playing. *Child Dev*, June 1998, 69(3): 577-98.

PELTONEN, JE., TAIMELA, S., ERKINTALO, M., SALMINEN, JJ., OKSANEN, A., KUJALA, UM. : Back extensor and psoas muscle training and trunk-muscle strength – a longitudinal study in adolescent girls. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1998 ; 77(1-2) : 66-71.

PICKENHAIN, L.: *Physiologische Grundlagen der Bewegungsprogrammierung. Theorie und Praxis der Körperkultur* 28 (1979): 44-47.

PLATEN, P.: Störungen des Essverhaltens bei Sportlerinnen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 3/2000: 105 ff.

PÖTTINGER, P.: *Die Abhängigkeit sportlicher Leistungen von den Körpermaßen bei Jugendlichen*. Verlag uni Druck, München, 1969.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

POLLY, D., KILKELLY, F., McHALE, K., ASPLUND, L., MULLIGAN, M., CHANG, A.: Measurement of lumbar lordosis. Evaluation of intraobserver, interobserver and technique variability. *Spine*, 1996(13): 1530-1536.

POPKO, J., KONSTANTYNOWICZ, J., KOSSAKOWSKI, D., KACZMARSKI, M., PIOTROWSKA-JASTRZEBSKA, J.: Assessment of bone density in children with Scheuermann's disease. *Rocz Akad Med Bialymst*, 1997, 42(1): 245-250.

PROPST-PROCTOR, S., BLECK, E.: Radiographic determination of lordosis and kyphosis in normal and scoliotic children. *J Pediatr Orthop*, 1983; 3: 344-346.

PSCHYREMBEL *Klinisches Wörterbuch*. De Gruyter, Berlin, New York, 1998.

RATY, HP., KUJALA, KM., VIDEMAN, T., IMPIVAARA, O., CRITES BATTIE, M., SARNA, S. : Lifetime musculoskeletal symptoms and injuries among former elite male athletes. *Int J Sports Med*, Nov 1997, 18(8): 625-632.

REILLY, T., ATKINSON, G., WATERHOUSE, J.: *Biological rhythms and exercise*. Oxford Univ. Pr., Oxford-New York-Tokyo, 1997.

REILLY, T., BANGSBO, J., FRANKS, A.: Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *J Sports Sci* 2000 Sep ; 18(9) : 669-83.

REITER, E.O., ROOT, A.: Hormonal changes of adolescence.. *Med. Clins. N. Am.* 1975(59): 1289.

RIEDER, H., HUBER, G., WERLE, J.: *Sport mit Sondergruppen – Ein Handbuch*. Hofmann, Schorndorf, 1996.

ROAF, R.: Vertebral growth and its mechanic control. *J Bone Joint Surg*, 1960 ; 42B : 40-59.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

ROEMMICH, JN., ROGOL, AD.: Physiology of growth and development. Its relationship to performance in the young athlete. Clin Sports Med, 1995: 483-502.

ROTH, K.: Koordination – Koordinative Fähigkeiten. In: EBERSPÄCHER, H. (Hrsg.), Handlexikon Sportwissenschaft, Reinbek, 1987.

ROTHMAN, R.H., SIMEONE, F.A.: The Spine. 3<sup>rd</sup> Edition. W.B. Saunders Company, Philadelphia, 1992.

RUSCH, H.: Auswahlverfahren für den Sportförderunterricht. Dissertation an der geisteswissenschaftlichen Fakultät der Universität Salzburg, 1991.

RUSCH, H., IRRGANG, W.: Handreichung für den Münchner Fitnessstest (MFT). München, 1996 a.

RUSCH, H., IRRGANG, W.: Verändert sich die körperliche Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen? Eine Studie über die Entwicklung der körperlichen Leistungsfähigkeit. Persönliche Mitteilung. Sportzentrum der Technischen Universität München, 1996 b.

RUSCH, H., WEINECK, J.: Sportförderunterricht. 5. Auflage. Hofmann Verlag Schorndorf, 1998.

SÄLZLER, A.: Ursachen und Erscheinungsformen der Akzeleration. VEB Verlag Vol und Gesundheit. Berlin, 1967.

SALE, D.G.: Neurale Adaptation im Verlaufe eines Krafttrainings. In: KOMI, P.V. (Hrsg.): Kraft und Schnellkraft im Sport. Köln, 1994: 249-265.

SAMINEN, JJ., OKSANEN, A., MAKI, P., PENTTI, J., KULALA, UM.: Leisure time physical activity in the young. Correlation with low back pain, spinal mobility and trunk muscle strength in 15-year old children. Int Sports Med 1993 Oct; 14(7): 406-10.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

SALMINEN, JJ., ERKINTALO, M., LAINE, M., PENTTI, J.: Low back pain in the young. A prospective three-year follow-up study of subjects with and without low back pain. *Spine*, Oct 1 1995, 20(19): 2101-2107.

SCHAEFER, D.C., CHESKIN, L.J.: Update on obesity treatment. *Gastroenterologist* 1998(6): 136-145.

SCHLÄCHTER, K.: Überprüfung der Reliabilität und Validität des isometrischen Testgerätes Back Check (by Dr. Wolff) an 20-30jährigen Probanden. Diplomarbeit an der Deutschen Sporthochschule Köln, 2001.

SCHMITZ, A, FORST, R., NIETHARD, F.: Korrektur von Haltungsschwächen bei Schülern zur primären Prävention durch „bewegten Unterricht“. *Orthopädische Praxis* 33(11), 1997: 745-747.

SCHOLLE, H.-Ch., STRUPPLER, A., FREUND, H.-J., HEFTER, H., SCHUHMANN, NP.: *Motodiagnostik – Mototherapie II*, Druckhaus Mayer GmbH, Jena, 1994: 29-33.

SCHONAU, E.: The development of the skeletal system in children and the influence of muscular strength. *Horm Res*, 1998, 49(1): 27-31.

SCHWARZER, R.: *Gesundheitspsychologie*. Verlag für Psychologie Dr. C.J. Hogrefe. Göttingen – Toronto – Zürich, 1990.

SENF, G.: Eignungsdiagnostik- und Normprogramm für die prozessbegleitende Auswahl im Verlauf des Grundlagentrainings. In: *Theorie und Praxis der Körperkultur* 38, 1989(1): 21-26.

SENF, G., BENSCH, R., JACOBS, S.: Ergebnisse der Erprobung einer Testbatterie zur Auswahl für den Sportförderunterricht. *Leipziger Wissenschaftliche Beiträge. Academia*. Sankt Augustin, 1995: 145-162.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

SHARMA, KD., WUTSCHERK, H.: Der Einfluss des biologischen Alters auf den Ausprägungsgrad der koordinativen Fähigkeiten in der Pubertät. Wissenschaftliche Zeitung der DHFK 28(3), 1987: 16-23.

SHARMA, KD., HIRTZ, P.: Zum Zusammenhang von koordinativen Fähigkeiten und biologischem Alter. Medizin und Sport 31(3/4), 1992: 97-99.

SHARMA, KD., HIRTZ, P., WUTSCHERK, H.: Der Ausprägungsgrad koordinativer Fähigkeiten in Abhängigkeit vom biologischen Alter (Ergebnisse). Medizin und Sport 31(6), 1991: 150-152.

SHEPARD, RJ., SHEK, PN.: Impact of physical activity and sport on the immune system. Rev Environ Health, Jul-Sep 1996, 11(3): 133-147.

SINAKI, M., LIMBURG, PJ., WOLLAN, PC., ROGERS, JW., MURTAUGH, PA.: Correlations of trunc muscle strength with age in children 5 to 18 years old. Mayo Clin Proc 1996 Nov; 71(11): 1047-54.

SLANE, S.M.: Computerized Back Testing: Making informed choices about equipment needs. Advance/Rehabilitation 7/8,1992: 25-30.

SÖNNICHSEN, A., WEINECK, J., KÖSTERMEYER, G.: PEP – eine Studie zur Präventionserziehung. Teil 4: Motorisches Leistungsvermögen und Ernährungsverhalten von Schulanfängern. In: Haltung und Bewegung 18/1998: 5-8.

SOTHERN, MS., LOFTIN, M., SUSKIND, RM., UDALL, JN., BLECKER, U.: The health benefits of physical activity in children and adolescents: implications for chronic disease prevention. Eur J Pediatr 1999 Apr; 158(4): 271-4.

SPERLING, O.: Sport und Wachstum. Leistungssport 1/1975.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

SPERLING, W.: Ausgewählte diagnostische Mittel zur Kontrolle und Optimierung des muskulären Aufbautrainings der unteren Extremitäten im Rahmen der medizinischen Trainingstherapie. Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge 40(1), 1999. Academia Verlag, Sankt Augustin: 18-38.

STAFFEL, F.: Die menschlichen Haltungstypen und ihre Beziehungen zu den Rückgratverkrümmungen. Bergmann, Wiesbaden, 1889.

STAGNARA, P., DE MAUROY, J., DRAN, G., GONON, G., COSTANZO, G., DIMNET, J., PASQUET, A.: Reciprocal Angulation of vertebral bodies in a sagittal plane: Approach to references for the evaluation of kyphosis and lordosis. Spine, 1982; 7: 335-342.

STAROSTA, W.: Rückenschule aus Sicht der Motorik des Menschen und der Sportmotorik. Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge 40(1), 1999. Academia Verlag, Sankt Augustin: 1-17.

STEGEMANN, J.: Leistungsphysiologie. 3. Auflage. Stuttgart, 1984.

STIRLING, AJ., HOWEL, D., MILLNER, PA., SADIQ, S., SHARPLES, D., DICKSON, RA.: Late-onset idiopathic scoliosis in children six to fourteen years old. A cross sectional prevalence study. J Bone Joint Surg Am, Sep 1996, 78(9): 1330-1336.

STRONG, LR., TITLOW, L.: Sagittal back motion of college football players and non-athletes. Spine 1997 Aug 1; 22(15): 1755-1759.

STRYER, BK., TOFLER, IR., LAPCHICK, R.: A developmental overview of child and youth sports in society. Child Adolesc Psychiatr Clin N Am, Oct 1998, 7(4): 697-724.

SULLIVAN, M., DICKINSON, CE., TROUP, J.: The influence of age and gender on lumbar spine sagittal plane range of motion. Spine 1994; 19(6): 682-6.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

SUNDBERG, M., GARDSELL, P., JOHNNELL, O., KARLSSON, MK., ORNSTEIN, E., SAN SERNBO, I.: Peripubertal moderate exercise increases bone mass in boys but not in girls: a population-based intervention study. *Osteoporos Int* 2001; 12(3): 230-238.

SUZUKI, N., YAMAGUCHI, Y., YAMASHTA, Y., ARMSTRONG, G.: Measurement of posture using moire topography. In: MORELAND, M., POPE, M., ARMSTRONG, G. (Hrsg.): *Moire fringe topography and spinal deformity*. Pergamon Press, New York, Oxford. 1981: 122-131.

SWARD, L., ERIKSSON, B., PETERSON, L.: Anthropometric characteristics, passive hip flexion and spinal mobility in relation to back pain in athletes. *Spine* 1990 May; 15(5): 376-82.

TANAKA, H., SWENSEN, T.: Impact of resistance training on endurance performance. A new form of cross-training? *Sports Med*, Mar 1998, 25(3): 191-200.

TAYLOR, WC., BLAIR, SN., CUMMINGS, SS., WUN, CC., MALINA RM.: Childhood and adolescence physical activity patterns and adult physical activity. *Med Sci Sports Exerc*, Jan 1999, 31(1): 118-123.

TESTERMAN, C., VANDER GRIEND, R.: Evaluation of ankle instability using the Biodex Stability System. *Foot Ankle Int* 20(5), May 1999: 317-321.

THIENES, G.: Zyklische Schnelligkeit: trainingswissenschaftliche Bestimmung, empirische Befunde, Konsequenzen für die Trainingsgestaltung. *Leistungssport* 2, 1999: 18-22.

THOMAS, C.L.: Teilnahme von Frauen an anstrengenden motorischen Aktivitäten. In: *Sportmedizin und Leistungsphysiologie*. STRAUSS, H. (Hrsg.), Enke Verlag, Stuttgart, 1983: 307-322.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

THORWESTEN, L., KREIMER, J, FROMME, A., MOOREN, F.Ch., VOLKER, K.:  
Sensomotorische Aspekte der Wirbelsäule bei Sportlern und Nichtsportlern. Deutsche  
Zeitschrift für Sportmedizin Sonderheft 9/1999: 122.

TITTEL, K.: Zur Be- und Entlastbarkeit der Wirbelsäule im Verlauf verschiedener  
Lebensabschnitte – eine Betrachtung aus funktionell-anatomischer und  
sportmedizinischer Sicht. Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge 40(1), 1999,  
Academia-Verlag, Sankt Augustin: 39-58.

TITTEL, K.: Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen, 13. Auflage.  
Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 2000.

TITZE, S., WIEDER, K.: Bevorzugte sportliche Freizeitaktivitäten und Umfang  
körperlich-sportlicher Aktivitäten von 6-11jährigen Schulkindern. Gesundheitssport und  
Sporttherapie 16 / 2000: 177.

TSCHIENE, P.: Ausdauerschulung als Grundlage der Verbesserung früher  
Sprintleistungen. Lehre der Leichtathletik 16/1980.

TYLDESLEY, B., GRIEVE, JI.: Muscles and Nerves and Movements: Kinesiologie in  
Daily Living. Blackwell Scientific Publications, Boston, 1989: 268-284.

VOLVER, A., VIRU, A., VIRU, M.: Improvement of motor abilities in pubertal girls. J  
Sports Med Phys Fitness 2000 Mar; 40(1): 17-25.

VOSS, G., WERTHNER, R.: Leistungs- und Talentdiagnostik – Konsequenzen aus dem  
neuen Schnelligkeitstraining. Leistungssport 4, 1994: 12-21.

VOSS, G., WITT, M.: Bewegungsgesteuerte Neuromuskuläre Stimulation – BNS.  
Leistungssport 1, 1998: 43-47.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

WANG, YP., YE, QB., WU, B.: Result on the screening of scoliosis among school students in Beijing area. *Chung Hua Liu Hsing Ping Hsueh Tsa Chih*, Jun 1996, 17(3): 160-162.

WASMUND, U., NOWACKI, P.: Untersuchung über Laktatkonzentrationen im Kindesalter bei verschiedenen Belastungsformen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 3/1978.

WEINECK, J.: *Sportbiologie*, 7. Auflage. Perimed-spitta, Med. Verl.-Ges., Balingen, 2000.

WEINECK, J., KÖSTERMEYER, G., SÖNNICHSEN, A.: PEP – eine Studie zur Präventionserziehung, Teil 1: Zum motorischen Leistungsvermögen von Schulanfängern. In: *Haltung und Bewegung* 17/1997: 5-16. Teil 4: Motorisches Lernvermögen und Ernährungsverhalten von Schulanfängern. In: *Haltung und Bewegung* 18/1998: 5-8.

WEST, RV.: The female athlete. The triad of disordered eating, amenorrhoea and osteoporosis. *Sports Med*, Aug 1998, 26(2): 63-71.

WEVER, G.: Ernährung und körperliche Aktivität – 2 Hauptfaktoren der somatischen Entwicklung im Grundschulalter. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 1995, 46(10): 566-575.

WIDHE, T.: Spine: posture, mobility and pain. A longitudinal study from childhood to adolescence. *Eur Spine J* 2001 Apr; 10(8): 118-23.

WILLIAMS, CA., SINGH, M.: Dynamic trunk strength of canadian football players, soccer players, and middle to long distance runners. *J Orthop Sports Phys Ther* 1997 Apr; 25(4): 271-276.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

WILLIAMS, CA.: Children's and adolescents' anaerobic performance during cycle ergometry. *Sports Med*, Oct 1997, 24(4): 227-240 .

WILLIMCZIK, K., GROSSER, M.: Die motorische Entwicklung im Kindes- und Jugendalter. Hofmann, Schorndorf, 1981.

WILLNER, S.: Spinal Pantograph – A non invasive technique for describing kyphosis and lordosis in the thoracolumar spine. *Acta Ortop Scand*, 1981; 52: 525-529.

WILLNER, S., JOHNSON, B.: Thoracic kyphosis and lumbar lordosis during the growth period in children. *Acta Paediatr Scand*, 1983; 72: 873-878.

WING, P., TSANG, I., GAGNON, F., SUSAK, L., GAGNON, R.: Diurnal changes in the profile shape and range of motion of the back. *Spine* 1992 Jul; 17(7): 761-766.

WINNAIL, SD., VALOIS, RF., MCKEOWN, RE., SAUNDERS, RP., PATE, RR.: Relationship between physical activity level and cigarette, smokeless tobacco, and marijuana use among public high school adolescents. *J Sch Health*, Dec 1995, 65(10): 438-442.

WISCHNEWSKI, W., PFEIFFER, A.: Scheuermann disease as predisposition of later sinal disease and its effect on expert assessment in occupational disease examinations. *Versicherungsmedizin*, Aug 1 1996, 48(8): 126-128.

WISSENSCHAFTLICHES INSTITUT DER ÄRZTE DEUTSCHLANDS (WIAD), KLAES, L., ROMMEL, A., COSLER, D., ZENS, Y.: Bewegungsstatus von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Frankfurt / Main, 2001.

WOJTTIS, EM., ASHTON-MILLER, JA., HUSTON, LJ., MOGA, PJ.: The association between athletic training time and the sagittal curvature of the immature spine. *Am J Sports Med* 2000 Jul-Aug; 28(4): 490-498.

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

WRIGHT, JG., BELL, D.: Lumbosacral joint angles in children. J Pediatr Orthop 1991 Nov-Dec; 11(6): 748-51.

WUTSCHERK, H.: Die Bestimmung des biologischen Alters. Theorie und Praxis der Körperkultur. Heft 2, Leipzig, 1974.

WUTSCHERK, H., SCHMIDT, H., SCHULZE, S.: Zur Bewertung der Körpermassen bei Kindern und Jugendlichen. In: Medizin und Sport 28/6, 1988.

YOSHIDA, T.: Age-dependant changes in dynamic body balance as evaluated by the body tracking test (BTT). Nippon Jibiinkoka Gakkai Kaiko 1997 Jul; 100(7): 729-739.

YSTGAARD, M., TAMBS, K., DALGARD, OS.: Life stress, social support and psychological distress in late adolescence: a longitudinal study. Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol, Jan 1999, 34(1): 12-19.

ZIMMER, R., CICURS, H.: Psychomotorik. Neue Ansätze im Sportförderunterricht und Sonderturnen. Hofmann, Schorndorf, 1987.

ZITTING, P., VANHARANTA, H.: Why do we need more information about the risk factors of the musculoskeletal pain disorders in childhood and adolescence? Int J Circumpolar Health 1998 Jul; 57(2-3): 148-155.

ZURBRÜGG, R.P.: Hormonale Regulation und Wachstum bei sportlich aktiven Knaben und Mädchen. In: Kinder im Leistungssport: 50-58. HOWALD, H., HAHN, E. (Hrsg.). Birkhäuser Verlag, Basel-Boston-Stuttgart, 1982.

## **Anhang 6: Lebenslauf**

## **Lebenslauf**

28.10.1974 geboren in Wolfratshausen (Kreis Bad Tölz)

### **Schulische Ausbildung:**

1981 – 1985 Besuch der Volksschule in Straubing – Ittling

1985 – 1994 Besuch des Gymnasiums der Ursulinen in Straubing  
Abschluss: Abitur

### **Studium:**

1994 – 1998 Studium der Diplom-Sportwissenschaften mit  
Schwerpunkt Prävention / Rehabilitation an der TU  
München

Sept. 1997 Vordiplom

Sept. 1998 Abschlussprüfungen

### **Praktika:**

Aug. 1995 vierwöchiges Praktikum im Rehasentrum Gäubodenpark  
in Straubing

März 1998 achtwöchiges Praktikum in der LVA Rheumaklinik in Bad  
Füssing

Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder

**Berufserfahrung:**

Aug. 1997 – Juli 1998

Trainerin in einem Fitness- und Gesundheitszentrum in Straubing (Zusatzqualifikation: Aerobic – Ausbildung)

Juni 1998

Urlaubsvertretung als Diplom-Sportwissenschaftlerin in der Bavaria – Klinik Schaufling

Juli 1998 – Sept. 2001

Diplom-Sportwissenschaftlerin in der LVA Rheumaklinik Bad Füssing