

Dissertation

Der Zusammenhang zwischen Bewegung, Ernährung
und Knochendichte bei steirischen Schulkindern

eingereicht von

Christin Schmölzer, MPH, B.Sc.

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktorin der Medizinischen Wissenschaft

(Dr. scient. med.)

an der Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie

unter der Anleitung von

Assoz. Prof. Priv.-Doz. Dr. med. univ. Georg Singer

Priv. –Doz.ⁱⁿ Dr.ⁱⁿ med. univ. Tanja Kraus

Ass. Prof. Priv.-Doz. Dr. med. univ. Karl Martin Hoffmann

2015

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt und abgefasst, und jene Personen und Institutionen, die am Zustandekommen der Forschungsdaten beteiligt waren, namentlich genannt habe. Andere als die angegebenen Quellen habe ich nicht verwendet und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommene Stellen habe ich als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit an der Dissertation wurde gemäß der „Good Scientific Practice“ durchgeführt.

Graz, am 09.April 2015

Danksagung

Ich möchte mich sehr herzlich bei Assoz. Prof. Priv.-Doz. Dr. med. univ. Georg Singer für die Bereitstellung des interessanten Dissertationsthemas und die hervorragende Betreuung und Unterstützung während der letzten drei Jahre bedanken.

Priv. –Doz.in Dr.ⁱⁿ med. univ. Tanja Kraus danke ich herzlich für die professionelle und wertvolle Unterstützung in der Planung, Durchführung und Auswertung der vorliegenden Arbeit.

Für die Einführung in die Auswertung von Food Frequency Questionnaires und die zur Verfügung Stellung der EBISpro Software möchte ich Ass. Prof. Priv.-Doz. Dr. med. univ. Karl Martin Hoffmann danken.

Besonders bedanken möchte ich mich für die unermüdliche Unterstützung, aber auch für die Freiheit, die mir meine Betreuer während des gesamten Forschungsprojektes gewährten, was maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit beitrug.

Weiters bedanken möchte ich mich bei den Studenten, die mich bei der Erhebung der Daten und Durchführung des Deutschen Motorik Tests an den Schulen tatkräftig und mit großem Eifer unterstützt haben.

Außerordentlicher Dank gilt dem großen Interesse der teilnehmenden Schulen und deren DirektorInnen sowie LehrerInnen, welche mir zahlreiche Turnstunden sowie einige Schulstunden zur Verfügung gestellt haben, um die Erhebungen durchzuführen.

Ich möchte mich auch bei den teilnehmenden Schulkindern und deren Eltern bedanken, die mir durch ihre Mitarbeit die Durchführung der vorliegenden Studie ermöglicht und mit großem Interesse alle Aufgaben durchgeführt haben.

Weiterer Dank gilt der sportmedizinischen Ambulanz und Univ. Prof. Dr. Schober, der mir das transportable Knochendichtemessgerät für die Studie zur Verfügung gestellt hat.

Beim Land Steiermark bedanke ich mich für die finanzielle Unterstützung dieses Forschungsprojektes.

Besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mich während der gesamten Studienzeit unterstützt und mich immer wieder mit motivierenden Worten durch das Studium begleitet haben.

Ganz besonderer Dank gilt auch meinem Freund Johannes, der mir die Freiheit gab dieses Ziel zu erreichen und mich sowohl seelisch als auch tatkräftig durch Höhen und Tiefen der letzten drei Jahre begleitet hat.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Forschungsfragen	4
2	Teilnehmer und Methoden	5
2.1	Teilnehmer	5
2.2	Methoden	7
2.2.1	Anthropometrische Daten	7
2.2.2	Knochendichte	8
2.2.2.1	Definition	8
2.2.2.2	Knochendichtemessung	8
2.2.2.3	Knochendichtemessung mittels QUS	9
2.2.2.4	Quertransmission durch die Fingerphalangen.....	9
2.2.3	Körperliche Aktivität	11
2.2.3.1	Akzelerometer: Aipermotion 440 PC	11
2.2.3.2	Sportmotorische Tests	13
2.2.3.3	Deutscher Motorik-Test (DMT).....	14
2.2.3.4	Food Frequency Questionnaires (FFQ)	16
2.3	Statistik	17
3	Ergebnisse	18
3.1	Gewicht	18
3.1.1	Selbsteinschätzung des Gewichts	19
3.2	Größe.....	20
3.3	BMI.....	21
3.3.1	Wohlfühlen mit dem eigenen Gewicht	22
3.4	Knochendichte	27
3.4.1	Vergleich Stadt/Land	28
3.4.2	Vergleich Geschlecht.....	28

3.4.3	Vergleich bisheriger Knochenbruch	29
3.4.4	Vergleich Gewicht	29
3.4.5	Vergleich BMI	30
3.4.6	Vergleich Altersgruppen	30
3.5	Knochenbrüche	31
3.5.1	Vergleich Altersgruppen	33
3.6	Körperliche Aktivität	34
3.6.1	Akzelerometer	34
3.6.1.1	Zurückgelegte Strecke pro Tag [m/Tag] gemessen mit dem Akzelerometer	35
3.6.1.2	Energieverbrauch pro Tag [kcal/Tag] gemessen mit dem Akzelerometer	35
3.6.2	Fitnessstest	35
3.6.2.1	Vergleich Stadt/Land	37
3.6.2.2	Vergleich Schultyp	38
3.6.2.3	Vergleich Geschlecht	38
3.6.2.4	Vergleich BMI	39
3.6.2.5	Selbsteinschätzung der Schulkinder über ihre eigene körperliche Leistung	40
3.6.2.5.1	Vergleich tatsächliche Ergebnisse	41
3.6.3	Körperliche Aktivität in der Freizeit	43
3.7	Ernährung	46
3.7.1	Energieaufnahme	50
3.7.1.1	Vergleich Stadt/Land	50
3.7.1.2	Vergleich Geschlecht	50
3.7.1.3	Vergleich Gewicht/BMI	51
3.7.2	Calcium	51
3.7.3	Vitamin D	52

3.8	Zusammenhang zwischen Knochendichte und Ernährung von steirischen Schulkindern	55
3.8.1	Energieaufnahme	55
3.8.2	Calcium.....	55
3.8.2.1	Zusammenhang zwischen Calcium-Zufuhr und Frakturrisiko.....	55
3.8.3	Zusammenhang zwischen Knochendichte und Vitamin D-Zufuhr.....	56
3.8.3.1	Zusammenhang zwischen Vitamin D-Zufuhr und Frakturrisiko..	56
3.9	Zusammenhang zwischen Knochendichte und Bewegung steirischer Schulkinder.....	57
3.9.1	Akzelerometer.....	57
3.9.2	Fitnesstest	57
4	Diskussion.....	59
4.1	Messung der Knochendichte mittels Quantitativen Ultraschall (QUS)....	59
4.2	Epidemiologie der Knochendichte.....	60
4.3	Zusammenhang zwischen dem Frakturrisiko und der Knochendichte ...	61
4.4	Zusammenhang zwischen dem Gewicht sowie dem BMI und der Knochendichte	62
4.4.1	Zufriedenheit mit dem eigenen Körpergewicht	63
4.5	Zusammenhang zwischen der körperlichen Bewegung und der Knochendichte	63
4.5.1	Körperliche Bewegung von Kindern und Jugendlichen in Österreich.....	63
4.5.2	Akzelerometrie.....	64
4.5.3	Körperliche Bewegung und Knochendichte	65
4.6	Zusammenhang zwischen Ernährung und Knochendichte	66
4.6.1	Energieaufnahme	66
4.6.2	Zusammenhang zwischen Energieaufnahme und Knochendichte ...	67
4.6.3	Calcium –Aufnahme	67
4.6.4	Zusammenhang zwischen Calcium-Zufuhr und Knochendichte	68

4.6.5	Zusammenhang zwischen der Vitamin D-Zufuhr und Knochendichte	68
4.7	Schwächen der Studie und Ausblick auf weitere Forschung.....	69
4.7.1	Schwächen der Studie.....	69
4.7.2	Ausblick und weitere Forschung.....	70
4.7.3	Conclusio.....	71
5	Förderung.....	72
6	Annex.....	88
6.1	Fragebogen für Eltern	88
6.2	Fragebogen für Schulkinder.....	92
6.3	Erfassungsbogen Deutscher Motorik-Test.....	95
6.4	Food Frequency Questionnaire.....	96
6.5	Einladungsschreiben für Eltern und Schulkinder.....	101

Abkürzungen und deren Erklärungen

ADSoS	Amplitude Dependent Speed of Sound
BLS	Bundeslebensmittelschlüssel
BMD	Bone Mineral Density
BMG	Bundesministerium für Gesundheit
BMI	Body Mass Index
BRG	Bundesrealgymnasium
BTT	Bone Transmission Time
DgfE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
DMT	Deutscher Motorik Test
DPA	Dual-Photon-Absorptiometrie
DXA	Dual-Röntgen-Absorptiometrie
EBISpro	Ernährungsanamnese, Beratungs- und Informationssystem
FFQ	Food Frequency Questionnaire
HBSC	Health Behavior in School-aged Children
KiGGs	Studie zur Gesundheit und Jugendlichen in Deutschland
Kokotest	Konditions-Koordinationstest
NMS	Neue Mittelschule
ÖgfE	Österreichische Gesellschaft für Ernährung
PAL-Wert	Physical Activity Level
QTC	Quantitative Computertomographie
QUS	Quantitativer Ultraschall
SD	Standardabweichung
SOS	Speed of Sound
SPA	Single-Photon-Absorptiometrie
TFR	Test Fitness Rekrutierung
WHO	World Health Organization

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ausgewählte zu einem Krankenhausaufenthalt führenden Unfälle – ausgewählte Knochenbrüche nach Geschlecht im Bundesländervergleich (17) .	2
Abbildung 2: Einflussfaktoren auf die Knochengesundheit (6)	3
Abbildung 3: Knochendichtemessung mittels Ultraschall an der Grundphalanx des Zeigefingers (57)	10
Abbildung 4: Akzelerometer AiperMotion 440 PC (68).....	13
Abbildung 5: Testbatterie Deutscher Motorik-Test (74).....	15
Abbildung 6: Verteilung des Gewichtes nach Schullage (*p<0,05 vs. Stadt).....	18
Abbildung 7: Vergleich des BMI aufgeteilt der Schullage innerhalb des Geschlechtes (*p=0,014 vs. Schülerinnen in der Stadt)	21
Abbildung 8: Verteilung der Knochendichte (SOS) [m/s] aller Schulkinder	27
Abbildung 9: Verteilung der Knochendichte [m/s] im Stadt/Land Vergleich (*p<0,05 vs. Stadt).....	28
Abbildung 10: Verteilung der Knochendichte [m/s] im Geschlechtervergleich (*p<0,001 vs. Stadt).....	29
Abbildung 11: Korrelation zwischen der Knochendichte und dem BMI	30
Abbildung 12: Aufteilung der Knochendichte nach Altersgruppen.....	31
Abbildung 13: Output eines Akzelerometers über Aiperview 440.....	34
Abbildung 14: Ergebnisse des Deutschen Motorik Tests in Leitungsklassen	36
Abbildung 15: Ergebnisse des Deutschen Motorik Tests nach Schullage	37
Abbildung 16: Ergebnisse des Deutschen Motorik Tests nach Schultyp	38
Abbildung 17: Ergebnisse des Deutschen Motorik Tests nach Geschlecht.....	39
Abbildung 18: Aufteilung der Ergebnisgruppen des Deutschen Motorik Test nach BMI-Perzentilgruppen	40
Abbildung 19: Selbsteinschätzung der eigenen körperlichen Leistung im Vergleich mit dem tatsächlichen Ergebnis.....	41
Abbildung 20: Selbsteinschätzung der männlichen Schulkinder der eigenen körperlichen Leistung im Vergleich mit dem tatsächlichen Ergebnis	42

Abbildung 21: Selbsteinschätzung der weiblichen Schulkinder der eigenen körperlichen Leistung im Vergleich mit dem tatsächlichen Ergebnis	43
Abbildung 22: Output aus der EPISpro Auswertungssoftware für Windows.....	47
Abbildung 23: Output aus der EPISpro Auswertungssoftware für Windows.....	48
Abbildung 24: Grafische Darstellung der aufgenommenen Nahrung und Getränke nach Inhaltsstoffen und deren prozentuale Erfüllung.....	49
Abbildung 25: Energieaufnahme [kcal/Tag] aller Schulkinder	50
Abbildung 26: Durchschnittliche Calcium-Aufnahme [mg/Tag] der Schulkinder ...	51
Abbildung 27: Durchschnittliche Vitamin D-Aufnahme [μ g/Tag] der Schulkinder .	52
Abbildung 28: Zusammenhang zwischen Calcium-Zufuhr und Knochendichte der Schulkinder	55
Abbildung 29: Zusammenhang zwischen der Knochendichte und der durchschnittlich zurückgelegten Strecke [m/Tag] gemessen mittels Akzelerometer	57
Abbildung 30: Zusammenhang zwischen der Knochendichte und Ergebnissen (Z-Werte) des Deutschen Motorik Tests.....	58
Abbildung 31: Relative Anzahl der Kinder und Jugendlichen im Alter von 11 und 13 Jahren, die täglich mindestens 1 Stunde lang mit mittlerer bis hoher Intensität körperlich aktiv sind (128).....	64

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Aufteilung der Schulkinder der einzelnen Schulen nach Geschlecht.....	6
Tabelle 2: Aufteilung der Schulkinder der einzelnen Schulen nach Alter	6
Tabelle 3: Gewicht der Schulkinder aufgeteilt nach Geschlecht im Stadt-Land Vergleich	19
Tabelle 4: Selbsteinschätzung des eigenen Gewichtes der Schulkinder.....	19
Tabelle 5: Einschätzung der Eltern über das Gewicht des eigenen Schulkindes .	20
Tabelle 6: BMI der Schulkinder aufgeteilt in BMI-Perzentil Gruppen nach Kromeyer-Hausschild	22
Tabelle 7: Zufriedenheit mit dem eigenen Gewicht aufgeteilt nach BMI-Perzentil Gruppen	23
Tabelle 8: Überblick über die metrischen Variablen	24
Tabelle 9: Überblick über die metrischen Variablen im Stadt/Land Vergleich (* signifikanter p-Wert).....	25
Tabelle 10: Überblick über die metrischen Variablen im Geschlechter Vergleich (* signifikanter p-Wert).....	26
Tabelle 11: Häufigkeit der Knochenbruchstellen	32
Tabelle 12: Häufigkeit des Unfallortes	32
Tabelle 13: Häufigkeit der Unfallursache.....	33
Tabelle 14: Selbsteinschätzung der eigenen körperlichen Leistung.....	40
Tabelle 15: Beschäftigungsdauer der Schulkinder mit Fernsehen oder Videoschauen.....	44
Tabelle 16: Beschäftigungsdauer der Schulkinder mit Spielekonsolen	44
Tabelle 17: Körperliche Aktivität der Schulkinder in ihrer Freizeit.....	45
Tabelle 18: Körperliche Aktivität der Schulkinder in der Freizeit, welche die Schulkinder zum Schwitzen bringt.....	45
Tabelle 19: Überblick über alle erhobenen Inhaltstoffe mittels FFQ	53

Zusammenfassung

Einleitung

Die Prävalenz von übergewichtigen Kindern und Jugendlichen in Österreich ist seit einigen Jahren im stetigen Anstieg. Bei Erwachsenen ist eine positive Assoziation von Adipositas mit der Knochendichte beschrieben. Im Kindes- und Jugendalter ist der Zusammenhang zwischen Übergewicht oder Adipositas und der Knochendichte in der Literatur widersprüchlich beschrieben. Zahlreiche Studien konnten bereits einen positiven Einfluss von körperlicher Bewegung und Ernährung auf die Knochendichte bei Kindern und Jugendlichen zeigen. Jedoch gibt es nur unzureichende Informationen über den Zusammenhang zwischen körperlicher Bewegung, Ernährung und Knochendichte.

Material und Methoden

195 Schulkinder, im Alter von zehn bis zwölf Jahren, von vier Schulen in der Steiermark, davon drei Schulen in Graz und eine Schule in Deutschlandsberg, haben an der Studie teilgenommen. Die Knochendichte der Schulkinder, angegeben in Speed of Sound [m/s], wurde mittels quantitativem Ultraschall an den proximalen Handphalangen gemessen. Das Ernährungsverhalten der Schulkinder wurde mittels „Food Frequency Questionnaires“ (FFQ) erhoben. Das Bewegungsverhalten wurde sowohl mittels Akzelerometer (AiperMotion 440 PC), als auch dem „Deutschen Motorik Test“, einem standardisierten Fitnesstest, gemessen.

Resultate

Es konnte ein signifikanter Unterschied zwischen der mittleren Knochendichte zwischen den Schülern (SOS $1884,25 \pm 69,63$ m/s) und Schülerinnen (SOS $1927,4 \pm 64,42$ m/s) gezeigt werden, wobei die Knochendichte der Schülerinnen signifikant höher war ($p < 0,001$). Die Knochendichte der Schulkinder vom Land war signifikant höher als die Knochendichte der Schulkinder aus der Stadt ($p < 0,001$). Es konnte eine negative Korrelation zwischen der Knochendichte und dem BMI der Schulkinder ($p = 0,005$) und eine positive Korrelation zwischen der Knochendichte und der körperlichen Bewegung der Schulkinder gezeigt werden. Es bestand kein Zusammenhang zwischen dem Gewicht der Schulkinder oder

einem bisherigen Knochenbruch und der Knochendichte. Ein Einfluss der Ernährung der Schulkinder, speziell die Calcium- und Vitamin D-Zufuhr, auf die Knochendichte konnte nicht bestätigt werden.

Diskussion

Die Knochendichte von Schulkindern korreliert mit dem Geschlecht, der Lokalisation der Schule (Stadt vs. Land) und dem BMI. Im Gegensatz zu Erwachsenen zeigt das Gewicht der Schulkinder keinen positiven Effekt auf deren Knochendichte. Wie in der Literatur beschrieben, konnte ein positiver Zusammenhang zwischen der körperlichen Bewegung und der Knochendichte, aber kein Einfluss der Ernährung auf die Knochendichte der Schulkinder bestätigt werden.

Abstract

Background

In adults, bone mineral density (BMD) is positively associated with obesity. In childhood, the association between obesity and BMD is contradictory. Multiple studies have reported the influence of physical activity and nutrition on BMD. However, there is scarce information emphasizing the intertwined association between nutrition, physical activity and BMD, measured using Quantitative Ultrasound (QUS), in children.

Methods/Materials

Speed of sound (SOS) values were obtained from the proximal phalanges using QUS in 195 school children. Data concerning nutrition was assessed using standard food frequency questionnaires (FFQ). Physical activity was evaluated by accelerometers and standardized fitness tests.

Results

A significant difference between mean BMD in female (SOS 1927.4 ± 64.42 m/s) and male (SOS 1884.25 ± 69.63 m/s) school children was found ($p < 0.001$). Mean BMD was higher in children of rural schools compared to those from urban schools ($p < 0.001$). A negative correlation between mean BMD and BMI ($p = 0.005$) and a positive correlation with physical activity of the children was demonstrated. No correlation between mean BMD and weight or BMD and history of bone fractures could be shown. Micronutrient analysis indicated no association between nutrient intake (specifically Calcium and Vitamin D) and BMD.

Discussion

Mean BMD of school children is correlated with gender, location of the school (urban vs. rural) and BMI. Unlike in adults, the childrens' weight does not have a positive effect on their bone mineral density. In accordance with the literature, physical activity has an influence on BMD but an association with nutrition was not shown

1 Einleitung

Die Prävalenz von übergewichtigen Kindern und Jugendlichen ist weltweit im Vormarsch. In den letzten hundert Jahren ist die Zahl adipöser Kinder und Jugendlicher besorgniserregend gestiegen (1). Auch in Österreich ist ein Anstieg von übergewichtigen und adipösen Kindern und Jugendlichen zu verzeichnen; bis zu 25% der österreichischen Kinder im Alter von sieben bis vierzehn Jahren sind übergewichtig (2).

Zu den größten Risikofaktoren für Übergewicht zählen dabei zu wenig Schlaf, fette und zuckerreiche Ernährung sowie Bewegungsmangel. Mit dem Übergewicht geht oft eine starke psychosoziale Belastung einher; viele übergewichtige Kinder müssen in der Schule den Spott ihrer Klassenkameraden ertragen. Aber nicht nur die individuellen psychosozialen Folgen für die Kinder selbst, sondern auch die sozioökonomischen Folgen für das österreichische Gesundheitssystem sind nicht unerheblich. Steigende Kosten für das österreichische Gesundheitssystem und die Gesellschaft sind durch die stetige Zunahme der Prävalenz von Übergewicht bei Kindern und Jugendlichen und deren Folgen zu erwarten. Zahlen aus Deutschland zeigen, dass sich die direkten und indirekten Kosten im Jahr 2003 für adipöse Kinder und Jugendlichen auf 44 Millionen Euro beliefen. Davon lagen die Kosten pro Kind im Alter von fünf bis 20 Jahren bei 3484 Euro (3). Die steigenden Kosten der Adipositas für das Gesundheitssystem sind jedoch nicht allein auf die medizinische Behandlung der Grunderkrankung Fettleibigkeit zurückzuführen. Sie beinhalten auch jene Behandlungskosten, welche durch Folgeerkrankungen und durch Adipositas bedingte Komorbiditäten im Erwachsenenalter der derzeit übergewichtigen und adipösen Jugendlichen entstehen (4, 5).

Das Körpergewicht, speziell Übergewicht und Adipositas, zählen zu einem der häufigsten, in der Literatur auffindbaren Einflussfaktoren auf die Knochendichte. Bei Erwachsenen zeigt Übergewicht einen positiven Effekt auf die Knochendichte und wirkt sich daher auch protektiv auf osteoporotische Frakturen bei älteren Menschen aus (6-8). Im Kindesalter hingegen zeigen Studien widersprüchliche Ergebnisse bei der Auswirkung von Übergewicht und Adipositas auf die

Knochendichte. Die Ergebnisse reichen von gleicher, erhöhter oder sogar erniedrigter Knochendichte bei übergewichtigen sowie adipösen Kindern (9-11). Bei adipösen Kindern scheint aber ein erhöhtes Frakturrisiko zu bestehen (12-14). Durch Unfälle ausgelöste Notfall- und Spitalsaufnahmen sind vor allem für Kinder und Jugendliche traumatische Erlebnisse. Knochenfrakturen machen 10 bis 25 Prozent aller Traumata im Kindesalter aus, wobei das Frakturrisiko bis zur Skelettreife für Jungen bei ca. 40 Prozent, für Mädchen bei ca. 30 Prozent liegt (15, 16).

Abbildung 1 gibt einen Überblick über die durchschnittliche Anzahl von Kindern und Jugendlichen in der Steiermark (pro 100.000 Kinder und Jugendlichen in der Steiermark), welche von 2004 bis 2008 aufgrund von ausgewählten Knochenbrüchen im Krankenhaus behandelt wurden. Zu diesen zählen Frakturen des Unterarms, des Unterschenkels inkl. des oberen Sprunggelenkes sowie des Oberschenkels.

Gliederungsmerkmal	gesamt					weiblich					männlich				
	unter 5 Jahre	5 bis 9 Jahre	10 bis 14 Jahre	15 bis 19 Jahre	0 bis 19 Jahre	unter 5 Jahre	5 bis 9 Jahre	10 bis 14 Jahre	15 bis 19 Jahre	0 bis 19 Jahre	unter 5 Jahre	5 bis 9 Jahre	10 bis 14 Jahre	15 bis 19 Jahre	0 bis 19 Jahre
	pro 100.000 Personen gleichen Alters und gleichen Geschlechts im Schnitt von 2004 bis 2008														
Bundesländer															
Burgenland	55,1	206,2	287,3	245,5	208,0	49,1	180,9	191,1	82,4	128,2	60,8	230,6	380,3	400,2	284,5
Kärnten	115,4	282,0	413,3	330,5	297,2	105,2	240,9	268,3	166,5	199,4	125,2	321,7	552,2	486,4	390,8
Niederösterreich	102,1	263,1	334,8	297,0	257,6	77,8	218,2	208,6	118,6	158,4	125,0	305,4	455,5	466,1	351,7
Oberösterreich	152,6	286,9	380,3	376,0	308,3	130,5	235,6	222,6	140,3	183,2	173,7	335,7	530,7	600,1	427,4
Salzburg	105,5	327,1	420,0	345,4	307,9	95,0	270,6	247,4	117,8	184,4	115,4	380,6	583,9	561,5	424,7
Steiermark	76,7	261,6	384,9	356,8	283,0	56,5	213,5	225,8	153,2	166,4	96,0	307,3	534,6	549,9	393,6
Tirol	93,0	271,7	365,5	356,2	280,7	62,9	228,8	209,5	124,4	159,1	121,6	312,4	514,7	577,5	396,7
Vorarlberg	104,8	255,5	356,4	321,6	266,0	76,7	202,6	224,5	148,0	165,6	131,8	305,9	480,6	484,9	361,3
Wien	90,7	305,4	383,8	172,9	236,8	74,9	234,5	226,6	67,5	149,0	105,8	373,2	532,6	273,8	320,4
Österreich	104,3	279,1	372,0	309,1	273,6	84,3	227,8	223,6	122,8	166,3	123,3	328,0	513,0	486,2	375,6

Abbildung 1: Ausgewählte zu einem Krankenhausaufenthalt führenden Unfälle – ausgewählte Knochenbrüche nach Geschlecht im Bundesländervergleich (17)

Durchschnittlich wurden 385 Kinder und Jugendliche im Alter von 10 bis 14 Jahren wegen eines Knochenbruches im Krankenhaus behandelt (17).

In der Grafik ist die mehr als doppelt so große Anzahl der behandelten Knochenbrüche bei Jungen im Vergleich zu Mädchen im Alter von 10 bis 14 Jahren in der Steiermark zu erkennen.

Weitere Einflussfaktoren auf die Knochengesundheit im Kindes- und Erwachsenenalter sind bereits in der Literatur in einer Vielzahl von Studien untersucht worden. Diese wurden von Loud et al. (2006) in einer zusammenfassenden Grafik dargestellt (**Abbildung 2**) (6).

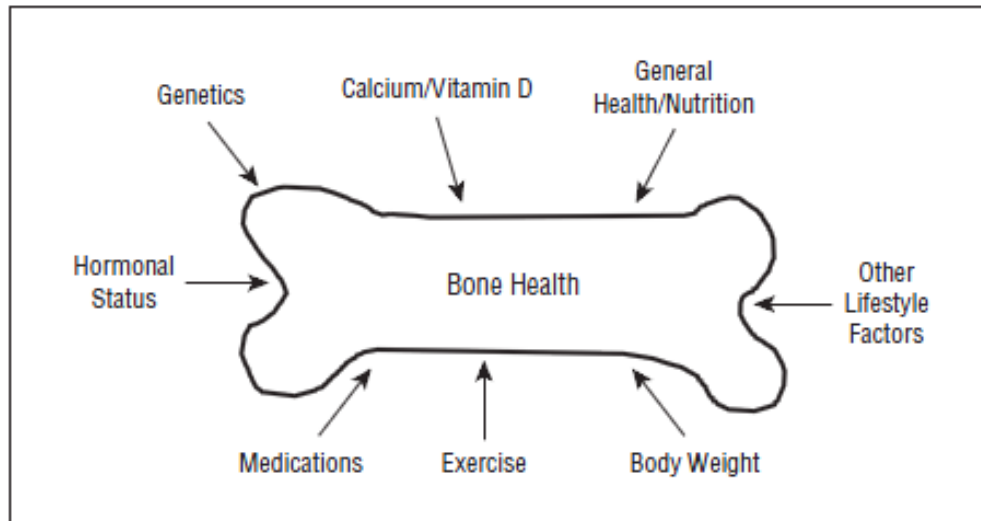


Abbildung 2: Einflussfaktoren auf die Knochengesundheit (6)

Der genetische Einfluss auf die Knochendichte ist nicht zu unterschätzen und konnte bereits in mehreren Studien bestätigt werden (18-20). Auch die Ernährung wurde bereits in vielen Studien als Einflussfaktor auf die Knochendichte untersucht (21-24). Dabei wurden vor allem Auswirkungen der Calcium-Zufuhr sowie der Vitamin D Zufuhr auf die Knochendichte getestet, da diese beiden Mikronährstoffe im Zusammenspiel für den dynamischen Knochenumbau verantwortlich sind (25). Jedoch gibt es in der Literatur über den Einfluss beider Mikronährstoffe unterschiedliche Ergebnisse. Bei einigen Studien konnten eine positive Assoziation zwischen der Calcium-Zufuhr sowie der Vitamin D-Zufuhr und der Knochendichte bestätigt werden (6, 26-29), andere Studienergebnisse wiederum konnten diesen Zusammenhang nicht nachweisen (30, 31).

Als weiterer Einflussfaktor der Knochendichte ist der Hormonstatus zu nennen. Dieser spielt eine wichtige Rolle für die Bildung der „peak bone mass“ – die maximale Knochendichte. Am Beispiel der Sexualhormone wirken sich diese, aufgrund des zeitlich versetzten Einsetzens der Pubertät zwischen den beiden Geschlechtern zeitlich verzögert auf das Knochenwachstum, aus (32-34). Auch der Einfluss von Medikamenten auf die Knochendichte und das

Knochenwachstum konnte in bisherigen Studien nachgewiesen werden (19, 35-37). Viele Studien konnten bereits den Einfluss von körperlicher Bewegung und Ernährung auf die Knochendichte bei Kindern und Jugendlichen zeigen (23, 27, 38, 39). In mehreren Studien konnte bestätigt werden, dass sich ein gezieltes Trainingsprogramm zur körperlichen Bewegung im Turnunterricht in der Schule positiv auf die Knochendichte auswirkt (40-42). Dennoch gibt es zurzeit nur wenig Information aus wissenschaftlichen Studien über den Zusammenhang zwischen den drei Faktoren Ernährung, Bewegung und Knochendichte bei Kindern und Jugendlichen im Alter von zehn bis zwölf Jahren.

1.1 Forschungsfragen

Im Rahmen dieser Erhebung wurden folgende Forschungsfragen wissenschaftlich untersucht:

Forschungsfrage 1: Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Gewicht oder dem BMI und der Knochendichte bei steirischen Schulkindern im Alter von zehn bis zwölf Jahren?

Forschungsfrage 2: Gibt es einen Zusammenhang zwischen der körperlichen Bewegung und der Knochendichte bei steirischen Schulkindern im Alter von zehn bis zwölf Jahren?

Forschungsfrage 3: Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Ernährung, insbesondere der Energie-, Calcium- und Vitamin D- Zufuhr und der Knochendichte bei steirischen Schulkindern im Alter von zehn bis zwölf Jahren?

2 Teilnehmer und Methoden

2.1 Teilnehmer

Nach positiver Genehmigung der Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz (EK-Nummer: 24-501 ex 11/12) und der Genehmigung des Landesschulrates für Steiermark, wurden insgesamt vier Schulen für die Teilnahme an der Studie nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- Interesse an der Teilnahme und Anzahl der Schüler im Alter von 10 bis 12 Jahren
- Verfügbarkeit von Turnsälen für das Durchführen der Untersuchungen und des Fitnesstests, sowie Schulhof oder Sportplatz für etwaige Übungen
- unterschiedliche Schullagen um einen Stadt/Land Vergleich zu ermöglichen
- Schulen mit Unterstufenklassen mit 10 bis 12 jährigen Schulkindern

Es haben drei Schulen in Graz und eine Schule in Deutschlandsberg an der Studie teilgenommen:

Schulen in Graz:

- Bundesrealgymnasium Carnerigasse
- Bundesrealgymnasium Lichtenfels
- Neue Mittelschule Kepler

Schule in Deutschlandsberg:

- Neue Mittelschule I Deutschlandsberg

Alle ausgewählten Schulen waren Teilnehmer des Projektes „Gesunde Schule Österreich“, einer Initiative des Bundesministeriums für Gesundheit, Bundesministerium für Bildung und Frauen und dem Hauptverband der Sozialversicherungsträger. Das Projekt der „gesunden Schule“, welches 2007 entwickelt wurde, unterstützt die Schulen bei der Entwicklung von

gesundheitsfördernden Initiativen bei u.a. folgenden Themen: Bewegung, Sucht, Ernährung und psychosoziales Wohlbefinden. Der vom Landesschulrat für Steiermark erstellte Qualitätskriterienkatalog hilft dabei die Schulqualität im Bereich Gesundheit und Sicherheit an den steirischen Schulen zu verbessern. Die Teilnahme an dem Projekt „gesunde Schule“ wird mit einem Zertifikat bestätigt (43).

Es wurden insgesamt 348 Schulkinder im Alter von 10 bis 12 Jahren über die Studie informiert. Zu diesem Zweck wurde eine Information über die Studie, sowie eine Einverständniserklärung für die Eltern und die Schulkinder ausgegeben. 112 Schulkinder aus Graz und 92 Schulkinder aus Deutschlandsberg haben an der Studie teilgenommen (Responserate 58,6 Prozent). **Tabelle 1** zeigt die Aufteilung der beteiligten Schulkinder der einzelnen Schulen nach Geschlecht und **Tabelle 2** zeigt die Altersverteilung der beteiligten Schulkinder aus den einzelnen Schulen.

Tabelle 1: Aufteilung der Schulkinder der einzelnen Schulen nach Geschlecht

Schule	Geschlecht		N
	männlich	weiblich	
BRG Lichtenfels	25	24	49
BRG Carnerigasse	29	12	41
NMS Kepler	14	8	22
NMS Deutschlandsberg	42	50	92
Summe	110	94	204

Tabelle 2: Aufteilung der Schulkinder der einzelnen Schulen nach Alter

Schule	Alter			N
	10	11	12	
BRG Lichtenfels	0	22	27	49
BRG Carnerigasse	7	21	13	41
NMS Kepler	3	12	7	22
NMS Deutschlandsberg	16	37	39	92
Summe	26	92	86	204

2.2 Methoden

2.2.1 Anthropometrische Daten

Es wurden anthropometrische Daten und generelle Gesundheitsinformationen über die Schulkinder erhoben. Mittels eines selbst generierten Fragebogens, dessen Fragen sich an die Fragebögen aus der KiGGS-Studie anlehnten (44), wurden folgende Daten von den Eltern über die Schulkinder abgefragt:

- Gesundheitszustand
- Fitnesszustand
- chronische Krankheiten
- besondere Ernährung
- Einnahme von Medikamenten
- bisherige Knochenbrüche (Anzahl, Knochen, Unfallursache und Unfallort)
- Freizeitaktivitäten der Schulkinder

Über diesen Fragebogen wurden auch die Eltern selbst über ihr Alter, ihre Größe, ihr Gewicht, ihre Staatsbürgerschaft, ihren höchsten Bildungsabschluss und die Berufstätigkeit der Elternteile befragt (Annex 1). An die Schulkinder wurde während der Studie in der Turnstunde auch ein Fragebogen ausgeteilt. Von den Schulkindern wurden folgende Daten abgefragt (Annex 2):

- Alter
- Klasse
- Zufriedenheit mit dem eigenen Gewicht
- Selbsteinschätzung der körperlichen Leistung
- Freizeitaktivitäten
- bisherige Knochenbrüche

Die Größe der Kinder, von der Ferse bis zum Hinterkopf, wurde mittels Maßband an der Wand (ohne Schuhe) in Zentimetern gemessen, das Gewicht mit einer Körperwaage in Kilogramm (ebenfalls ohne Schuhe). Der BMI wurde aus dem

Quotienten des Gewichts durch die Größe im Quadrat berechnet (BMI= Körpergewicht (kg) / (Körpergröße (m)²).

Der BMI der Schulkinder wurde mit Hilfe der BMI-Perzentilen Tabellen für Kinder nach Kromeyer-Hausschild (2001), unter Berücksichtigung von Körpergewicht, Körpergröße, Alter und Geschlecht in die jeweiligen Perzentile umgerechnet (45).

2.2.2 Knochendichte

2.2.2.1 Definition

Die Knochendichte oder Bone Mineral Density (BMD) wird als durchschnittliche Konzentration von Mineral in einem zwei- bis dreidimensionalen Bild oder in einer bestimmten Sektion eines Knochens definiert (46).

2.2.2.2 Knochendichtemessung

Die Sonographie ist bekannt als bildgebende Methode basierend auf reflektierten Ultraschallwellen, wobei mit Hilfe einer normaler Sonographie die Knochen selbst nicht schallbar sind. Anders als Röntgenstrahlen entstehen Schallwellen aus Dichteänderung in einem Medium, welche sich fortpflanzen, reflektiert werden können oder sich auf dem Weg verändern können. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Ultraschallwellen hängt von den Eigenschaften des durchschallten Mediums ab. Die Schallwellen werden durch unterschiedlich dichte Gewebe hindurch unterschiedlich stark abgeschwächt, wobei Festkörper wie Knochen eine höhere Schallgeschwindigkeit als weiche Organe aufweisen. Der herkömmliche „Ultraschall“ ist für die Knochendichtemessung nicht geeignet, da wegen der höheren Schallgeschwindigkeit und Dichte der Knochen ein großer Teil des Schalls an der Knochenoberfläche reflektiert wird (47).

Für die Messung der Knochendichte in dieser Studie wurde das Verfahren des quantitativen Ultraschalls (QUS) verwendet. Diese Form der Knochendichtemessung wurde gewählt, da diese Methode im Gegensatz zu anderen Messverfahren sehr leicht und schnell durchzuführen ist, keine ionisierende Strahlung benötigt und das Messgerät selbst transportabel ist (48-51).

2.2.2.3 Knochendichtemessung mittels QUS

Die Methoden des quantitativen Ultraschalls sind parametrisch, d.h. das quantitative Variablen aus der Veränderung der Schallwelle berechnet werden, welche in Beziehung zu Dichte, Struktur oder Festigkeit der Knochen stehen. Bei der Knochendichtemessung mit quantitativem Ultraschall wird die Veränderung der Ultraschallwellen nach der Transmission durch den Knochen ausgewertet (52). Die Wechselwirkung verändert die Geschwindigkeit der Ultraschallwellen und führt zu einer Abnahme der transmittierten Schallenergie (33). Die Ultraschall-Transmissions-Geschwindigkeit (auch bekannt als Speed of Sound, oder SOS) ist eine Materialkonstante und wird in Meter pro Sekunde (m/s) angegeben. Sie ist die Geschwindigkeit, mit der die Wellen den Knochen durchqueren und hängt hauptsächlich von dem Verhältnis von Knochenvolumen zum Markvolumen ab (47, 53).

Die am häufigsten angewandten Verfahren sind die Quertransmission durch den Calcaneus, die axiale Transmission am Radius und die Quertransmission durch die Fingerphalangen (33). Für diese Studie wurde die Messung der Knochendichte mit quantitativem Ultraschall an den Fingerphalangen verwendet.

Die Knochendichtemessung an den Fingerphalangen hat den Vorteil, dass nicht nur die Messung der Knochendichte als „Speed of Sound“, sondern auch die Messung der Amplituden abhängigen SOS (ADSoS) und die „Bone Transmission time“ (BTT) möglich sind. Bei der Knochendichtemessung am Calcaneus, Radius oder Tibia wird meistens nur die SOS gemessen. Ein Nachteil der Knochendichtemessung an den Fingerphalangen ist ein möglicher Einfluss von jugendlichen Wachstumsstörungen auf die Messergebnisse (32) sowie die Schwierigkeit bei übergewichtigen und adipösen Personen mit einem hohen Weichteilanteil den richtigen Messort an den Fingerphalangen zu finden (54).

2.2.2.4 Quertransmission durch die Fingerphalangen

Für die Studie wurde der DMB Sonic Bone Profiler (Igea, Italien) verwendet. Mit diesem Gerät wird das Ultraschallsignal durch die erste Phalanx der vier Langfinger der nicht dominanten Hand gemessen. Für die Messung wird ein

getrennter Schallwandler als Sender und Empfänger benutzt. Die zwei Messsonden, mit einem Durchmesser von 12 mm, sind auf einem hochpräzisen Caliper positioniert, welcher den Abstand zwischen den beiden Messsonden berechnet. Die aussendende Sonde generiert ein 1,25 MHz Ultraschallsignal durch den Finger, wobei die Empfängersonde auf das Ultraschallsignal nach Durchquerung des Fingerknochens wartet (33, 47). Das Gerät berechnet die Ultraschall-Transmission-Geschwindigkeit (SOS), indem der Durchmesser des Fingers, welcher durch den Caliper gemessen wird, durch die „Time of Flight“ zwischen den beiden Messsonden dividiert wird (m/s) (55).

Zu Beginn jeder Messung wird als Referenzwert zuerst das Weichteilgewebe der ersten Interdigitalfalte gemessen. Dieser Referenzwert wird dann automatisch vom Gerät als Interferenz der Gewebeschichten, welche die Phalangen umgeben, berücksichtigt (51, 55, 56). Die aussendende Messsonde und die empfangende Messsonde werden dann auf die mediolaterale Oberfläche des proximalen Fingergliedes positioniert, wobei der distale Knöchel der ersten Phalanx als Referenzmarke für die Platzierung des Calipers dient (siehe **Abbildung 3**).

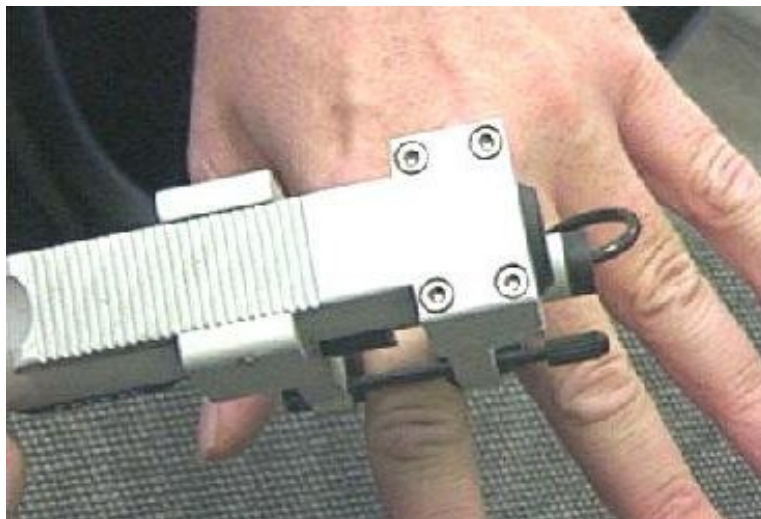


Abbildung 3: Knochendichtemessung mittels Ultraschall an der Grundphalanx des Zeigefingers (57)

Die Knöchel bieten einen guten Anhaltspunkt für die Platzierung des Calipers, um eine Vergleichbarkeit der Messungen zu ermöglichen (58). Die Verbindung der Messsonden mit der Haut wird durch handelsübliches Ultraschallgel hergestellt.

Die Messung der Knochendichte wurde immer von derselben geschulten Person durchgeführt, um einen Performance Bias auszuschließen.

2.2.3 Körperliche Aktivität

Die körperliche Aktivität wurde direkt mittels „deutschen Motorik-Test“ (DMT) im Turnunterricht und dem Tragen eines Akzelerometers (Beschleunigungsmesser) erhoben. Die direkte Messung der körperlichen Aktivität wurde gewählt, um einem Self Reporting Bias entgegenzuwirken.

Zusätzlich wurde indirekt mittels Fragebogen sowohl die durchschnittliche Dauer pro Woche mit sitzenden Freizeitaktivitäten wie Fernsehen, Videospielen, Computer, Handyspielen, als auch die Häufigkeit von körperlicher Aktivität in der Freizeit abgefragt.

2.2.3.1 Akzelerometer: Aipermotion 440 PC

Für Kinder ist es sehr schwierig die Dauer, Häufigkeit und Intensität ihrer eigenen Bewegung einzuschätzen und zu dokumentieren, da die körperliche Aktivität meistens nicht kontinuierlich, sondern spontan und in unterschiedlicher Intensität vorkommt (59, 60).

Neueste Studien zeigen, dass die Akzelerometrie (Messung der Beschleunigung von Körperbewegungen) eine objektive, praktische und zuverlässige Aussage über die Dauer und Intensität körperlicher Bewegung und die Dauer des Sitzverhaltens von Kindern liefert (61-65).

In dieser Studie wurde der Aipermotion 440 PC der Firma Aipermon verwendet. Mit diesem Gerät sind sowohl eine objektive Erfassung des Energieverbrauches als auch die Messung der Frequenz, Intensität und die Dauer körperlicher Aktivitäten möglich. Der Aipermotion berechnet mit einer zusätzlichen manuellen Eingabe von Ernährungsdaten und anthropometrischen Daten den täglichen Energieumsatz und vergleicht diesen mit dem individuellen Grundumsatz (66, 67). Zur Erfassung der Bewegung verwendet der Aipermotion 440 PC einen dreidimensionalen, digitalen Beschleunigungssensor, der im 4-Sekundentakt die gewonnenen Daten abspeichert. Dieser Sensor kann zwischen vier

verschiedenen, von der individuellen Körpergröße abhängigen Bewegungsklassen unterscheiden (66):

„Aktiv“:

Körperliche Alltagsaktivität ohne Schritte (z. B. Haus-, Büro- und Gartenarbeit)

„Langsam Gehen“:

Bewegung mit einer Geschwindigkeit bis zu 5 km/h (geltend für eine Körpergröße von 175 cm)

„Schnell Gehen“:

Bewegung mit einer Geschwindigkeit von 5 km/h bis 7 km/h (geltend für eine Körpergröße von 175 cm)

„Joggen/sportlich aktiv“:

Bewegung mit einer Geschwindigkeit von mehr als 7 km/h (geltend für eine Körpergröße von 175 cm)

Um eine genaue Bewegungsklassenzuordnung zu ermöglichen, wird eine korrekte Eingabe der anthropometrischen Daten vorausgesetzt. Im Rahmen dieser Studie wurde ausschließlich der durchschnittliche Energieverbrauch, gemessen in kcal/Tag, sowie die durchschnittlich zurückgelegte Strecke in Meter/Tag ausgewertet.

Die Schulkinder wurden in die Bedienung des Akzelerometers ausführlich eingeführt: der Akzelerometer wurde an der linken Hüfte auf Höhe des Hosenbundes in der beigefügten Ledertasche getragen, wobei bei Sportarten mit erhöhter Sturz- oder Verletzungsgefahr, wie Z.B. beim Fußballspielen das Gerät nicht getragen wurde. Dasselbe galt auch während der Schlafenszeit der Schulkinder sowie bei einer möglichen Berührung mit Wasser. Das Alter, die Größe sowie das Gewicht der Schulkinder wurden vor Ausgabe der Akzelerometer an die Schulkinder eingegeben. Das Display des Akzelerometers wurde dann mit Klebeband verdeckt, damit die Schulkinder keine Möglichkeit hatten, die zuvor eingegeben Daten zu manipulieren. **Abbildung 4** zeigt den Akzelerometer „Aipermotion 440 PC“.



Abbildung 4: Akzelerometer AiperMotion 440 PC (68)

2.2.3.2 Sportmotorische Tests

Die Definition eines sportmotorischen Tests von Bös (2011) „*sportmotorische Testverfahren sind unter Standardbedingungen durchzuführende, wissenschaftlichen Kriterien genügende Prüfverfahren zur Untersuchung sportmotorischer Merkmale*“ (69) ist eine gute Zusammenfassung über in der Literatur bestimmten Kriterien, denen ein sportmotorischer Test entsprechen muss (70-72). Für die Erhebung zuverlässiger Daten müssen sportmotorische Test, laut Neumaier (1983), auch bestimmten Testgütekriterien entsprechen (73):

„Wie jede wissenschaftliche Messmethode muss auch ein sportmotorisches Testverfahren bestimmten Gütekriterien genügen. Hierbei unterscheidet man die Hauptgütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität und die Nebengütekriterien Ökonomie, Normierung und Nützlichkeit. Die Objektivität beschreibt den „Grad der Unabhängigkeit der Testergebnisse gegenüber Einflüssen seitens des Testleiters, Auswerters und Beurteilers“

Es gibt derzeit eine Vielzahl an sportmotorischen Tests (Coopertest, TFR, Kokotest etc..) mit deren Hilfe unterschiedliche motorische Fähigkeiten überprüft werden können (71). Um einen generellen Überblick über die motorischen Fähigkeiten, insbesondere Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit und Koordination der

Schulkinder zu erhalten, wurde der „Deutsche Motorik-Test“ für diese Studie ausgewählt.

2.2.3.3 Deutscher Motorik-Test (DMT)

Standards in den unterschiedlichen Schulfächern wurden in Deutschland im Jahr 2006 viel diskutiert. Für den Sportunterricht entwickelten führende Experten der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft ein Testverfahren, mit dessen Hilfe es möglich ist, das Niveau motorischer Fertigkeiten und Fähigkeiten von Kindern und Jugendlichen kontinuierlich zu erheben um damit zukünftige politische Entscheidungen auf der Basis verlässlicher Daten treffen zu können (74).

Mit dem Deutschen Motorik-Tests ist es möglich, die motorischen Fähigkeiten von 6 bis 18-jährigen Kindern und Jugendlichen zu messen und zu bewerten. Die erzielten Ergebnisse des Tests können anhand von Normwerten für die jeweilige Altersklasse sowie dem Geschlecht objektiv beurteilt werden (75, 76).

Der Deutsche Motorik-Test besteht aus folgenden Testaufgaben (74, 76) :

- **20 m Sprint:** Überprüfung der Aktionsschnelligkeit. Die Versuchspersonen müssen eine Strecke von 20 m in möglichst kurzer Zeit zurücklegen.
- **Balancieren rückwärts:** Überprüfung der Koordination bei Präzisionsaufgaben. In jeweils zwei gültigen Versuchen muss die Versuchsperson rückwärts über einen 6 cm, 4,5 cm und einen 3 cm breiten Balken balancieren.
- **Seitliches Hin- und Herspringen:** Überprüfung der Koordination unter Zeitdruck bei Sprüngen. Die Aufgabe besteht darin, mit beiden Beinen gleichzeitig so schnell wie möglich, innerhalb von 15 Sekunden, seitlich über die Mittellinie einer Teppichmatte hin- und herzuspringen.
- **Sit-ups:** Überprüfung der Kraftausdauer der Rumpfmuskulatur. Die Versuchsperson muss in 40 Sekunden so viele Sit-ups wie möglich absolvieren.

- **Liegestütz:** Messung der Kraftausdauer der oberen Extremitäten. Die Versuchsperson soll innerhalb von 40 Sekunden so viel Liegestütz wie möglich durchführen.
- **Standweitsprung:** Überprüfung der Schnellkraft bei Sprüngen (Sprungkraft). Die Versuchsperson muss mit einem Sprung möglichst weit aus dem beidbeinigen Stand springen.
- **Rumpfbeuge:** Messung der Rumpfbeweglichkeit. Die Versuchsperson steht auf einer Langbank. Sie beugt den Oberkörper langsam nach vorne ab und die Hände werden parallel, entlang einer Zentimeterskala, möglichst weit nach unten geführt. Die Beine sind gestreckt. Die maximal erreichbare Dehnposition ist zwei Sekunden lang zu halten.
- **Sechs-Minuten-Lauf:** Messung der aeroben Ausdauer beim Laufen. Die Versuchspersonen sollen ein abgestecktes Feld, in der Größe eines Volleyballfeldes, in sechs Minuten möglichst oft umlaufen.

Abbildung 5 zeigt die Testbatterie des Deutschen Motorik-Tests. Zusätzlich wurden das Gewicht, die Größe und der BMI erhoben.

Aufgabenstruktur		Motorische Fähigkeiten				Passive Systeme der Energieübertragung
		Ausdauer AA	Kraft KA SK	Schnelligkeit AS	Koordination KZ KP	Beweglichkeit B
Lokomotionsbewegungen	gehen, laufen	6-Min		20m	Bal rw	
	Sprünge		SW		SHH	
Teilkörperbewegungen	Obere Extremitäten		LS			RB
	Rumpf		SU			

Kürzel der Testitems

6-Min	6-Minuten Ausdauerlauf	20m	20 Meter Sprint
SW	Standweitsprung	Bal rw	Balancieren rückwärts
LS	Liegestütz in 40 sec	SHH	Seitliches Hin- und Herspringen
SU	Sit-ups in 40 sec	RB	Rumpfbeugen

Abbildung 5: Testbatterie Deutscher Motorik-Test (74)

Für die Durchführung des Deutschen Motorik-Tests wurde eine gleichbleibende Gruppe von StudentInnen ausreichend geschult, um ein hohes Maß an Qualität und Vergleichbarkeit garantieren zu können. Den StudentInnen wurden jeweils zwei Testaufgaben zugeteilt, die während der gesamten Studie beibehalten wurden. Mit den Schulkindern wurde der DMT an jeder Schule am Vormittag im Rahmen des Turnunterrichtes durchgeführt. Der 6-Minuten Ausdauerlauf wurde immer an den Schluss des gesamten Tests gestellt, um die Resultate der anderen Testaufgaben nicht zu beeinflussen (77-79).

Die Durchführung der Testaufgaben wurde mit den Kindern ausführlich besprochen. Für jedes Kind wurde ein eigener Erfassungsbogen ausgefüllt, in welchem alle Ergebnisse der Testaufgaben übersichtlich eingetragen werden konnten (siehe Annex 3).

2.2.3.4 Food Frequency Questionnaires (FFQ)

Im Rahmen der Studie wurde eine ausführliche - sowohl quantitative als auch qualitative - Beurteilung der aktuellen Ernährungsgewohnheiten aller Schulkinder mit Hilfe von Food Frequency Questionnaires durchgeführt (80).

In mehreren Studien über die Nahrungsaufnahme von Kindern und Erwachsenen konnte bisher gezeigt werden, dass Food Frequency Questionnaires ein wertvolles Instrument für die Erhebung von Energie, Hauptnahrungstoffen und die Erhebung von Mikronährstoffen sind (81-83).

Während des Studienzeitraumes wurde von den Schulkindern einmalig ein detailliertes Ernährungsprotokoll (FFQ) ausgefüllt. Die Vorlage für den Food Frequency Questionnaire wurde vom Ernährungsmedizinischen Dienst des LKH-Universitätsklinikum Graz zur Verfügung gestellt (siehe Annex 4). Nach entsprechender Einschulung der Schulkinder wurde über jeweils 3 Tage (zwei Werktage, ein Wochenendtag) von morgens bis abends über alle zugeführten Nahrungsmittel und Getränke Buch geführt. Die Art und genaue Menge des entsprechenden Nahrungsmittels oder Getränkes wurde aufgezeichnet und auch

die Uhrzeit der Mahlzeiten wurde genau dokumentiert (24). Die Eltern der Schulkinder wurden gebeten, ihre Kinder bei der Dokumentation der Nahrungsmittel und Getränke zu unterstützen.

Zur Auswertung der Ernährungsprotokolle wurde das Programm „EBISpro“ (Dr. Jürgen Erhart, Willstätt-Legelshurst, Deutschland) verwendet. Das Programm „EBISpro“ dient zur Ernährungsanamnese und ist ein Beratungs- und Informationssystem auf der Grundlage des Bundeslebensmittelschlüssels (BLS). Die darin enthaltene Lebensmitteldatenbank ist ein Auszug aus dem BLS, der aus ca. 14800 Lebensmitteleinträgen mit Angaben zu über 130 Lebensmittelinhaltsstoffen besteht. Mit Hilfe dieser ernährungsmedizinischen Software können detaillierte Analysen über Energiezufuhr, „food frequencies“, Versorgung mit Makro- (Kohlenhydrate, Fett, Protein) und Mikronährstoffen (Elektrolyte, Vitamine, Spurenelemente) erstellt werden. Hiermit lassen sich genaue Aussagen über die Calcium- sowie Vitamin D- Zufuhr, als mögliche Einflussfaktoren auf die Knochendichte, mit der Ernährung jedes einzelnen Schulkindes treffen (84).

2.3 Statistik

Die statistische Auswertung erfolgte mit IBM SPSS 22.0. Die stetigen Merkmale sind als Mittelwert (\pm Standardabweichung, SD) und die kategorischen Daten mit Häufigkeiten in Prozent angegeben. Kreuztabellen (χ^2 -Test) wurden verwendet, um einen Zusammenhang zwischen kategorischen Daten zu bestimmen. Um eine statistische Signifikanz zwischen zwei Gruppen zu berechnen, wurde bei kontinuierlichen und normalverteilten Daten der T-Test, sonst der Mann-Whitney U Test angewendet. P-Werte $< 0,05$ wurden als statistisch signifikant angesehen.

3 Ergebnisse

Für die statistische Auswertung der Daten der Studie wurden die Daten von 195 gesunden Schulkindern im Alter von 10 bis 12 Jahren verwendet. Schulkinder mit bekannten chronischen Erkrankungen oder einer bekannten Einnahme von Medikamenten wurden nicht in die statistische Analyse aufgenommen (n= 9), um diese Einflussfaktoren auf die Knochendichte auszuschließen (35-37, 85-87).

3.1 Gewicht

Das durchschnittliche Gewicht der Schulkinder betrug $45,50 \pm 10,50$ kg. **Abbildung 6** zeigt dass das Gewicht der Schulkinder am Land signifikant höher war als das Gewicht der Schulkinder in der Stadt ($p=0,024$).

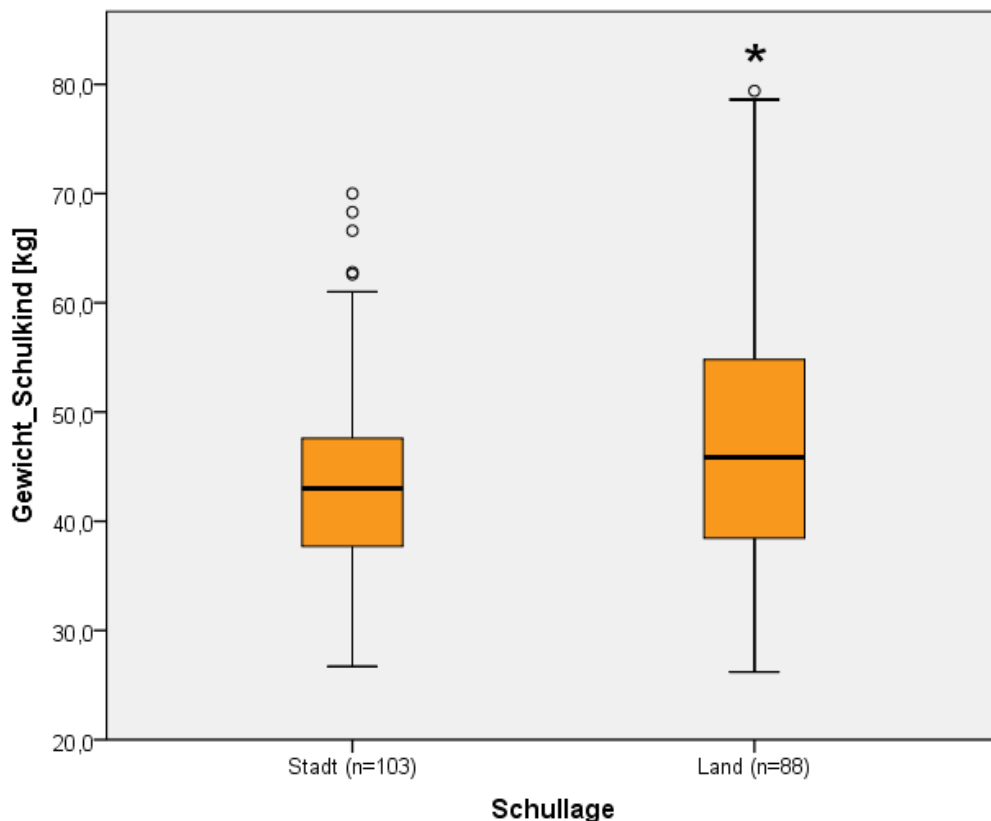


Abbildung 6: Verteilung des Gewichtes nach Schullage (* $p < 0,05$ vs. Stadt)

Es gab kein Unterschied im Gewicht zwischen den beiden Geschlechtern ($p=0,068$).

Innerhalb des Geschlechts gab es bei den männlichen Schülern keinen signifikanten Unterschied zwischen den Schülern am Land oder in der Stadt. Bei den weiblichen Schülerinnen jedoch zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen der Schullage ($p=0,018$), wobei das Gewicht der Schülerinnen vom Land höher war als das der Schülerinnen aus der Stadt.

Tabelle 3: Gewicht der Schulkinder aufgeteilt nach Geschlecht im Stadt-Land Vergleich

Gewicht [kg]	Stadt (n=62)	Land (n=40)	P-Werte
Schüler	45,68 ± 9,33	48,51 ± 11,70	0,201
	(n=41)	(n=48)	
Schülerinnen	41,26 ± 7,78	46,37 ± 11,97	0,018

Das Gewicht aller Schulkinder korrelierte signifikant positiv mit dem Gewicht beider Elternteile.

3.1.1 Selbsteinschätzung des Gewichts

Sowohl die Schulkinder als auch die Eltern wurden über die Einschätzung des Gewichtes der Schulkinder befragt. **Tabelle 4** zeigt einen Überblick über die Antworten der Schulkinder, die Antworten der Einschätzung der Eltern sind in **Tabelle 5** dargestellt.

Tabelle 4: Selbsteinschätzung des eigenen Gewichtes der Schulkinder

	Häufigkeit	Prozent
Viel zu dünn	3	1,60
Ein bisschen zu dünn	25	13,10
Genau das richtige Gewicht	97	50,80
Ein bisschen zu dick	48	25,10
Viel zu dick	18	9,40
Summe	191	100,00

Tabelle 5: Einschätzung der Eltern über das Gewicht des eigenen Schulkindes

	Häufigkeit	Prozent
Viel zu dünn	1	0,60
Ein bisschen zu dünn	33	19,00
Genau das richtige Gewicht	100	57,50
Ein bisschen zu dick	34	19,50
Viel zu dick	6	3,40
Summe	174	100,00

Aus den zwei Tabellen lässt sich erkennen, dass die Schulkinder sich selbst häufiger als zu dick bzw. auch als viel zu dick einschätzten als ihre Eltern. Es zeigt auch, dass sowohl mehr als 50 Prozent der Schulkinder als auch deren Eltern das Gewicht der Kinder als „genau richtig“ bewerteten.

In der Gruppe der untergewichtigen Kinder haben 63,7 Prozent der Schulkinder ihr Gewicht auch als „viel zu dünn“ oder „ein bisschen zu dünn“ eingeschätzt.

62,6 Prozent der normalgewichtigen Schulkinder haben ihr Gewicht als „genau richtig“ eingeschätzt. Jedoch fanden 20 Prozent der normalgewichtigen Schulkinder, dass sie ein „bisschen zu dick“ sind und sogar fast 5 Prozent, dass sie „viel zu dick“ seien. Bei den übergewichtigen Schulkindern haben 85 Prozent ihr Gewicht als „ein bisschen zu dick“ oder auch „viel zu dick“ eingeschätzt.

Alarmierend war die Selbsteinschätzung der stark übergewichtigen Schulkinder: in dieser Gruppe fanden 7 Prozent der Schulkinder ihr Gewicht „genau richtig“ und 40 Prozent der Schulkinder als nur „ein bisschen zu dick“.

3.2 Größe

Die durchschnittliche Größe der Schulkinder betrug $153,76 \pm 7,9$ cm. Bei der Größe gab es weder Unterschiede zwischen der Schullage noch beim Geschlecht. Auch innerhalb der beiden Geschlechter zeigte sich kein Unterschied zwischen den Schulkindern vom Land und von der Stadt.

3.3 BMI

Der BMI der Schulkinder betrug im Mittel $19,10 \pm 3,53$. Es gab keinen signifikanten Unterschied im BMI zwischen den Schulkindern vom Land und von der Stadt, jedoch war der BMI der männlichen Schulkinder signifikant höher als der der weiblichen Schulkinder ($p=0,008$).

Innerhalb des Geschlechts war bei den weiblichen Schulkindern der BMI bei den Schulkindern am Land signifikant höher als bei den Schulkindern aus der Stadt ($p=0,014$). Bei den männlichen Schulkindern zeigte sich zwischen der Schullage kein signifikanter Unterschied im BMI (**Abbildung 7**).

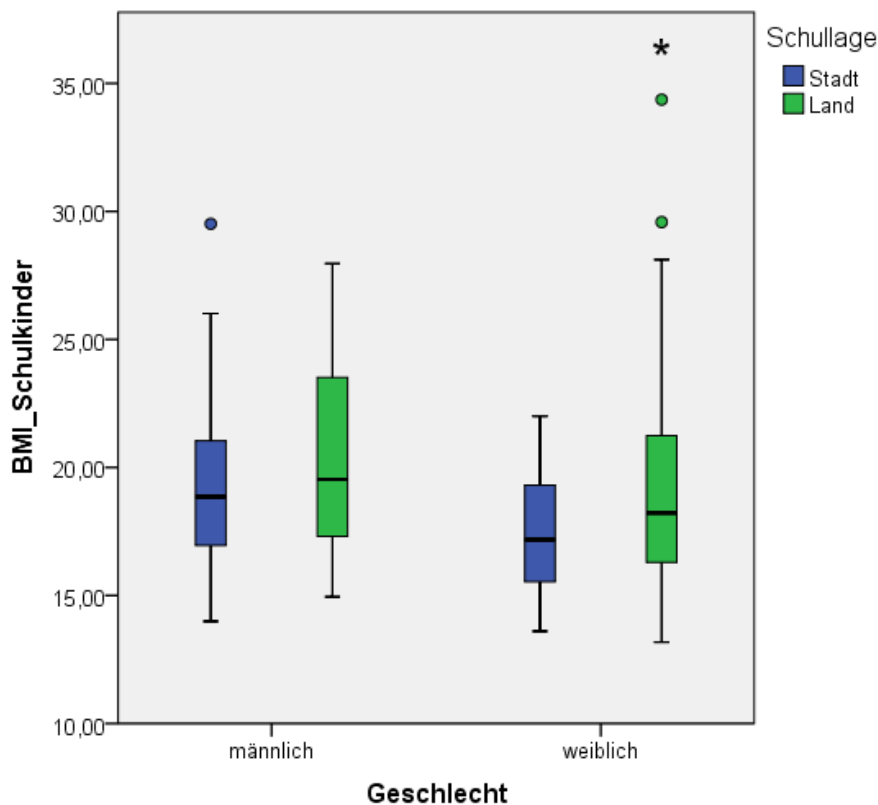


Abbildung 7: Vergleich des BMI aufgeteilt der Schullage innerhalb des Geschlechtes (* $p=0,014$ vs. Schülerinnen in der Stadt)

Der BMI aller Schulkinder korrelierte signifikant positiv mit dem Gewicht beider Elternteile, wobei die Korrelation mit dem BMI der Mutter deutlich stärker war ($r=0,45$; $p<0,001$) als die des Vaters ($r=0,19$; $p=0,015$).

Aufgeteilt nach Geschlecht korrelierte der BMI der männlichen Schulkinder nur signifikant mit dem BMI der Mutter ($p < 0,001$), der BMI der weiblichen Schulkinder korrelierte jedoch signifikant mit dem BMI beider Elternteile.

Tabelle 6 gibt einen Überblick über die Verteilung der BMI-Perzentile der Schulkinder. Laut den BMI-Perzentil Tabellen für Kinder von Kromeyer-Hausschild (2001) waren über 70 Prozent der teilnehmenden Schulkinder normalgewichtig. 10,6 Prozent der Schulkinder waren übergewichtig und fast 8 Prozent der Schulkinder fielen in die Gruppe mit starkem Übergewicht.

Tabelle 6: BMI der Schulkinder aufgeteilt in BMI-Perzentil Gruppen nach Kromeyer-Hausschild

	Häufigkeit	Prozent
Starkes Untergewicht	4	2,10
Untergewicht	11	5,80
Normalgewicht	139	73,50
Übergewicht	20	10,60
Starkes Übergewicht	15	7,90
Summe	189	100,00

3.3.1 Wohlfühlen mit dem eigenen Gewicht

Die Schulkinder wurden mit Hilfe des Fragebogens befragt, ob sie mit ihrem eigenen Gewicht zufrieden sind. 66,1 Prozent der Schulkinder gaben an, mit ihrem eigenen Gewicht zufrieden zu sein.

Tabelle 7 zeigt einen Überblick über die BMI-Perzentilgruppen der Schulkinder und deren Zufriedenheit mit ihrem Gewicht.

Tabelle 7: Zufriedenheit mit dem eigenen Gewicht aufgeteilt nach BMI-Perzentil Gruppen

	Zufriedenheit mit dem eigenen Gewicht		Summe
	ja	nein	
Starkes Untergewicht	4	0	4
Untergewicht	8	3	11
Normalgewicht	105	31	136
Übergewicht	7	13	20
Starkes Übergewicht	1	14	15
Summe	125	61	186

77,2 Prozent der normalgewichtigen Schulkinder waren mit ihrem Gewicht zufrieden, beinahe 23 Prozent der normalgewichtigen Schulkinder nicht. Die Tabelle zeigt, dass die stark untergewichtig bis untergewichtigen Schulkinder zufriedener mit ihrem Gewicht waren als die übergewichtigen bis stark übergewichtigen. Deutlich ist, dass in der Gruppe der übergewichtigen Schulkinder ca. die Hälfte der Schulkinder zufrieden, die andere Hälfte mit ihrem Gewicht nicht zufrieden war. Die Unzufriedenheit des Gewichts in der Gruppe mit starkem Übergewicht lag bei über 90 Prozent.

Tabelle 8 gibt einen Überblick über die erhobenen metrischen Variablen. **Tabelle 9** zeigt die metrischen Variablen im Vergleich der Schullage (Stadt vs. Land) und **Tabelle 10** zeigt einen Vergleich der Ergebnisse der metrischen Variablen der beiden Geschlechter.

Tabelle 8: Überblick über die metrischen Variablen

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert / Median	Standard- abweichung
Größe der Schulkinder [cm]	191	136,00	176,00	153,76	7,90
Gewicht der Schulkinder [kg]	191	26,20	79,40	45,50	10,50
BMI der Schulkinder	190	13,18	34,37	19,10	3,53
Alter der Mutter [Jahre]	184	28,00	60,00	40,97	5,68
Gewicht der Mutter [kg]	177	36,00	110,00	65,08	12,00
Größe der Mutter [cm]	183	150,00	183,00	166,03	6,56
BMI der Mutter	177	14,24	39,44	23,63	4,03
Alter des Vaters [Jahre]	174	30,00	86,00	44,29	6,98
Gewicht des Vaters [kg]	170	56,00	138,00	85,82	13,70
Größe des Vaters [cm]	174	162,00	203,00	179,82	7,16
BMI des Vaters	170	17,28	38,23	26,46	3,75

Tabelle 9: Überblick über die metrischen Variablen im Stadt/Land Vergleich (* signifikanter p-Wert)

	Stadt (n=107)	Land (n=88)	P Werte
	Mittelwert (SD) oder Median (IQR)	Mittelwert (SD) oder Median (IQR)	
Größe der Schulkinder [cm]	153,50 ± 7,90	154,06 ± 7,93	0,632
Gewicht der Schulkinder [kg]	43,92 ± 8,97	47,35 ± 11,8	0,024 *
BMI der Schulkinder	1887,70 ± 73,32	1923,85 ± 61,87	<0,001 *
Alter der Mutter [Jahre]	446,41 ± 157,01	438,14 ± 194,55	0,773
Gewicht der Mutter [kg]	5241,61 ± 1881,53	5358,92 ± 1989,46	0,708
Größe der Mutter [cm]	18,43 (16,38 - 20,21)	18,81 (16,35 – 22,26)	0,082
BMI der Mutter	180,00 (175,00 – 183,00)	179,00 (176,00 – 185,00)	0,313
Alter des Vaters [Jahre]	84,00 (75,00 – 94,00)	84,00 (78,00 – 96,00)	0,363
Gewicht des Vaters [kg]	64,00 (57,00 – 72,00)	62,00 (56,00 – 68,50)	0,212
Größe des Vaters [cm]	23,14 (21,09 – 26,32)	21,97 (20,64 – 24,53)	0,111
BMI des Vaters	25,47 (23,97 – 28,33)	26,12 (24,24 – 28,65)	0,489

Tabelle 10: Überblick über die metrischen Variablen im Geschlechter Vergleich (* signifikanter p-Wert)

	Jungen (n=107) Mittelwert (SD) oder Median (IQR)	Mädchen (n=88) Mittelwert (SD) oder Median (IQR)	P Werte
Größe der Schulkinder [cm]	153,89 ± 7,35	153,61 ± 8,53	0,804
Gewicht der Schulkinder [kg]	46,80 ± 10,36	44,02 ± 10,52	0,068
BMI der Schulkinder	1884,25 ± 69,63	1927,40 ± 64,42	<0,001 *
Alter der Mutter [Jahre]	464,82 ± 171,22	414,03 ± 179,90	0,078
Gewicht der Mutter [kg]	5447,06 ± 2003,28	5121,12 ± 1837,73	0,295
Größe der Mutter [cm]	19,13 (16,99 – 21,57)	18,01 (15,66 - 20,17)	0,008 *
BMI der Mutter	178,00 (175,00 – 183,00)	180,00 (176,00 – 186,00)	0,020 *
Alter des Vaters [Jahre]	84,00 (75,00 – 91,75)	84,00 (78,00 – 97,00)	0,277
Gewicht des Vaters [kg]	64,00 (57,00 – 73,00)	63,00 (56,00 – 68,75)	0,310
Größe des Vaters [cm]	23,14 (21,07 – 25,93)	22,32 (20,84 – 25,04)	0,158
BMI des Vaters	25,87(24,34 – 28,24)	25,47 (23,56 – 29,38)	0,815

3.4 Knochendichte

Die mittlere Knochendichte (BMD) aller teilnehmenden Schulkinder, angegeben in SOS, betrug $1904,36 \pm 70,47$ m/s. **Abbildung 8** zeigt die Verteilung der Knochendichte aller Schulkinder in einem Boxplot, wobei die niedrigste Knochendichte mit 1658,00 m/s und die höchste Knochendichte mit 1904,36 m/s gemessen wurde. Die Abbildung zeigt, dass es sowohl Ausreißer der Knochendichte über 95 Prozent aller beobachteten Werte, als auch unterhalb dieser Werte gab, wobei die Anzahl der Ausreißer einer niedrigeren Knochendichte höher war.

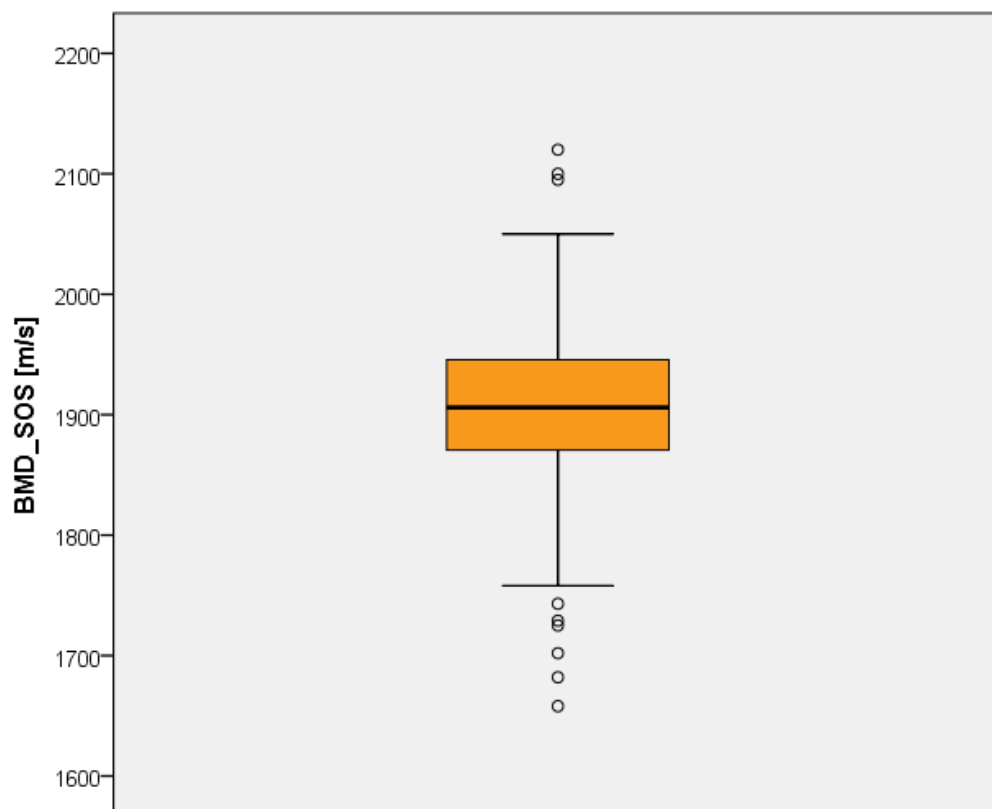


Abbildung 8: Verteilung der Knochendichte (SOS) [m/s] aller Schulkinder

3.4.1 Vergleich Stadt/Land

Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied der Knochendichte im Stadt/Land Vergleich ($p < 0,001$), wobei die Knochendichte der Schulkinder am Land höher war als die der Schulkinder in der Stadt. Die mittlere Knochendichte der Schulkinder in der Stadt betrug 1887,70 m/s, die mittlere Knochendichte der Schulkinder am Land 1923,85 m/s. **Abbildung 9** zeigt den signifikanten Unterschied der Knochendichte zwischen der unterschiedlichen Lage der Schulen.

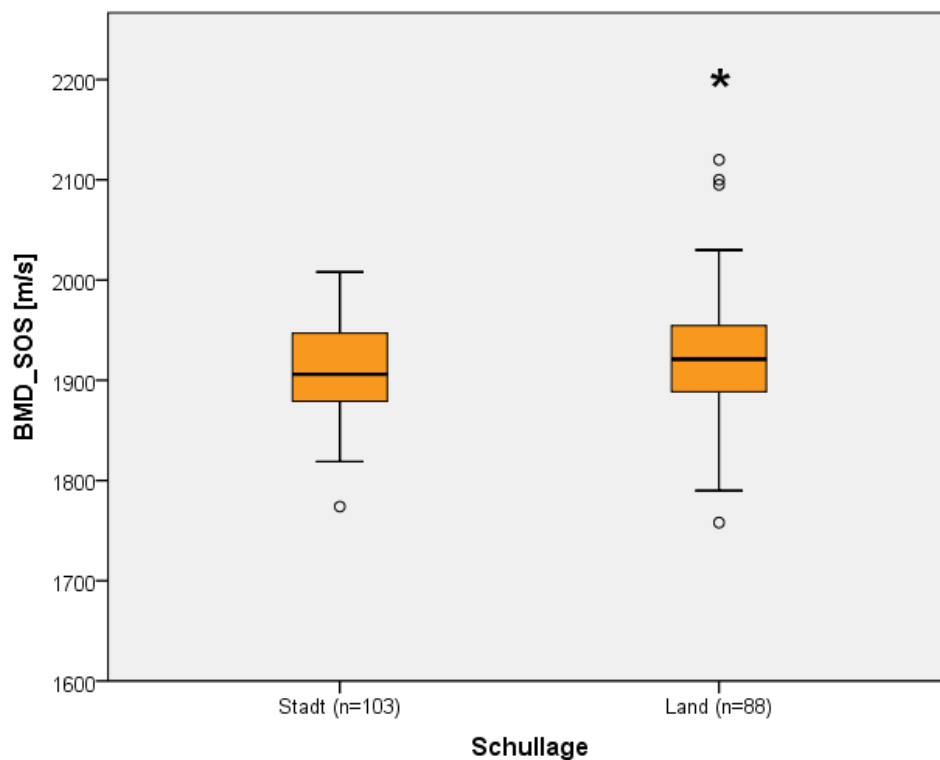


Abbildung 9: Verteilung der Knochendichte [m/s] im Stadt/Land Vergleich (* $p < 0,05$ vs. Stadt)

3.4.2 Vergleich Geschlecht

Auch zwischen den Geschlechtern der Schulkinder konnte ein signifikanter Unterschied in der Knochendichte gezeigt werden ($p < 0,001$). Die Knochendichte der Schülerinnen ($1927,40 \pm 64,42$ m/s) war signifikant höher als die der Schüler ($1884,25 \pm 69,63$ m/s). Dieser signifikante Unterschied wird in der **Abbildung 10** gezeigt.

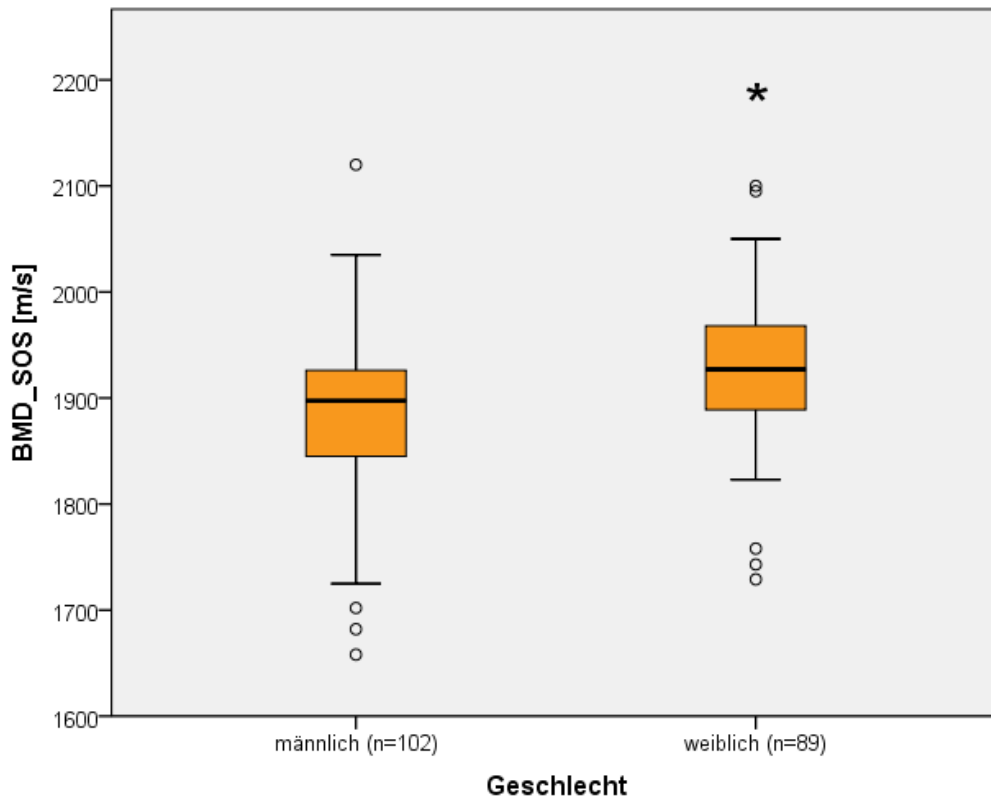


Abbildung 10: Verteilung der Knochendichte [m/s] im Geschlechtervergleich (* $p < 0,001$ vs. Stadt)

3.4.3 Vergleich bisheriger Knochenbruch

Es konnte kein signifikanter Unterschied der Knochendichte bei Schulkindern mit bereits erlebtem Knochenbruch und bei Schulkindern ohne bisherigen Knochenbruch gezeigt werden ($p = 0,281$).

3.4.4 Vergleich Gewicht

Die Korrelation zwischen der Knochendichte und dem BMI der Kinder wurde mit dem Korrelationskoeffizienten nach Pearson berechnet. Es zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Gewicht der Schulkinder und der Knochendichte ($p = 0,241$).

3.4.5 Vergleich BMI

Eine signifikante ($p=0,005$) aber schwache negative Korrelation ($r= -0,202$) konnte zwischen dem BMI der Schulkinder und der Knochendichte gezeigt werden (**Abbildung 11**).

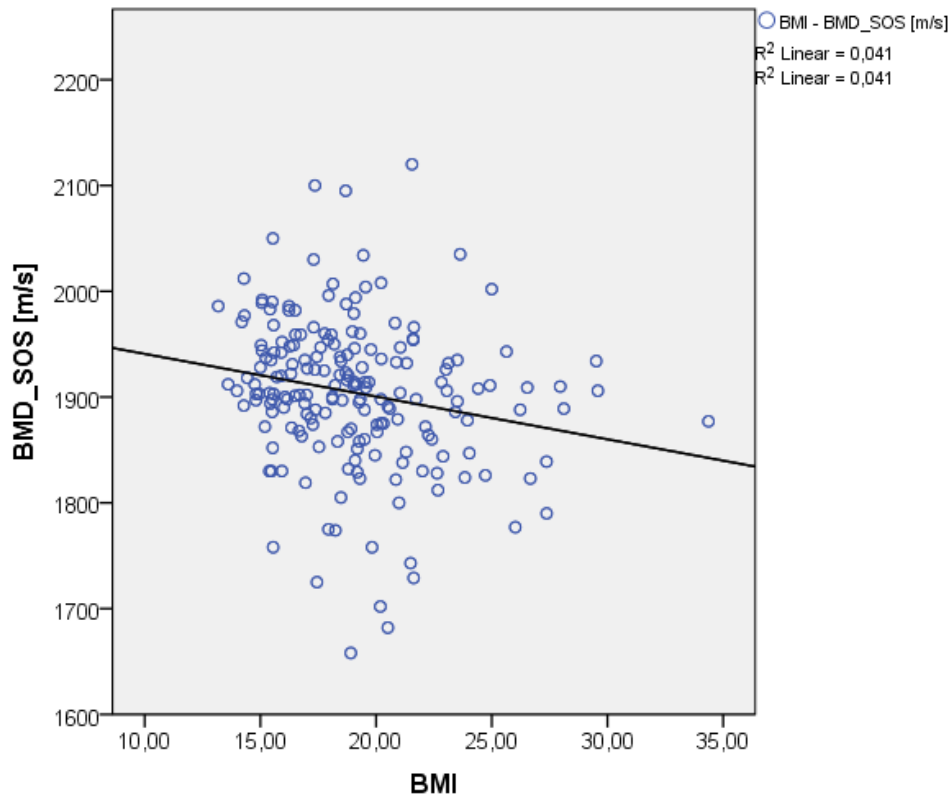


Abbildung 11: Korrelation zwischen der Knochendichte und dem BMI

3.4.6 Vergleich Altersgruppen

Es konnte kein signifikanter Unterschied in der Knochendichte zwischen den unterschiedlichen Altersgruppen gezeigt werden ($p=0,529$) (**Abbildung 12**).

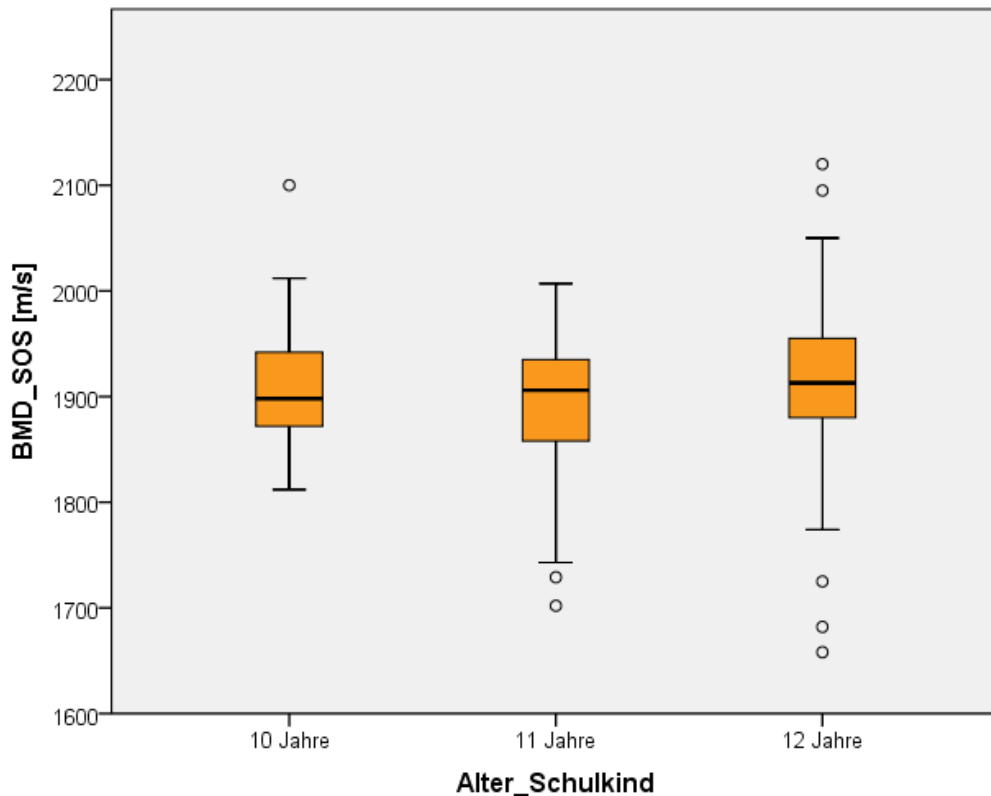


Abbildung 12: Aufteilung der Knochendichte nach Altersgruppen

3.5 Knochenbrüche

20,3 Prozent der getesteten Schulkinder hatten bisher einen Knochenbruch (n=37). 24,3 Prozent (n= 9) davon zwei oder mehr Knochenbrüche.

Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen der Schullage, dem Geschlecht, dem Gewicht oder dem BMI in Bezug auf einen Knochenbruch gezeigt werden. Es konnte auch keine Korrelation zwischen den erhobenen Variablen und einem Knochenbruch gezeigt werden.

Tabelle 11 zeigt die Knochenbruchstellen der Schulkinder und deren Häufigkeit. Ein Bruch eines Knochens einer oberen Extremität war mit 60 Prozent die häufigste Lokalisation der Fraktur.

Tabelle 11: Häufigkeit der Knochenbruchstellen

	Häufigkeit	Prozent
Obere Extremitäten	21	60,00
Untere Extremitäten	9	24,70
Schultergürtel	4	11,40
Schädel	1	2,90
Summe	35	100,00

Im Fragebogen wurden die Eltern und die Schulkinder über den Unfallort des Knochenbruchs befragt. **Tabelle 12** zeigt eine Übersicht über die Unfallorte inklusive Anzahl der Knochenbrüche. Die meisten Knochenbrüche sind im Freien bzw. zu Hause passiert.

Tabelle 12: Häufigkeit des Unfallortes

	Häufigkeit	Prozent
Zu Hause	9	28,10
Private Umgebung	2	6,30
Öffentlicher Verkehrsweg	1	3,10
Schule	3	9,40
Sporthalle/-gelände	5	15,60
Spielplatz	2	6,30
Im Freien	10	31,30
Summe	32	100,00

Des Weiteren wurde auch die Unfallursache abgefragt, welche in **Tabelle 13** zu sehen ist. Mehr als 50 Prozent aller Knochenbrüche wurde durch einen Sturz aus der Höhe herbeigeführt.

Tabelle 13: Häufigkeit der Unfallursache

	Häufigkeit	Prozent
Sturz in Ebene	7	21,20
Sturz aus Höhe	18	54,50
Einklemmen	1	3,00
Gewalt bei Auseinandersetzung	1	3,00
Zusammenstoß	5	15,20
Verkehrsunfall	1	3,00
Summe	33	100,00

3.5.1 Vergleich Altersgruppen

Es konnte kein signifikanter Unterschied bei den Knochenbrüchen zwischen den unterschiedlichen Altersgruppen gezeigt werden ($p=0,054$).

3.6 Körperliche Aktivität

3.6.1 Akzelerometer

Von 195 an Schulkinder ausgeteilten Akzelerometern konnten die Daten von 154 Akzelerometern ausgewertet werden. Die restlichen 41 Akzelerometer wurden von den Schulkindern gar nicht oder unter 2 Stunden pro Tag getragen, wodurch eine Auswertung ohne Verzerrung der Ergebnisse nicht möglich war. **Abbildung 13** zeigt einen typischen Output der Daten eines Akzelerometers, welche mit Hilfe der Auswertungssoftware Aiperview 440 ausgelesen wurde. Zusätzlich wurde die durchschnittlich zurückgelegte Strecke pro Tag [m/Tag], der durchschnittliche Energieverbrauch pro Tag [kcal/Tag] sowie die Tragezeit des Akzelerometers automatisch berechnet.

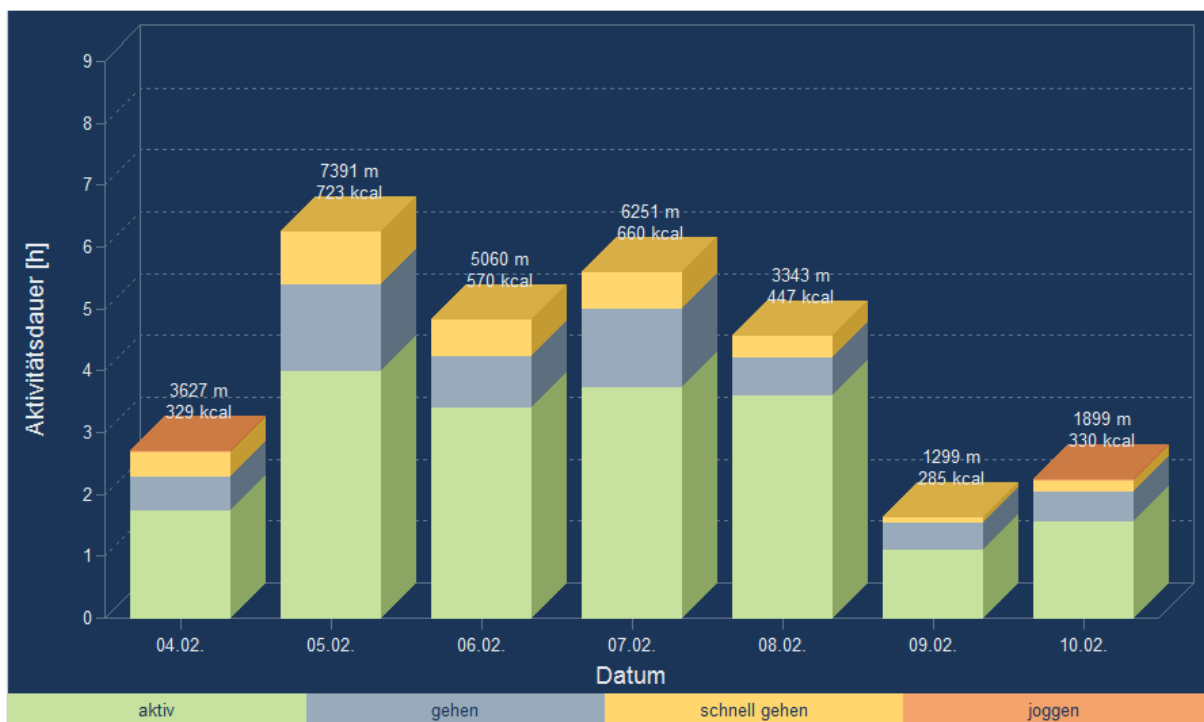


Abbildung 13: Output eines Akzelerometers über Aiperview 440

Für diese Studie wurden nur die Ergebnisse der durchschnittlich zurückgelegten Strecke pro Tag [m/Tag] sowie der durchschnittliche Energieverbrauch pro Tag [kcal/Tag] herangezogen. Die Schulkinder trugen den Akzelerometer im Durchschnitt für 5,26 Tage. Da die Anzahl der Trage - Tage bei den Schulkindern variierte, wurde die zurückgelegte Strecke in Meter durch die Anzahl der

getragenen Tage dividiert, um einen besseren Vergleich zu ermöglichen. Dasselbe wurde auch für den Energieverbrauch pro Tag durchgeführt.

3.6.1.1 Zurückgelegte Strecke pro Tag [m/Tag] gemessen mit dem Akzelerometer

Die mittlere durchschnittlich zurückgelegte Strecke der Schulkinder pro Tag betrug $5241,61 \pm 157,01$ Meter.

Es konnte kein Unterschied bezüglich der zurückgelegten Strecke zwischen den Schulkinder der Stadt und vom Land gezeigt werden ($p=0,708$). Die zurückgelegte Strecke pro Tag differierte auch nicht zwischen den beiden Geschlechtern ($p=0,295$). Der BMI der Kinder selbst ($p=0,538$), als auch der BMI beider Elternteile ($p<0,05$) zeigte auch keinen Einfluss auf die zurückgelegte Strecke der Schulkinder.

3.6.1.2 Energieverbrauch pro Tag [kcal/Tag] gemessen mit dem Akzelerometer

Der mittlere Energieverbrauch, gemessen mit dem Akzelerometer, betrug 442,25 kcal pro Tag. Es konnte weder ein Unterschied zwischen dem Energieverbrauch der Schulkinder vom Land und der Stadt ($p=0,773$), noch zwischen den beiden Geschlechtern ($p=0,078$) gezeigt werden.

3.6.2 Fitnessstest

Mit Hilfe einer, vom Karlsruher Institut für Technologie zur Verfügung gestellten Auswertungssoftware für den DMT (74), war es möglich, folgende Testauswertungen für den DMT zu erhalten:

- **Individual Rückmeldebogen:** Messwerte (Z-Werte), Einstufung in einer von fünf Leistungsklassen und grafische Darstellung des Leistungsprofils
- **Urkunde:** Messwerte und kindgerechte Rückmeldung in drei Kategorien
- **Gruppenübersicht:** Auflistung der Testperson getrennt nach Geschlecht mit jeweils erbrachter Testleistung und Bewertung der fünf Leistungsklassen
- **Gruppenauswertung:** Minimal und maximal erreichter Wert, prozentuale Verteilung der erbrachten Leistung in den fünf Leistungsklassen

Für diese Studie wurde das individuelle Testergebnis verwendet. Alle Messwerte jedes Schulkindes wurden anhand der Normtabellen für Alter und Geschlecht in eine von fünf Leistungsklassen eingeordnet.

Dabei werden folgende Leistungsklassen unterschieden:

- Weit überdurchschnittlich
- Überdurchschnittlich
- Durchschnittlich
- Unterdurchschnittlich
- Weit unterdurchschnittlich

Eine Aufteilung der einzelnen erzielten Leistungsklassen der Schulkinder zeigt **Abbildung 14**.

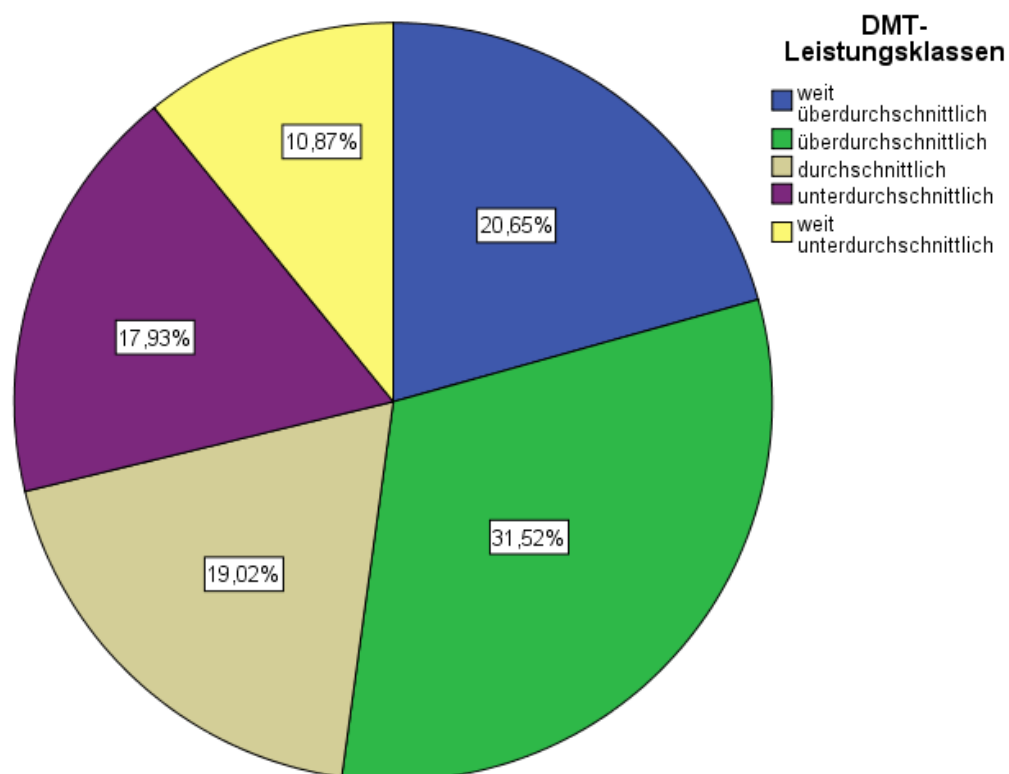


Abbildung 14: Ergebnisse des Deutschen Motorik Tests in Leistungsklassen

Das Kreisdiagramm zeigt, dass ca. 32 Prozent der Schulkinder beim Deutschen Motorik Test ein überdurchschnittliches Ergebnis für ihr Alter und Geschlecht erreichten. 20,65 Prozent aller Schulkinder erreichten sogar ein weit

überdurchschnittliches Ergebnis, gefolgt von einem durchschnittlichen Ergebnis, welches 19,02 Prozent der Schulkinder erzielten. 28,8 der Schulkinder erreichten ein Ergebnis unter dem Durchschnitt für ihr Alter und Geschlecht.

3.6.2.1 Vergleich Stadt/Land

Es gab einen signifikanten Unterschied bei den Ergebnissen des Deutschen Motorik Tests bei den Schulkindern vom Land und von der Stadt ($p=0.002$). Das Balkendiagramm (**Abbildung 15**) zeigt, dass die Ergebnisse des DMT bei den Schulkindern in der Stadt deutlich besser ausfielen als am Land. In der Stadt erzielten beinahe 50 Prozent der Schulkinder ein überdurchschnittliches oder weit überdurchschnittliches Ergebnis, wobei diese beiden Leistungsklassen nur von ca. 30 Prozent der Schulkinder am Land erreicht wurden. Eine durchschnittliche Leistung wurde in der Stadt von 15,75 Prozent der Schulkinder erreicht, am Land war die Leistung von fast 25 Prozent der Schulkinder durchschnittlich. Aussagekräftig ist die große Anzahl der Schulkinder vom Land, über 30 Prozent, welche ein weit unterdurchschnittliches Ergebnis erzielten. Beinahe dieselbe Anzahl der Schulkinder aus der Stadt erzielten ein weit überdurchschnittliches Ergebnis.

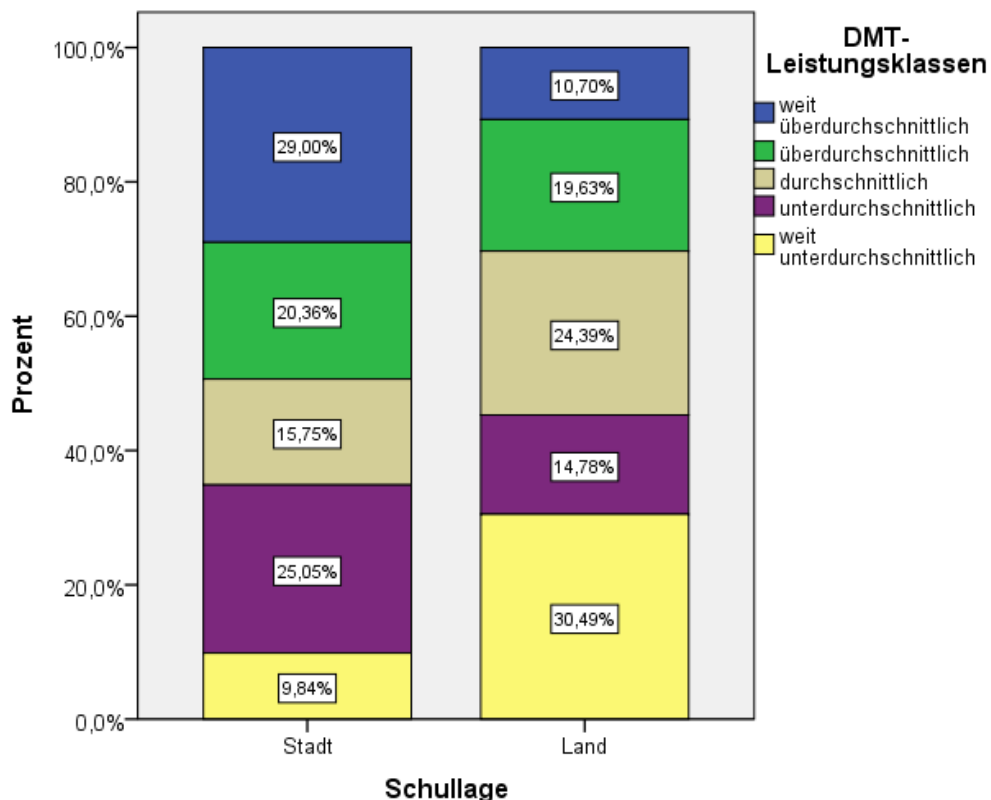


Abbildung 15: Ergebnisse des Deutschen Motorik Tests nach Schullage

3.6.2.2 Vergleich Schultyp

Bei den Ergebnissen des Fitnessstests konnte auch ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Schultypen gezeigt werden ($p=0,002$). **Abbildung 16** zeigt, dass die erzielten Ergebnisse der Schulkinder aus den Gymnasien signifikant besser waren, als die Ergebnisse der Kinder aus den Neuen Mittelschulen. Fast 50 Prozent der Schulkinder aus den Neuen Mittelschulen erreichten nur ein Ergebnis unter dem Durchschnitt, wobei mehr als 55 Prozent der Schulkinder aus den Gymnasien ein Ergebnis über dem Durchschnitt erreichten.

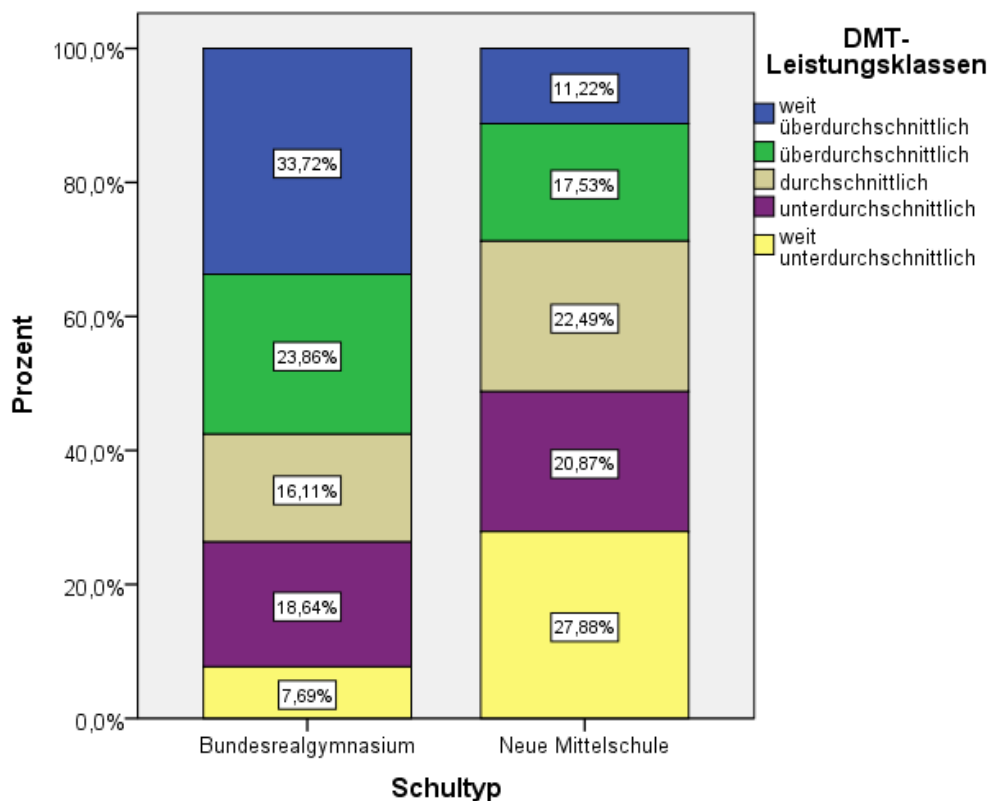


Abbildung 16: Ergebnisse des Deutschen Motorik Tests nach Schultyp

3.6.2.3 Vergleich Geschlecht

Zwischen den beiden Geschlechtern konnte kein signifikanter Unterschied in den erzielten Ergebnissen des Deutschen Motorik Tests gezeigt werden ($p=0,835$). Dieses Ergebnis lässt sich anhand der **Abbildung 17** gut erkennen.

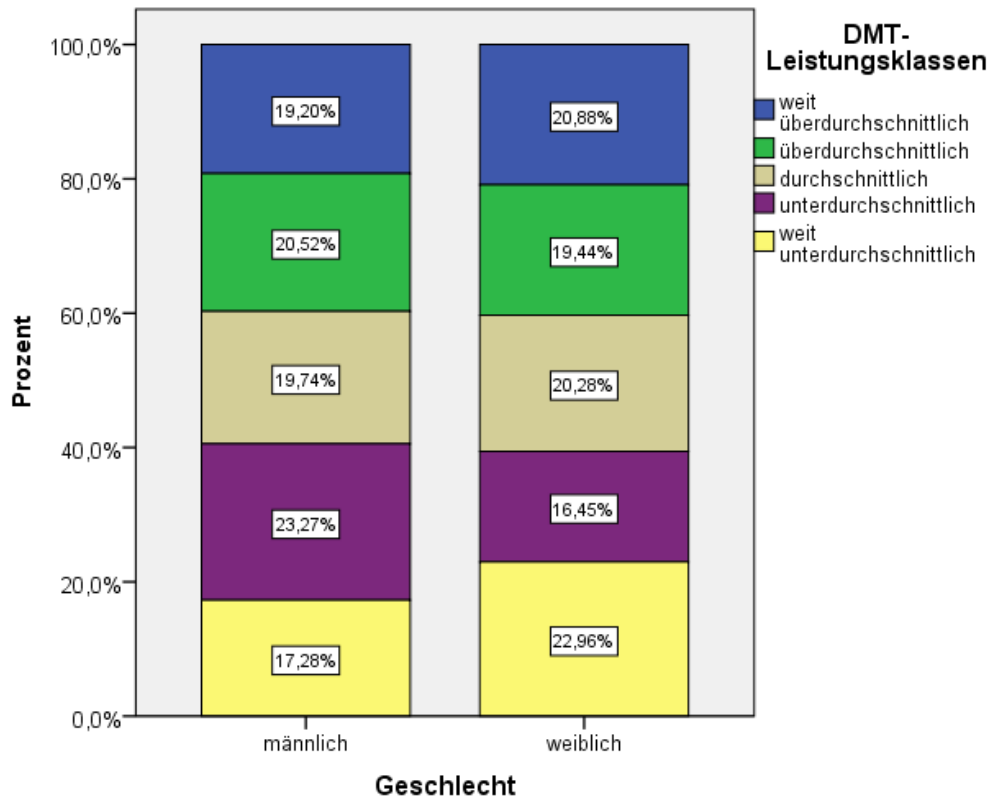


Abbildung 17: Ergebnisse des Deutschen Motorik Tests nach Geschlecht

3.6.2.4 Vergleich BMI

Abbildung 18 gibt einen Überblick über die erzielten Ergebnisse der unterschiedlichen Schulkinder aus den unterschiedlichen BMI-Perzentil-Gruppen nach Kromeyer-Hausschild (2001). Es konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Fitnessstestergebnissen und den Perzentilgruppen gezeigt werden ($p < 0,001$). Das Balkendiagramm zeigt, dass ausschließlich normal bis stark übergewichtige Schulkinder ein nur weit unterdurchschnittliches Ergebnis erreichten, wobei diese Ergebnisgruppe bei den stark übergewichtigen Schulkindern mit 73 Prozent am größten ausgeprägt war. Des Weiteren zeigte sich, dass normalgewichtige Kinder, bis auf die Gruppe mit einem weit unterdurchschnittlichen Ergebnis, annähernd gleich auf die vier anderen Ergebnisgruppen mit jeweils ca. 21 Prozent aufgeteilt waren.

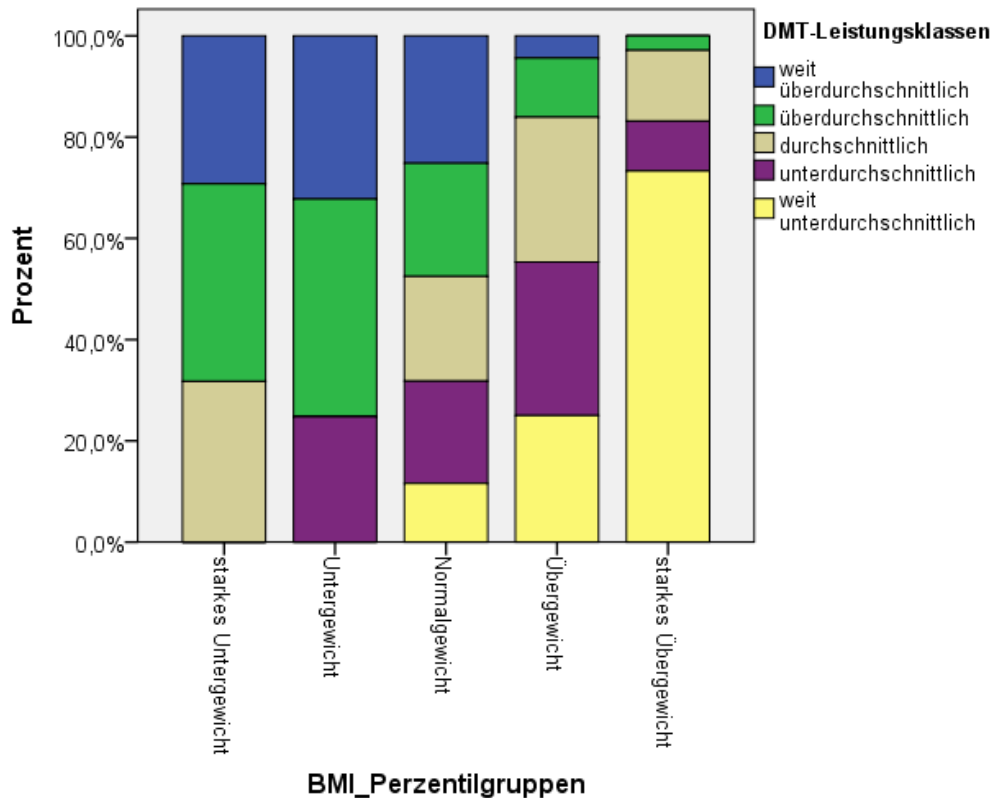


Abbildung 18: Aufteilung der Ergebnisgruppen des Deutschen Motorik Test nach BMI-Perzentilgruppen

3.6.2.5 Selbsteinschätzung der Schulkinder über ihre eigene körperliche Leistung

Die Schulkinder wurden mittels Fragebogen über die Einschätzung ihrer körperlichen Leistung befragt. **Tabelle 14** gibt einen Überblick über die Antworten der Schulkinder über ihre Selbsteinschätzung. Mehr als die Hälfte der Schulkinder schätzten ihre körperliche Leistung als „sehr gut“ oder „gut“ ein. Fast 10 Prozent der Schulkinder gaben an, dass ihre körperliche Leistung „nicht besonders gut“ ist.

Tabelle 14: Selbsteinschätzung der eigenen körperlichen Leistung

	Häufigkeit	Prozent
Sehr gut	56	29,20
Gut	69	35,90
Mittel	49	25,50
Nicht besonders gut	16	8,30
Gar nicht gut	2	1,00
Summe	192	100,00

3.6.2.5.1 Vergleich tatsächliche Ergebnisse

Abbildung 19 zeigt die Selbsteinschätzung der eigenen körperlichen Leistung aller Schulkinder und das tatsächlich erreichte Ergebnis des Deutschen Motorik Tests. Die Schulkinder mit einer hohen Selbsteinschätzung ihrer körperlichen Leistung haben auch zu fast 50 Prozent eine weit überdurchschnittliche Leistung erzielen können. Fast 4 Prozent der Kinder haben ihre körperliche Leistung als sehr gut eingeschätzt, aber nur ein unterdurchschnittliches Ergebnis erreicht. Des Weiteren zeigt die Abbildung, dass über 15 Prozent der Kinder ihre eigene Leistung geringer einschätzten als diese tatsächlich war.

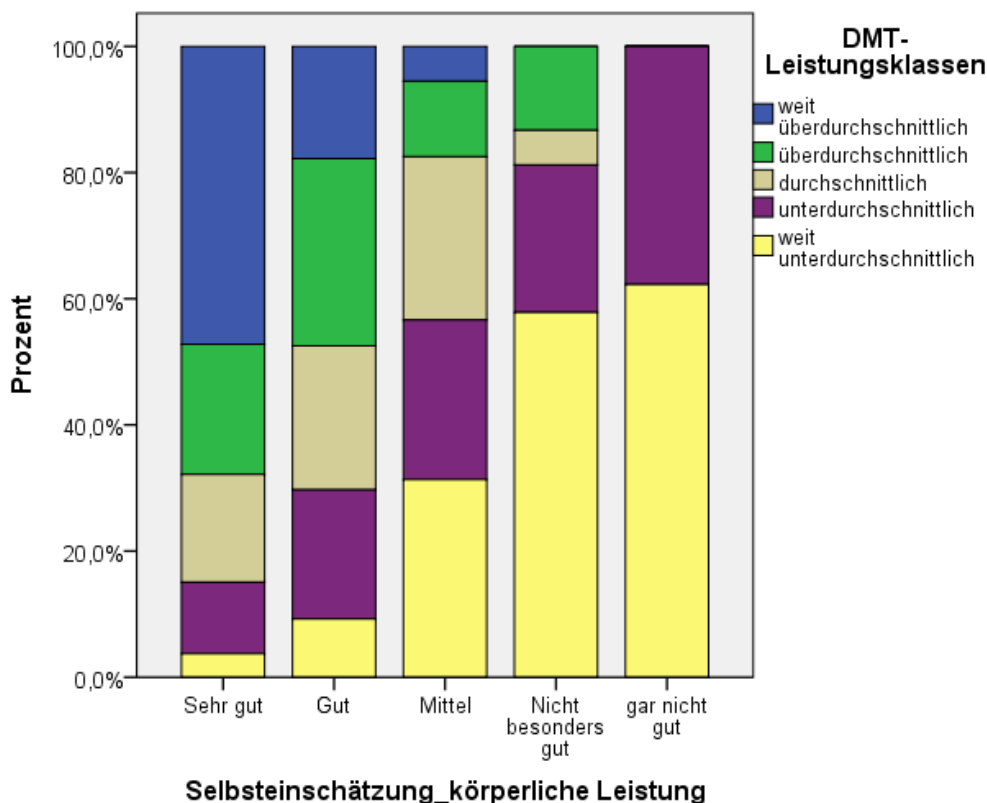


Abbildung 19: Selbsteinschätzung der eigenen körperlichen Leistung im Vergleich mit dem tatsächlichen Ergebnis

Im Vergleich der Selbsteinschätzung der eigenen Leistung konnte ein signifikanter Unterschied der beiden Geschlechter gezeigt werden ($p=0,02$).

Über 20 Prozent der männlichen Schulkinder schätzen ihre eigene Leistung viel höher ein als sie sie tatsächlich erreichten (**Abbildung 20**).

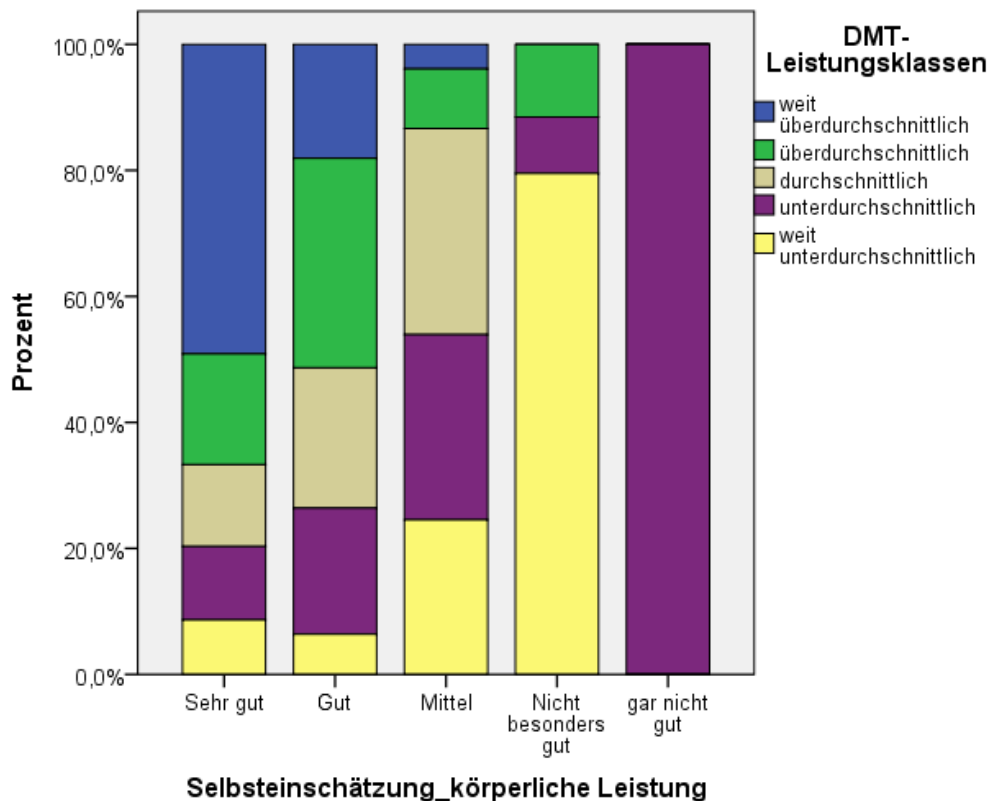


Abbildung 20: Selbsteinschätzung der männlichen Schulkinder der eigenen körperlichen Leistung im Vergleich mit dem tatsächlichen Ergebnis

Die Schülerinnen konnten eine geringe körperliche Leistung gut selbst einschätzen. Im Gegensatz zu den männlichen Schulkindern hat keine Schülerinnen, die nur eine weit unterdurchschnittliche Leistung erbracht hat, ihre Leistung als sehr gut eingeschätzt (**Abbildung 21**).

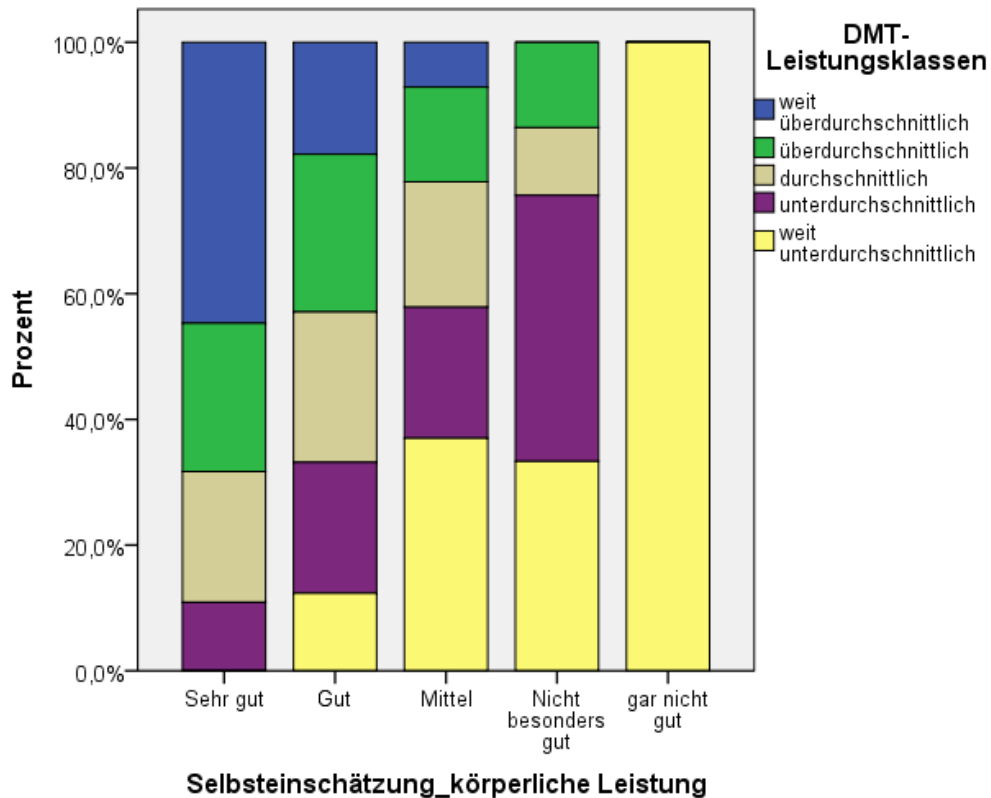


Abbildung 21: Selbsteinschätzung der weiblichen Schulkinder der eigenen körperlichen Leistung im Vergleich mit dem tatsächlichen Ergebnis

3.6.3 Körperliche Aktivität in der Freizeit

Die Schulkinder wurden indirekt mittels Fragebogen über ihre körperliche Bewegung in der Freizeit befragt. Einerseits wurden die passiven Freizeitbeschäftigungen (sitzende Freizeitbeschäftigungen wie Fernsehen, Video- und Handyspielen), angegeben in Stunden pro Tag, erhoben. Andererseits wurden die Schulkinder über ihre aktiven Freizeitbeschäftigungen befragt.

Tabelle 15 gibt einen Überblick über die Zeit, die Schulkinder pro Tag mit Fernsehen oder Videoschauen verbringen. Über 80 Prozent der Schulkinder (n= 88) schauen mindestens 30 Minuten pro Tag fern, wobei die meisten Schulkinder ein bis zwei Stunden pro Tag vor dem Fernseher verbringen. Nur knapp 12 Prozent der Schulkinder verbringen ihre Freizeit nicht mit Fernsehen oder Videoschauen. Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem BMI der Schulkindern und der Fernsehdauer pro Tag gezeigt werden.

Tabelle 15: Beschäftigungsdauer der Schulkinder mit Fernsehen oder Videoschauen.

	Häufigkeit	Prozent
Gar nicht	22	11,70
30min	75	39,90
1-2h	77	41,00
3-4h	11	5,90
mehr als 4 h	3	1,60
Summe	188	100,00

Tabelle 16 gibt einen Überblick wie viel Zeit die Schulkinder pro Tag mit Spielekonsolen verbringen. Ein signifikanter Unterschied ($p=0,001$) zwischen den beiden Geschlechtern konnte gezeigt werden, wobei Schüler signifikant mehr Zeit mit Spielekonsolen verbringen als Schülerinnen.

Tabelle 16: Beschäftigungsdauer der Schulkinder mit Spielekonsolen

	Häufigkeit	Prozent
Gar nicht	79	42,50
30min	64	34,40
1-2h	32	17,20
3-4h	7	3,80
mehr als 4 h	4	2,20
Summe	186	100,00

Tabelle 17 gibt einen Überblick wie oft die Schulkinder in ihrer Freizeit körperlich aktiv sind. 98,4 Prozent aller Schulkinder sind in ihrer Freizeit mindestens 30 Minuten aktiv, wobei nur 11,1 Prozent der Schulkinder drei oder mehr Stunden körperlich aktiv sind. Die Schulkinder am Land gaben an, körperlich aktiver in ihrer Freizeit zu sein als die Schulkinder in der Stadt. Dieser Unterschied war signifikant ($p<0,01$).

Tabelle 17: Körperliche Aktivität der Schulkinder in ihrer Freizeit

	Häufigkeit	Prozent
Gar nicht	3	1,60
30min	101	53,40
1-2h	64	33,90
3-4h	17	9,00
mehr als 4 h	4	2,10
Summe	189	100,00

Tabelle 18 gibt einen Überblick wie oft die Schulkinder in ihrer Freizeit körperlich aktiv sind, so dass sie richtig ins Schwitzen kommen und außer Atem sind. 37,7 Prozent der Schulkinder kommen 3- bis 5-mal in der Woche durch körperliche Aktivität zum Schwitzen, dicht gefolgt mit 30,4 Prozent die Gruppe der Schulkinder, welche jeden Tag körperlich aktiv sind.

Tabelle 18: Körperliche Aktivität der Schulkinder in der Freizeit, welche die Schulkinder zum Schwitzen bringt

	Häufigkeit	Prozent
Jeden Tag	58	30,40
3 bis 5 mal in der Woche	72	37,70
1 bis 2 mal in der Woche	53	27,70
1 bis 2 mal im Monat	8	4,20
Summe	191	100,00

3.7 Ernährung

Es wurde an alle 195 teilnehmenden Schulkinder Food Frequency Questionnaires ausgeteilt. 140 Schulkinder haben einen ausgefüllten FFQ retourniert (Responserate von 71,8 Prozent). 130 FFQs waren vollständig und wurden ausgewertet.

Die Schulkinder wurden angewiesen, an drei Tagen ihre zu sich genommenen Mahlzeiten und Getränke zu dokumentieren. Da nicht jedes Schulkind das Ernährungsprotokoll an allen drei Tagen ausgefüllt hatte, wurde mittels der Auswertungssoftware die gesamte Energieaufnahme durch die tatsächliche dokumentierte Anzahl der Tage dividiert, um eine durchschnittliche Energieaufnahme pro Tag [kcal/Tag] unter den Schulkindern vergleichen zu können. Es wurden nur dokumentierte Tage in die Berechnung aufgenommen, an denen mindestens an zwei unterschiedlichen Tageszeiten eine Nahrungs- oder Getränkeaufnahme dokumentiert wurde, um das Ergebnis der durchschnittlichen Energieaufnahme pro Tag nicht zu verfälschen.

Abbildung 22 zeigt einen Output der EBISpro Auswertungssoftware. Im ersten Teil des Outputs sind die Nahrungsmittel und Getränke, welche an diesem Tag aufgenommen und dokumentiert wurden, in ihrer Menge in Gramm, inklusive der Menge an Kohlehydrate, sowie die Energie (kcal) der einzelnen Nahrungsmittel und Getränke aufgelistet.

Gesamtanalyse eines Ernährungsplanes

Lebensmittel	Menge	Energie	<u>Kohlenhy.</u>
Tag 1			
Tee (Getränk)	200 g	1,0 kcal	0,0 g
Schinkenwurst grob/Lyoner grob	30 g	88,0 kcal	0,1 g
Gummibonbons	100 g	347,8 kcal	78,6 g
Orange Fruchtsaft	200 g	86,5 kcal	17,4 g
Muffins mit Schokolade	60 g	172,9 kcal	23,3 g
Schinkenwurst grob/Lyoner grob	30 g	88,0 kcal	0,1 g
Joghurt 1,5% Fett mit Süßstoff probiotisch	100 g	49,0 kcal	4,4 g
Orange Fruchtsaft	200 g	86,5 kcal	17,4 g
Gummibonbons	10 g	34,8 kcal	7,9 g
Butterkeks	125 g	543,1 kcal	93,4 g
Edelkastanien (Marone) gekocht	60 g	118,0 kcal	24,6 g
Orange Fruchtsaft	200 g	86,5 kcal	17,4 g
Schinkenwurst grob/Lyoner grob	30 g	88,0 kcal	0,1 g
Gummibonbons	100 g	347,8 kcal	78,6 g
Muffins mit Schokolade	60 g	172,9 kcal	23,3 g
Pizza (0)	250 g	549,7 kcal	84,0 g

Zwischenanalyse: Energie 2860,5 kcal (100 %), Kohlenhydrate 470,5 g (100 %)

Abbildung 22: Output aus der EPISpro Auswertungssoftware für Windows

In **Abbildung 23** ist der zweite Teil des Outputs zu sehen. In dieser Tabelle werden die zu sich aufgenommene Nahrung und Getränke in die einzelnen Inhaltsstoffe aufgeteilt und man erhält einen Überblick über die analysierten Mengen pro Tag, die empfohlenen Werte pro Tag nach Altersgruppe und Geschlecht, sowie die prozentuale Erfüllung der empfohlenen Werte.

Ergebnis

Inhaltsstoff	analyisierte Werte/Tag	empfohlene Werte/Tag (Kinder 10-12 Jahre (w))	prozentuale Erfüllung
Energie	2860,5 kcal	1667,6 kcal	172 %
Wasser	1088,0 g	2150,0 g	51 %
Eiweiß	76,2 g (11%)	49,3 g(12 %)	155 %
Vit. D	0,6 µg	5,0 µg	11 %
Fett	68,7 g (21%)	56,6 g(30 %)	121 %
Kohlenhy.	470,5 g (68%)	238,0 g(58 %)	198 %
Ballastst.	23,3 g	28,0 g	83 %
Alkohol	0,0 g (0%)	-	-
mf. ung. FS	10,7 g	10,0 g	107 %
Cholest.	196,8 mg	-	-
Vit. A	423,1 µg	900,0 µg	47 %
Carotin	0,5 mg	-	-
Vit. E (Äq.)	8,5 mg	11,0 mg	77 %
Vit. B1	1,4 mg	1,0 mg	139 %
Vit. B2	1,1 mg	1,2 mg	90 %
Vit. B6	1,7 mg	1,0 mg	170 %
ges. Folsäure	190,1 µg	400,0 µg	48 %
Vit. C	290,4 mg	90,0 mg	323 %
Natrium	2128,3 mg	2000,0 mg	106 %
Kalium	3038,0 mg	2000,0 mg	152 %
Calcium	543,3 mg	1100,0 mg	49 %
Magnesium	318,1 mg	250,0 mg	127 %
Phosphor	989,9 mg	1250,0 mg	79 %
Eisen	17,1 mg	15,0 mg	114 %
Zink	7,8 mg	7,0 mg	111 %

Abbildung 23: Output aus der EPISpro Auswertungssoftware für Windows

Die zu sich genommenen Inhaltsstoffe und deren prozentuale Erfüllung lassen sich auch anhand einer übersichtlichen Grafik zeigen (**Abbildung 24**).

% Erfüllung der empfohlenen Zufuhrwerte

(Nährstoffvergleichsgruppe: Kinder 10-12 Jahre (w))

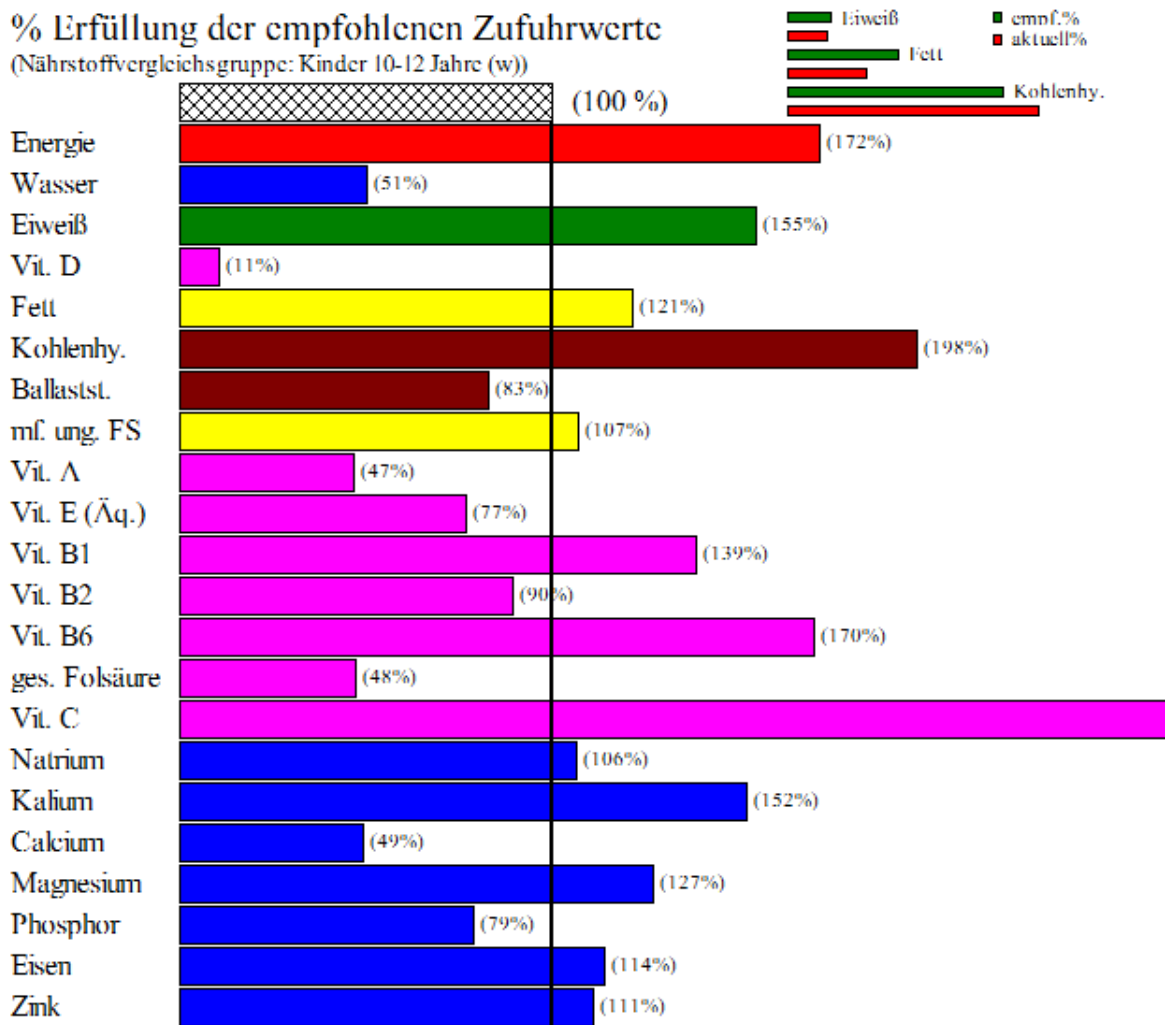


Abbildung 24: Grafische Darstellung der aufgenommenen Nahrung und Getränke nach Inhaltsstoffen und deren prozentuale Erfüllung

3.7.1 Energieaufnahme

Die durchschnittliche Energiezufuhr aller Schulkinder pro Tag betrug $1512,24 \pm 491,96$ kcal (siehe **Abbildung 25**).

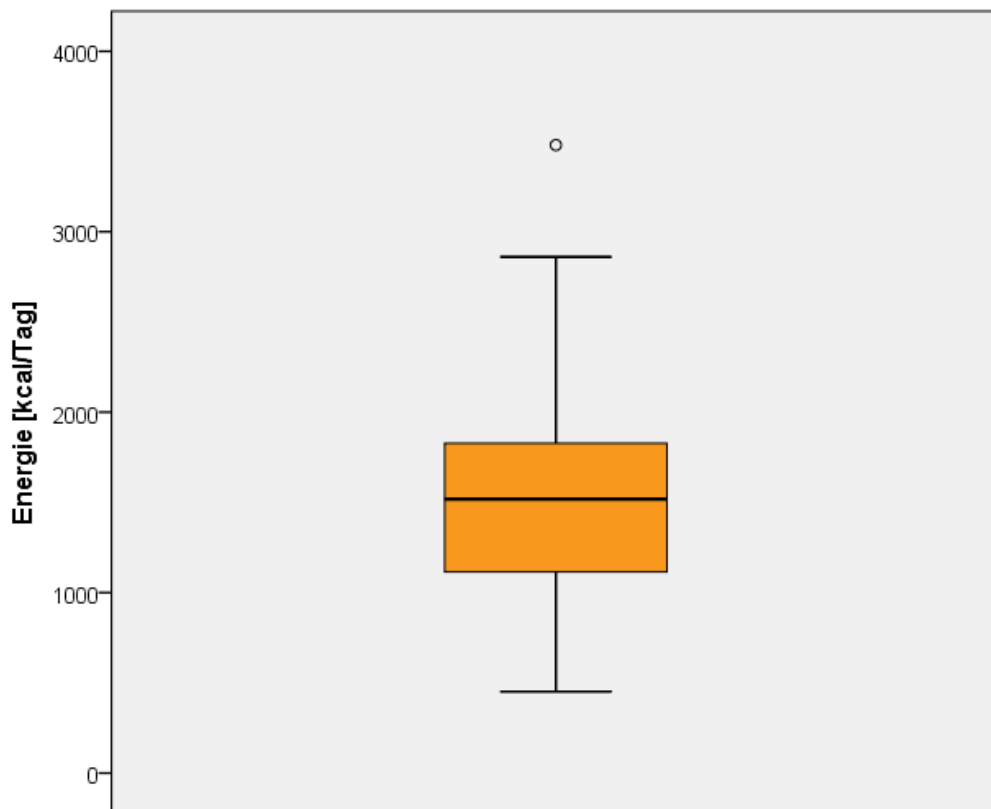


Abbildung 25: Energieaufnahme [kcal/Tag] aller Schulkinder

3.7.1.1 Vergleich Stadt/Land

Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied ($p=0,311$) in der täglichen Energiezufuhr zwischen den Schulkindern vom Land ($1556,62$ kcal/Tag) und den Schulkindern in der Stadt ($1469,20$ kcal/Tag).

3.7.1.2 Vergleich Geschlecht

Die tägliche Energiezufuhr der männlichen Schulkinder ($1526,09$ kcal/Tag) unterschied sich nicht von der Energiezufuhr der weiblichen Schulkinder ($1499,99$ kcal/Tag; $p=0,763$).

3.7.1.3 Vergleich Gewicht/BMI

Es konnte keine Korrelation zwischen der täglichen Energiezufuhr und dem BMI ($p=0,262$; $r=-0,1$) oder dem Gewicht ($p=0,540$; $r=-0,05$) der Schulkinder gezeigt werden.

3.7.2 Calcium

Die durchschnittliche tägliche Calcium-Zufuhr der Schulkinder betrug $541,75 \pm 263,72$ mg (**Abbildung 26**). Die durchschnittlich empfohlene Menge an Calcium pro Tag der deutschen Gesellschaft für Ernährung für Kinder im Alter von 10 bis unter 13 Jahren beträgt 1100 mg (88). Nur 4,6 Prozent der Schulkinder ($n=6$) haben täglich die empfohlene Tagesdosis von 1100 mg oder mehr Calcium aufgenommen.

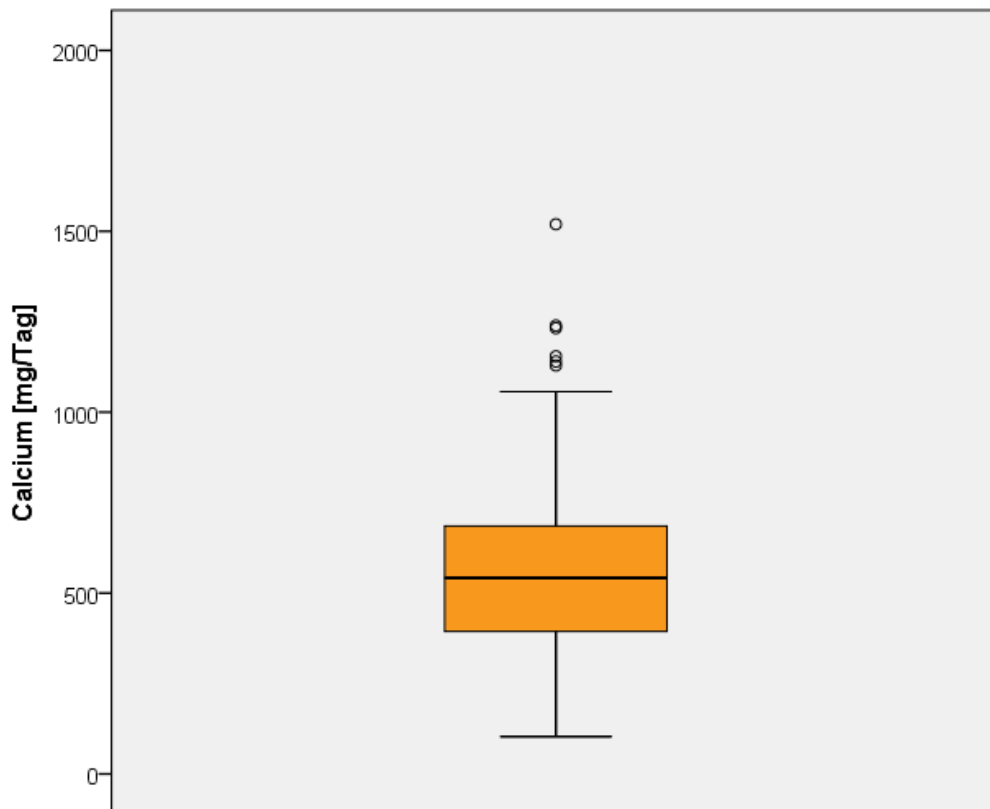


Abbildung 26: Durchschnittliche Calcium-Aufnahme [mg/Tag] der Schulkinder

Die tägliche Calcium-Aufnahme unterschied sich weder zwischen Schulkindern aus der Stadt und vom Land ($p=0,214$), noch zwischen den beiden Geschlechtern ($p=0,565$).

3.7.3 Vitamin D

Die durchschnittliche Aufnahme der Schulkinder an Vitamin D mit der Nahrung pro Tag betrug $1,10 \pm 1,70 \mu\text{g}$. Dies entspricht der empfohlenen Tagesdosis für Kinder der Österreichischen Gesellschaft für Ernährung, die einer tägliche Vitamin D Dosis, aufgenommen mit der Nahrung, von 1 bis $2 \mu\text{g}$ pro Tag entspricht (89). Es konnte eine große Range von $15,6 \mu\text{g}$ zwischen den einzelnen Vitamin D Tagesdosen dokumentiert werden.

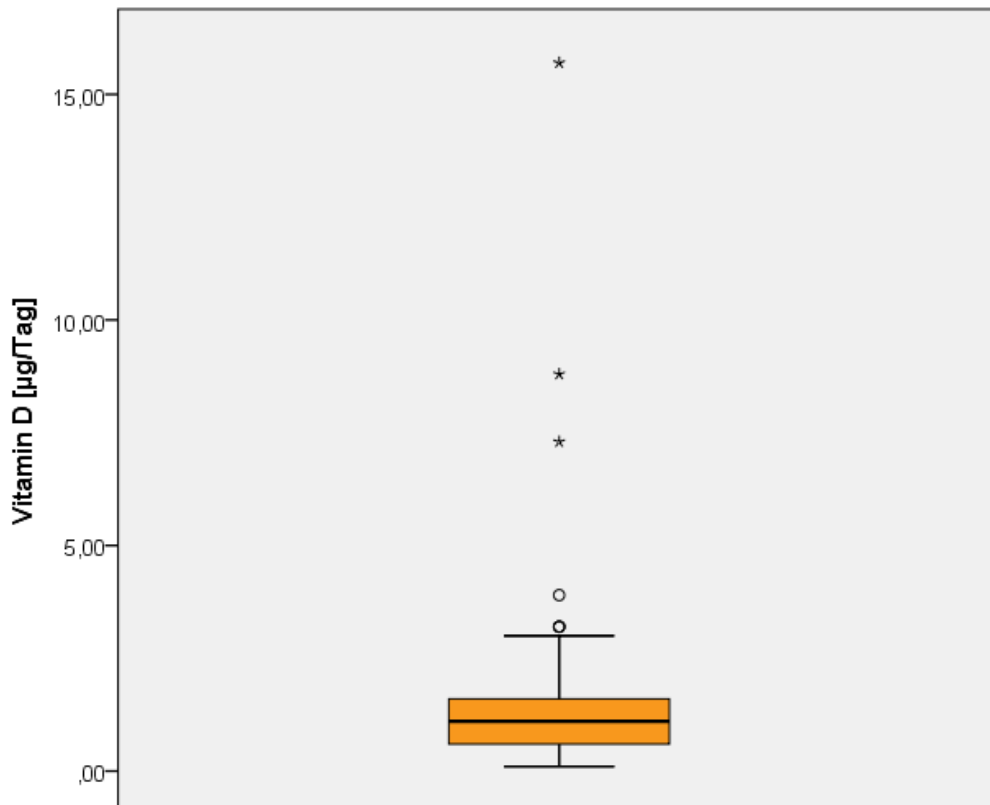


Abbildung 27: Durchschnittliche Vitamin D-Aufnahme [$\mu\text{g}/\text{Tag}$] der Schulkinder

Die drei Ausreißer in **Abbildung 27** (gekennzeichnet durch *), mit einer täglichen Vitamin D Zufuhr über $5 \mu\text{g}$ haben eine größere Menge folgender Vitamin D haltiger Nahrungsmittel zu sich genommen: geräucherte und gegarte Forelle, Hühnereier gekocht, Thunfisch aus der Dose, Avocado oder Spiegeleier.

Die tägliche Vitamin D-Aufnahme unterschied sich weder zwischen den Schulkindern aus der Stadt und vom Land ($p=0,214$), noch zwischen den beiden Geschlechtern ($p=0,565$).

Tabelle 19 gibt einen Überblick über alle erhobenen Inhaltstoffe

Tabelle 19: Überblick über alle erhobenen Inhaltstoffe mittels FFQ

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert /Median	Standard- abweichung
Energie [kcal/Tag]	130	451,00	3480,30	1512,24	491,96
Wasser [g/Tag]	130	155,90	14475,80	1362,99	1312,48
Eiweiß [g/Tag]	130	0,00	101,40	55,78	19,43
Vitamin D [µg/Tag]	130	0,10	15,70	1,10	1,70
Fett [g/Tag]	130	0,00	157,10	57,72	22,96
Kohlenhydrate [g/Tag]	130	0,00	470,50	185,47	70,28
Ballaststoffe [g/Tag]	130	3,70	33,50	13,70	5,76
Alkohol [g/Tag]	130	0,00	2,40	0,13	0,31
Mehrfach ungesättigte Fettsäuren [g/Tag]	130	1,90	40,40	8,97	5,10
Cholesterin [mg/Tag]	130	58,10	721,40	230,29	111,50
Vitamin A [µg/Tag]	130	114,00	2731,60	658,78	427,65
Carotin [mg/Tag]	130	0,10	8,40	1,86	1,64
Vitamin E [mg/Tag]	130	1,10	34,10	7,68	4,52

Vitamin B1 [mg/Tag]	130	0,20	3,10	1,03	0,48
Vitamin B2 [mg/Tag]	130	0,20	2,60	1,00	0,45
Vitamin B6 [mg/Tag]	130	0,20	4,00	1,12	0,56
Folsäure [mg/Tag]	130	34,20	505,30	163,69	78,17
Vitamin C [mg/Tag]	130	2,80	449,80	74,22	60,02
Natrium [mg/Tag]	130	454,20	9842,90	2259,20	1092,02
Kalium [mg/Tag]	130	347,40	4247,80	1815,23	713,69
Calcium [mg/Tag]	130	103,40	1519,40	541,75	263,72
Magnesium [mg/Tag]	130	49,10	418,50	202,85	78,47
Phosphor [mg/Tag]	130	245,20	1719,00	868,35	295,73
Eisen [mg/Tag]	130	2,10	22,70	8,13	3,47
Zink [mg/Tag]	130	2,30	16,00	7,58	2,79

3.8 Zusammenhang zwischen Knochendichte und Ernährung von steirischen Schulkindern

3.8.1 Energieaufnahme

Es konnte keine signifikante Korrelation zwischen der Energieaufnahme [kcal/Tag] und der Knochendichte (SOS) der Schul Kinder gezeigt werden ($p=0,149$; $r= 0,13$).

3.8.2 Calcium

Es bestand kein Zusammenhang ($p=0,138$; $r= 0,31$) zwischen der Knochendichte und der Calcium-Zufuhr der Schul Kinder (**Abbildung 28**).

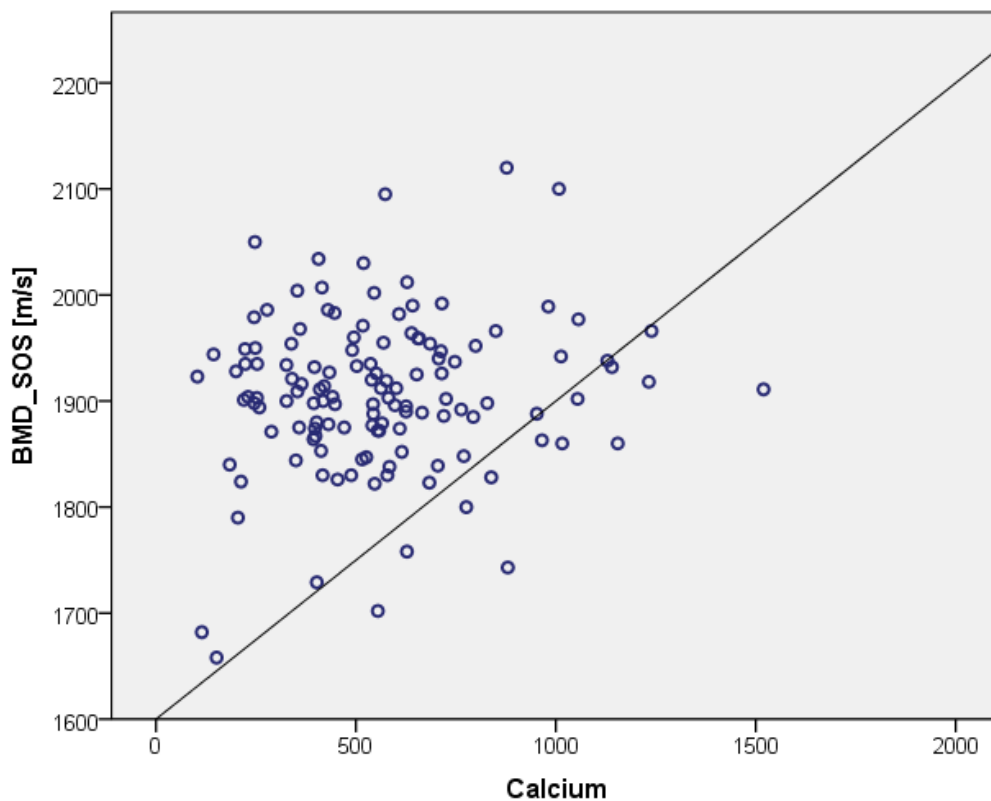


Abbildung 28: Zusammenhang zwischen Calcium-Zufuhr und Knochendichte der Schul Kinder

3.8.2.1 Zusammenhang zwischen Calcium-Zufuhr und Frakturrisiko

Die tägliche Calcium-Zufuhr korrelierte nicht mit einem Frakturrisiko bei Schulkindern ($p=0,308$; $r= 0,09$).

3.8.3 Zusammenhang zwischen Knochendichte und Vitamin D-Zufuhr

Es konnte keine signifikante Korrelation zwischen der Knochendichte und der Vitamin D Zufuhr der Schulkinder gezeigt werden ($p=0,964$; $r=0,004$).

3.8.3.1 Zusammenhang zwischen Vitamin D-Zufuhr und Frakturrisiko

Ein Zusammenhang zwischen der täglichen Vitamin D-Zufuhr und dem Frakturrisiko bei Schulkindern konnte nicht bestätigt werden ($p=0,370$; $r= 0,08$).

3.9 Zusammenhang zwischen Knochendichte und Bewegung steirischer Schulkinder

3.9.1 Akzelerometer

Die zurückgelegte Strecke pro Tag, gemessen mittels Akzelerometer, zeigte eine positive Assoziation mit der Knochendichte ($p=0,039$). Die Knochendichte der Schulkinder, die sich viel bewegten, war signifikant höher als bei Schulkindern, bei welchen weniger Bewegung pro Tag gemessen wurde (**Abbildung 29**).

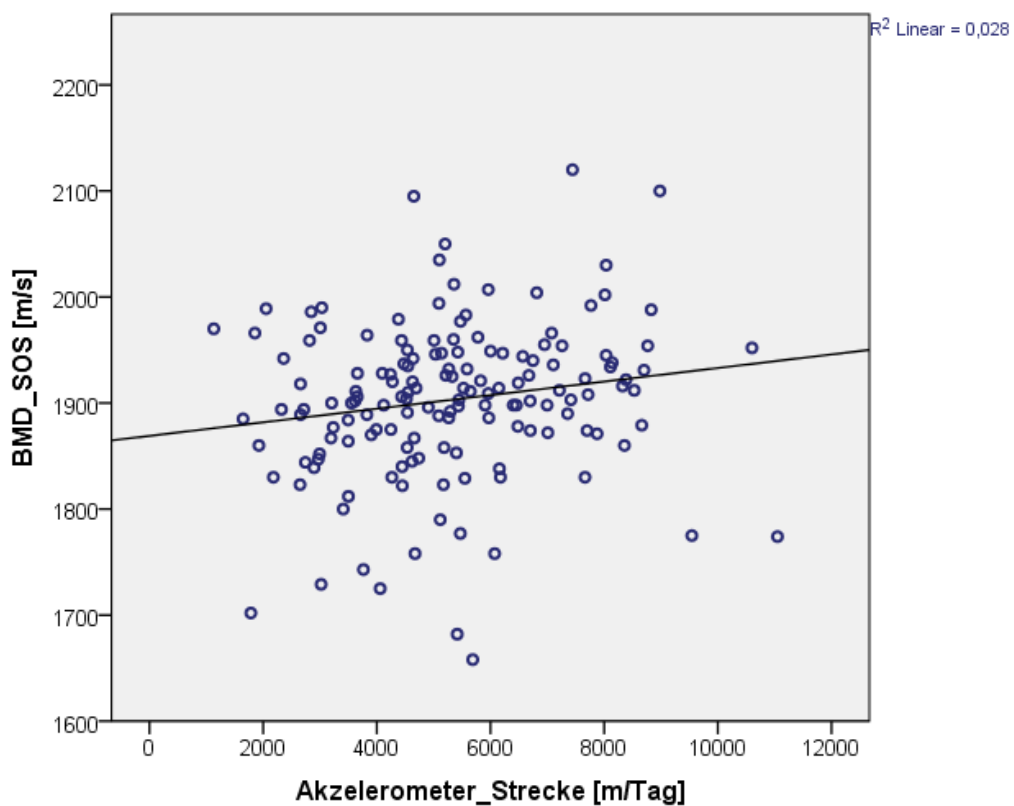


Abbildung 29: Zusammenhang zwischen der Knochendichte und der durchschnittlich zurückgelegten Strecke [m/Tag] gemessen mittels Akzelerometer

3.9.2 Fitnessstest

Zwischen den Fitnessstestergebnissen und der Knochendichte konnte eine signifikante Korrelation gezeigt werden ($p=0,011$). Je besser der Fitnesszustand der Schulkinder, desto höher war auch die Knochendichte (s. **Abbildung 30**).

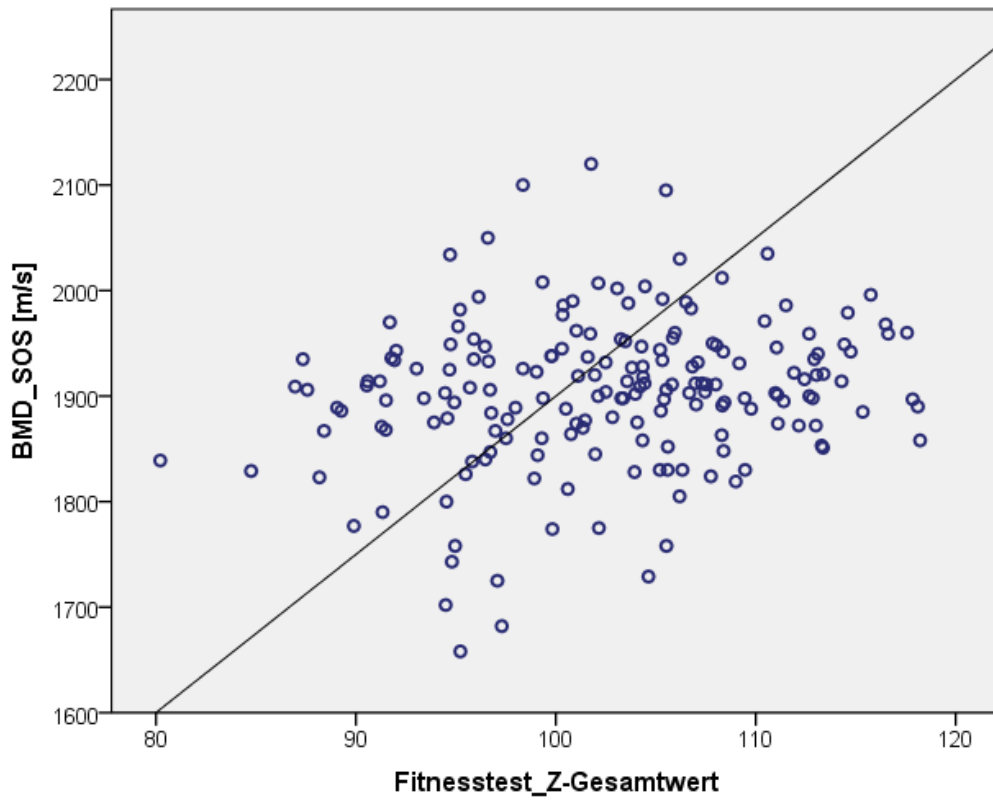


Abbildung 30: Zusammenhang zwischen der Knochendichte und Ergebnissen (Z-Werte) des Deutschen Motorik Tests

4 Diskussion

In der vorliegenden Studie konnte ein Zusammenhang zwischen der Knochendichte mit dem Geschlecht, der Lokalisation der Schule (Stadt vs. Land) und dem BMI der Schulkinder bestätigt werden. Im Gegensatz zu Erwachsenen zeigte das Gewicht der Schulkinder keinen positiven Effekt auf deren Knochendichte.

Zusätzlich bestand eine positive Korrelation zwischen der körperlichen Bewegung der Schulkinder und deren Knochendichte.

Weder der häufig in der Literatur diskutierte Einfluss der Energiezufuhr auf die Knochendichte noch ein Einfluss der Calcium- und Vitamin D –Zufuhr konnten bestätigt werden.

4.1 Messung der Knochendichte mittels Quantitativen Ultraschall (QUS)

Für die Bestimmung der Knochendichte, auch Densitometrie genannt, gibt es mehrere gängige Messverfahren: Dual-Röntgen-Absorptiometrie (DXA), Single-Photon-Absorptiometrie (SPA), Dual-Photon-Absorptiometrie (DPA) und quantitative Computertomographie (QTC) (28). Bei diesen Messverfahren wird allerdings ionisierende Strahlung eingesetzt. Für die Bestimmung der Knochendichte gilt die Dual-Röntgen-Absorptiometrie als Goldstandard (90). Diese Messmethode wird jedoch durch Veränderungen der Knochenstärke während der Wachstumsphase beeinflusst und unterschätzt möglicherweise die Knochendichte bei kleinen Personen und überschätzt diese bei Größeren. Zusätzlich liefert die Dual-Röntgen-Absorptiometrie keine Auskunft über die Qualität der Knochen (91). Neben den Messverfahren mit ionisierender Strahlung kann die Knochendichte auch mittels quantitativem Ultraschall gemessen werden (48). In mehreren Studien konnte eine gute Korrelation zwischen den Messergebnissen der Knochendichte mit DXA und QUS bei Kindern und Jugendlichen gezeigt werden, allerdings bedeutet dies nicht, dass die Ergebnisse gegenseitig austauschbar sind (58, 92-95). Studien haben gezeigt, dass Messungen mittels QUS sensibler für Knochenveränderungen während der Wachstumsphase sind (96-99).

Ein systematischer Review von Krahenbühl et al (2014) gibt einen Überblick über bereits durchgeführte Studien, bei denen die Knochendichte bei gesunden Kindern und Jugendlichen mittels QUS an den Handphalangen gemessen wurde. Bei diesem Review zeigt sich bereits die Schwierigkeit, die Ergebnisse aus den verschiedenen Studien miteinander zu vergleichen, da sich sowohl das Alter, die Ethnizität als auch die gemessene Handseite (dominant vs. nicht dominant) bei den Studienteilnehmern unterschieden (100). Aus diesen Gründen wurde in unserer Studie nur ein enges Altersspektrum von 10 bis 12 jährigen Schulkindern untersucht. Die Vergleichbarkeit der Studienergebnisse wird auch durch wichtige Einflussfaktoren wie das Geschlecht, die Körpergröße, das Gewicht, das Stadium der Pubertät, die Skelettreife sowie die Ethnizität erschwert (28). Schon im Jahr 2000 versuchten Lequin et al Normalwerte von der Knochendichte der Tibia, gemessen mittels QUS, von kaukasischen Kindern und Jugendlichen im Alter von 6 bis 19 Jahren zu generieren (101). Bis heute jedoch gibt es keine gültigen Normwerte der Knochendichte von zehn- bis zwölfjährigen Kindern gemessen mittels QUS an den Handphalangen.

4.2 Epidemiologie der Knochendichte

Die Kindheit sowie das Jugendalter sind wichtige Phasen für die Bildung der „peak bone mass“ - die maximale Knochenmineraldichte - da in diesen Lebensphasen eine stufenweise Zunahme an Knochengewebe stattfindet (100). Es gibt zwei wichtige Wachstumsphasen der Knochen während des Körperwachstums: die erste Wachstumsphase tritt im Lebensalter von 1 bis 4 Jahren auf, die zweite Phase nach der Pubertät im Alter von 12 bis 17 Jahren (102).

Die Knochendichte der Schülerinnen war in der vorliegenden Studie signifikant höher als die der Schüler. Dieser Geschlechtsunterschied bei der Knochendichte von Kindern mit zehn bis zwölf Jahren konnte bereits in vielen Studien gezeigt werden. In der Literatur gibt es nur wenige Studien, bei denen Jungen eine höhere Knochendichte zeigten als Mädchen (103, 104). Die meisten Studien zeigten eine signifikant höhere Knochendichte bei Mädchen (32, 96, 98-100, 105-107), gemessen mittels QUS an den Handphalangen. Mögliche Ursachen für die höhere

Knochendichte der Mädchen wurden bereits ausführlich in der Literatur diskutiert: ein längeres Knochenlängewachstum bei Jungen und die reduzierte Knochenmineralisierung während deren Pubertät oder der Einfluss von männlichen Sexualhormonen während der Pubertät (32, 34, 105). Es ist jedoch nicht bekannt, welche Beschaffenheit der Phalangen für diesen möglichen Einfluss der Pubertät verantwortlich ist (101).

Eine signifikant höhere Knochendichte konnte bei Schulkindern am Land gezeigt werden. Dieser Unterschied ist nicht auf den BMI oder körperliche Aktivität zurückzuführen, da sich diese erhobenen Parameter zwischen Schulkindern vom Land und aus der Stadt nicht signifikant unterschieden haben. Ein möglicher Grund für diesen Unterschied ist eventuell der häufigere Aufenthalt der Schulkindern vom Land im Freien. Somit hat die vermehrte Sonnenstrahlung eine erhöhte Vitamin D Bildung zur Folge, die sich wiederum positiv auf die Knochendichte auswirken könnte. Eine eindeutige Erklärung dieses Unterschiedes ist jedoch anhand der erhobenen Daten nicht möglich.

4.3 Zusammenhang zwischen dem Frakturrisiko und der Knochendichte

In der Epidemiologie von Knochenbrüchen bei Kindern und Jugendlichen gibt es in der Literatur unterschiedliche Ergebnisse über den Zeitpunkt bzw. das Alter mit den häufigsten Knochenbrüchen.

Londing et al (1983) definierten in einer Studie diesen Zeitraum der „peak of fractures“ zwischen dem 10. und 15. Lebensjahr, wobei das Frakturrisiko bei Mädchen im Alter von 11 und 12 Jahren und bei Jungen das Risiko einer Knochenfraktur im Alter von 13 und 14 Jahren am höchsten war (15). Zu denselben Ergebnissen kamen auch Cooper et al (2004) in einer britischen Studie (108). Eine epidemiologische Studie aus Malmö wies darauf hin, dass das Risiko eines Knochenbruchs von Geburt bis zum 16. Lebensjahr für Jungen bei 42 und für Mädchen bei 27 Prozent liegt (16).

Bei den Schulkindern in der Studie konnte jedoch kein signifikanter Unterschied des Frakturrisikos zwischen Geschlecht oder Alter gezeigt werden. Dies könnte auf die altersbegrenzte Teilnahme der Schulkinder zurückzuführen sein.

In der Literatur gibt es unterschiedliche Ergebnisse zur Frage, ob eine geringere Knochendichte bei Jugendlichen mit einem höheren Frakturrisiko einhergeht. Studienergebnisse in der aktuellen Literatur zeigten ein erhöhtes Frakturrisiko bei geringerer Knochendichte (14, 29, 109, 110). In mehreren Studien wurde das Gewicht der Jugendlichen bzw. der BMI als Einflussfaktor auf das Frakturrisiko aufgezeigt (6, 13, 111-115). Manias et al (2006) konnten in ihrer Studie herausarbeiten, dass ein erhöhter BMI bei Jugendlichen einen negativen Einfluss auf ihre körperliche Aktivität hat und somit weiterführend auch den anabolischen Stimulus für das Knochenwachstum reduziert. Auch andere Einflussfaktoren auf rezidivierende Knochenbrüche, wie eine geringere Knochendichte, eine geringere Calcium-Zufuhr durch geringeren Milchkonsum und geringere körperliche Bewegung werden in der Literatur beschrieben (14, 116).

Andere Studien zeigten, dass adipöse Jugendliche ein erhöhtes Frakturrisiko haben, da diese eine geringere Knochenmasse in Relation zur Körpergröße haben und auch häufiger orthopädische und knochenbezogene Probleme aufweisen (12, 13, 117-119). Zusätzlich zeigten Studien ein erhöhtes Frakturrisiko bei Jungen mit einer aktiveren Freizeitbeschäftigung und höheren sportlicheren Aktivität (120-122).

4.4 Zusammenhang zwischen dem Gewicht sowie dem BMI und der Knochendichte

Eliakim et al (2001), Longhi et al (2013) und Nagasaki et al (2004) zeigten in ihren Studien, dass der erhöhte BMI adipöser Kinder und Jugendlicher negativ mit der Knochendichte assoziiert ist (10, 56, 123, 124). Dieser Zusammenhang konnte auch in der vorliegenden Studie nachgewiesen werden. In anderen Studien konnte jedoch kein Unterschied der Knochendichte zwischen normalgewichtigen und adipösen Kindern und Jugendlichen bestätigt werden (125, 126), bei anderen

Studien zeigte der erhöhte BMI einen positiven Einfluss auf die Knochendichte (9, 127).

In der vorliegenden Studie war das Gewicht der Schulkinder vom Land signifikant höher als das Gewicht der Schulkinder aus der Stadt. Es konnte jedoch kein Unterschied beim BMI zwischen der unterschiedlichen Schullage gezeigt werden. Ein Zusammenhang zwischen dem Gewicht und der Knochendichte der Schulkinder wurde nicht bestätigt.

4.4.1 Zufriedenheit mit dem eigenen Körpergewicht

Laut der WHO-HBSC Survey 2010 geht die steigende Prävalenz von Übergewicht und Adipositas auch mit einer häufigeren Unzufriedenheit mit dem Körpergewicht und dem Körper insgesamt einher. Ähnlich wie bei dieser Studie mit 50,8 Prozent, gaben in der WHO Studie auch fast die Hälfte der Schulkinder an „ungefähr das richtige Gewicht zu haben“. Im Gegensatz zur WHO Survey, gab es bei dieser Studie keine signifikanten Geschlechtsunterschiede bei der Selbsteinschätzung des Gewichtes sowie der Zufriedenheit mit dem eigenen Gewicht (128).

4.5 Zusammenhang zwischen der körperlichen Bewegung und der Knochendichte

4.5.1 Körperliche Bewegung von Kindern und Jugendlichen in Österreich

„Körperliche Aktivität von mittlerer bis hoher Intensität, mindestens eine Stunde pro Tag“ lautet eine Empfehlung der WHO für Kinder und Jugendliche (129). In unserer Studie gaben nur 30,4 Prozent der Schulkinder an, jeden Tag mit einer mittleren bis hoher Intensität körperlich aktiv zu sein. Beinahe 40 Prozent der Schulkinder gaben an, nur an 3 bis 5 Tagen pro Woche in der Freizeit körperlich aktiv zu sein.

Abbildung 31 zeigt die Ergebnisse über die körperliche Aktivität von Kindern und Jugendlichen im Rahmen der „Health Behaviour in School-aged Children (HBSC)“ Studie der WHO im internationalen Vergleich. Auch in der Abbildung zeigt sich,

dass nur 29,6 Prozent der österreichischen Schulkinder im Alter von 11 und 13 Jahren jeden Tag mindestens eine Stunde körperlich aktiv sind (128).

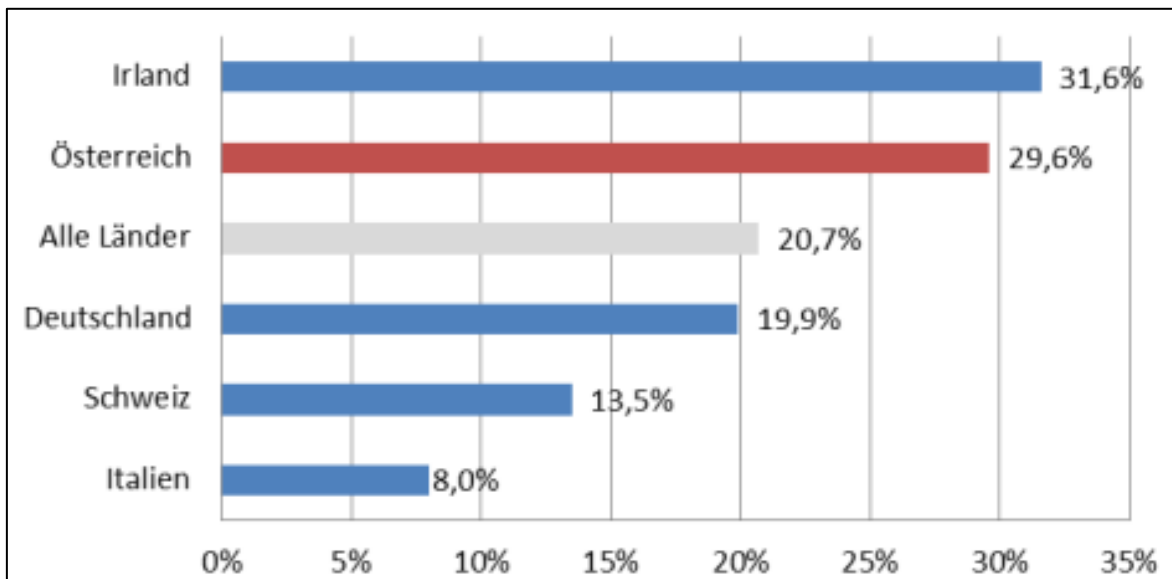


Abbildung 31: Relative Anzahl der Kinder und Jugendlichen im Alter von 11 und 13 Jahren, die täglich mindestens 1 Stunde lang mit mittlerer bis hoher Intensität körperlich aktiv sind (128)

In der heutigen Zeit lässt sich bereits im Kindesalter eine Entwicklung zu einem vorwiegend „sitzenden Lebensstil“, also eine starke Abnahme an Bewegung und eine zeitgleiche Steigerung an sitzenden Freizeitbeschäftigungen wie beispielsweise Fernsehen oder Computer spielen, feststellen (130).

4.5.2 Akzelerometrie

Die Akzelerometrie ist eine objektive, praktische und zuverlässige Methode die Dauer und Intensität körperlicher Bewegung von Kindern zu messen. In der vorliegenden Studie wurde der Akzelerometer im Durchschnitt für 5,26 Tage getragen, wobei die zurückgelegte Strecke durch die Anzahl der getragenen Tage dividiert wurde, um eine bessere Vergleichbarkeit zu ermöglichen. Trost et al (2000) zeigten in ihrer Studie, dass die Bewegung von Kindern und Jugendlichen mindestens 7 Tage lang mittels Akzelerometer gemessen werden muss, um aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen. Wie in der vorliegenden Studie zeigte sich auch in der Studie von Trost kein Unterschied im Bewegungsverhalten zwischen den beiden Geschlechtern im Altersvergleich (131).

Vanhelst et al (2014) untersuchten in ihrer Studie die notwendige Anzahl der Tage, um eine Aussage über die körperliche Aktivität pro Woche bei adipösen Jugendlichen zu messen. Er konnte zeigen, dass über 90 Prozent der Varianz erklärt werden kann, wenn die Messung mittels Akzelerometer sowohl an Wochentagen als auch an Wochenendtagen durchgeführt wurde. Die Ergebnisse zeigten, dass eine Messung der Bewegung mittels Akzelerometer an mindestens zwei Tagen notwendig ist, um eine gültige Aussage über das Bewegungsverhalten treffen zu können (132). Auch Kennedy et al (2013) empfehlen eine Bewegungsmessung über mindestens drei bis vier Tage, um aussagekräftige Ergebnisse über die gewohnten Bewegungsabläufe von präpubertierenden Kindern und Jugendlichen zu erhalten (133). Die geringste Anzahl an gemessenen Tagen mittels Akzelerometer innerhalb der vorliegenden Studie war zwei Tage, die durchschnittliche Anzahl betrug 5,26 Tage. Eine valide Messung der Bewegung für die vorliegende Studie kann somit angenommen werden.

4.5.3 Körperliche Bewegung und Knochendichte

Bei der vorliegenden Studie konnte gezeigt werden, dass die körperliche Aktivität eine positive Korrelation mit der Bewegung, gemessen mittels Akzelerometer, hatte. Auch in der Literatur spiegelt sich der positive Effekt der körperlichen Bewegung auf die Knochendichte wieder (27, 38, 39, 42, 120, 134-136). Baxter-Jones et al konnten in einer Längsschnittstudie in Kanada zeigen, dass die Vorteile einer häufigen körperlichen Aktivität im Jugendalter auch bis ins junge Erwachsenenalter anhalten (40). In vielen Studien wurde mittels schulbasierender Bewegungsprogramme bei Kindern und Jugendlichen eine Zunahme der Knochendichte durch körperliche Aktivität bestätigt (137-140). Laut Meyer et al (2011) ist der Benefit einer gesteigerten körperlichen Aktivität für die Knochendichte bei präpubertierenden Mädchen und Jungen größer als während oder nach der Pubertät (38).

4.6 Zusammenhang zwischen Ernährung und Knochendichte

4.6.1 Energieaufnahme

Die Referenzwerte der Deutschen Gesellschaft für Ernährung für die Energiezufuhr in kcal pro Tag betragen aktuell für Kinder und Jugendliche im Alter von 10 bis unter 13 Jahren mit einem PAL-Wert (physical activity level) von 1,6 bei Mädchen 2000 kcal/Tag und bei Jungen 2200 kcal/Tag. Der PAL-Wert von 1,6 steht für eine überwiegend sitzende körperliche Aktivität, mit zusätzlichen stehenden/gehenden Tätigkeiten (141).

Im Rahmen der vorliegenden Studie betrug die durchschnittliche Energiezufuhr aller Schulkinder pro Tag $1512,24 \pm 491,96$ kcal – dies weist auf eine deutlich geringere Energieaufnahme hin als in der Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Ernährung. Die tägliche Energieaufnahme der Schulkinder in der vorliegenden Studie gleicht mehr den Ergebnissen der Studie des Bundesministeriums für Gesundheit im Rahmen des Österreichischen Erfahrungsberichtes, in welchem die tägliche Energieaufnahme für Mädchen bei 1731 kcal und für Jungen bei 1940 kcal liegt (142). Die geringere Energieaufnahme könnte durch mangelnde Dokumentation der aufgenommenen Nahrungsmittel sowie Getränke im Rahmen der FFQ, etwa durch das Weglassen von kleinen Snacks oder Süßigkeiten zwischendurch, beeinflusst worden sein. Durch die Analyse konnte man erkennen, dass FFQ, welche mit Hilfe der Eltern ausgefüllt wurden, genauere Angaben zu den Mahlzeiten und Getränken enthielten, als FFQ die von den Kindern selbständig ausgefüllt wurden. Patrick et al (2004) zeigten, dass übergewichtige Jugendliche dazu neigen, in FFQ die Nahrungsaufnahme lückenhaft zu dokumentieren (143). Allerdings gab es in der vorliegenden Erhebung keine Korrelation zwischen dem BMI und der Energieaufnahme der Schulkinder.

Durch die große Auswahl an Lebensmitteln, welche in das EBISpro Programm eingegeben werden können, war eine sehr genaue Spezifizierung der einzelnen Nahrungsmittel und Getränke möglich. Jedoch war in einzelnen Fällen eine exakte Zuteilung von typisch österreichischen Lebensmitteln zu den Lebensmitteln des Bundeslebensmittelschlüssels aus Deutschland nicht möglich.

In dieser Studie konnte weder ein Zusammenhang der Energieaufnahme mit dem BMI noch mit dem Gewicht der Schulkindern bestätigt werden. Dies könnte auf das bereits in der Literatur bekannte systematische „underreporting“ bei Nahrungsmitteln und Getränken in FFQs von übergewichtigen Personen zurückzuführen sein. Zaliah et al (2006) konnten bei übergewichtigen neun- bis elfjährigen Kindern eine höhere Energieaufnahme pro Tag, aber eine geringere Energieaufnahme pro Kilogramm Körpergewicht zeigen (24).

4.6.2 Zusammenhang zwischen Energieaufnahme und Knochendichte

Es konnte in der vorliegenden Studie kein Zusammenhang zwischen der Energieaufnahme und der Knochendichte der Schulkinder gezeigt werden. In der Literatur jedoch konnte bisher in mehreren Studien ein positiver Zusammenhang zwischen der Energieaufnahme und der Knochendichte gezeigt werden (21, 23). Laut Moore et al (2008) korrelierte die Menge der täglichen Nahrungszufuhr signifikant mit der Knochendichte (144).

4.6.3 Calcium–Aufnahme

Milch und Milchprodukte eignen sich besonders gut als Aufnahmequelle für Calcium mit der Nahrung. Da bis zum Ende der Adoleszenz etwa 90 Prozent der „peak bone mass“ aufgebaut wird, ist eine ausreichende Versorgung mit Calcium von großer Bedeutung. Gerade Milchprodukte werden von Schulkindern in zu geringen Mengen konsumiert. Laut Statistik Austria zeigt ein Vergleich der Versorgungsbilanzen von 2010/2011 gegenüber 1990/1991 eine generelle Abnahme des Verbrauches von Trinkmilch (102, 142).

Die tägliche Calcium-Zufuhr der Schulkinder betrug in der vorliegenden Studie durchschnittlich 541,75 mg pro Tag. Nur 4,6 Prozent der Schulkinder haben täglich die empfohlene Tagesdosis von 1100 mg oder mehr Calcium aufgenommen. Diese geringere aufgenommene Menge von Calcium entspricht auch den Ergebnissen des Österreichischen Erfahrungsberichtes (142).

4.6.4 Zusammenhang zwischen Calcium-Zufuhr und Knochendichte

In der vorliegenden Studie konnte kein Zusammenhang zwischen der täglichen Calcium-Zufuhr und der Knochendichte der Schulkinder gezeigt werden. Die Ergebnisse in der Literatur sind jedoch widersprüchlich. In den meistens Studien, in denen der Zusammenhang zwischen der Calcium-Zufuhr und der Knochendichte bei Jugendlichen oder die Auswirkung von Calcium als Nahrungsergänzungsmittel gemessen wurde, bestätigten, dass Calcium nur einen geringen bis gar keinen Einfluss auf die Knochendichte hatte (6, 30, 31, 47, 120). Andere Studien konnten jedoch eine positive Assoziation zwischen der Calcium-Zufuhr und der Knochendichte bestätigen (23, 26, 27). Ferrari et al (2006) konnten in ihrer Studie zeigen, dass die Calcium-Zufuhr bei Jugendlichen mit und ohne bisherige Fraktur ähnlich war und somit keine Aussage über einen Einfluss auf das Frakturrisiko getroffen werden konnte (145).

4.6.5 Zusammenhang zwischen der Vitamin D-Zufuhr und Knochendichte

Die tägliche Vitamin D-Aufnahme in dieser Studie betrug $1,1 \pm 1,70 \mu\text{g}$ pro Tag; diese entspricht der empfohlenen mit der Nahrung aufgenommenen Tagesdosis für Kinder und Jugendliche der Österreichischen Gesellschaft für Ernährung von 1 bis $2 \mu\text{g}$ pro Tag (89).

Es konnte kein Zusammenhang zwischen der Vitamin D-Aufnahme mit der Nahrung und der Knochendichte der Schulkinder gezeigt werden. Die Aussagekraft dieses Ergebnisses ist jedoch nicht signifikant, da rund 80 bis 90 Prozent des Vitamin D im Körper aus der endogenen Synthese stammen, wobei der Vitamin D-Anteil aus der Nahrung nur einen geringen Beitrag zur Vitamin D-Versorgung des eigenen Körpers trägt. Die Aufnahme von Vitamin D durch die Nahrung allein ist daher nicht geeignet, um Aussagen zur Vitamin D-Versorgung zu treffen (142). Durch die Beurteilung von Blutanalysen könnten Aussagen zur Vitamin D-Versorgung getätigt werden. In der Literatur gibt es mehrere Studien, die einen Zusammenhang zwischen der Vitamin D-Versorgung von Jugendlichen und deren Knochendichte zeigen konnten, allerdings wurde bei diesen Studien das Vitamin D-Level des Blutserums als Referenzwert genommen (28, 29).

4.7 Schwächen der Studie und Ausblick auf weitere Forschung

4.7.1 Schwächen der Studie

Das Stadium der Pubertät bei Kindern und Jugendlichen, beschrieben mit der Tanner-Klassifikation, spielt eine wichtige Rolle für die schnelle Gewichtszunahme, den Hormonstatus, Bildung der Skelettreife und Bildung der Knochendichte während der Pubertät (19, 28, 32, 100, 102). Mit der Erhebung dieses wichtigen Einflussfaktors auf die Knochendichte hätten genauere Aussagen im Vergleich der Knochendichte zwischen den Geschlechtern oder den Altersgruppen in dieser Studie getroffen werden können.

In vielen Studien wurde neben dem BMI und dem Gewicht die „lean fat mass“ oder auch „Magermasse“ als aussagekräftige Konstante in Bezug auf die Knochendichte bei Kindern und Jugendlichen bestätigt (7, 11, 112, 119, 146, 147). In dieser Studie wurde die „lean fat mass“ oder die Fettmasse der Schulkinder nicht erhoben.

Die Anzahl der Tage, an welchen der Akzelerometer getragen wurde und somit die Bewegung gemessen wurde, differierte stark zwischen den Schulkindern. Eine annähernd gleiche Tragedauer des Akzelerometers der Schulkinder, sowohl an Wochentagen als auch am Wochenende, hätte eine genauere Vergleichbarkeit der gemessenen körperlichen Bewegung ermöglicht.

Die Erhebungen an den einzelnen Schulen wurden zwischen Januar 2013 und Juli 2013 durchgeführt. Diese große Zeitspanne innerhalb der Studie könnte sowohl die Nahrungsaufnahme der Schulkinder, zum Beispiel durch jahreszeitabhängige Ernährung, als auch die körperliche Bewegung in der Freizeit beeinflusst haben. Jedoch konnte kein signifikanter Unterschied innerhalb der Energie-, Calcium- und Vitamin D-Aufnahme und der zurückgelegten Strecke pro Tag der Schulkinder zwischen den unterschiedlichen Erhebungsmonaten gezeigt werden. Für den Fitnessstest wurden den Schulkindern gleiche Voraussetzungen geboten: der Fitnessstest wurde von einem geschulten Team durchgeführt, die Aufgaben wurden

nicht innerhalb des Teams gewechselt, um einen Performance-Bias zu vermeiden und der DMT wurde immer am Vormittag in den Turnstunden durchgeführt, um die Konzentration der Schulkinder durch einen möglichen Einfluss der Tageszeit nicht zu beeinflussen.

Eine zusätzliche Limitation in dieser Studie war, dass nur eine Schule am Land aber drei Schulen in der Stadt bei der Studie teilgenommen haben. Durch die annähernd gleiche Anzahl der Schulkinder am Land (n=88) und in der Stadt (n=107) wurde diese Schwäche jedoch limitiert.

Auch die mangelnde Compliance der Schulkinder beim Tragen der Akzelerometer und der teilweise mangelhaften Dokumentation der Food Frequency Questionnaires haben die Ergebnisse der Studie beeinflusst.

4.7.2 Ausblick und weitere Forschung

Um eine flächendeckendere Aussage über die Knochendichte von steirischen Schulkindern und den Zusammenhang dieser mit der körperlichen Bewegung und der Ernährung treffen zu können, müsste eine größere Anzahl an unterschiedlichen Schulen in der Steiermark, sowohl am Land als auch in der Stadt, mit einer höheren Anzahl an Schulkindern an der Studie teilnehmen. Diese Studie konnte nur einen minimalen Teil der Schulkinder im Alter von 10 bis 12 Jahren in der Steiermark abdecken.

Weitere Ziele wären eine erneute Studie der gleichen Schulkinder nach der Pubertät, sowie eine weitere Messung im jungen Erwachsenenalter. Zusätzlich zu den bereits durchgeführten Messungen wäre die Erhebung der Tanner-Klassifikation, eine Blutabnahme für die Messung der Mikronährstoffe Calcium und Vitamin D im Blut, sowie die Messung der Magermasse und Fettmasse der Schulkinder eine vielversprechende Grundlage zur weiteren Forschung und eine gute Möglichkeit, die Qualität der erhobenen Daten zu steigern.

Die durchgeführte Studie stieß bereits während der Erhebungsphase auf großes Interesse. Der Landesschulrat für Steiermark, der die Durchführung der Studie an

den steirischen Schulen genehmigte, zeigte sowohl großes Interesse an der Thematik sowie den Ergebnissen der Studie. Eine positive Rückmeldung und Interesse wurde auch vom Lehrpersonal, den Schulkindern sowie den Eltern der teilnehmenden Schulkinder bekundet

4.7.3 Conclusio

Derzeit gibt es wenige wissenschaftlichen Studien, die den Zusammenhang von Ernährung Bewegung und Knochendichte, gemessen mittels quantitativen Ultraschalls, bei Schulkindern im Alter von 10 bis 12 Jahren untersucht haben. Eine Vielzahl von weiteren Studien im gleichen Setting wäre notwendig, um aussagekräftige Ergebnisse für die Schulkinder in der Steiermark treffen zu können. Generell müsste eine Datenbank für Knochendichtewerte, gemessen mittels QUS an den Handphalangen, entwickelt werden, um einen Vergleich zu ermöglichen.

5 Förderung

Die vorliegende Studie wurde durch ein Projekt des Landes Steiermark („Der Zusammenhang zwischen Ernährung, Bewegung und Knochendichte bei steirischen Schulkindern“) gefördert.

Literaturverzeichnis

1. Kurth B, Schaffrath Rosario A. Die Verbreitung von Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland: Ergebnisse des bundesweiten Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS). Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz. 2007;50:736-43.
2. BMG. Gesundheit und Gesundheitsverhalten von österreichischen Schülern und Schülerinnen: Ergebnisse des WHO-HBSC-Survey 2010. Wien; 2010.
3. Fröschl B, Haas S, Wirl C. Prävention von Adipositas bei Kindern und Jugendlichen (Verhalten- und Verhältnisprävention). Köln: Deutsche Institut für Medizinische Dokumentation und Information; 2009 [updated 2009; cited 2015 20.03.2015]; Available from: http://portal.dimdi.de/de/hta/hta___berichte/hta_242_bericht_de.pdf.
4. Berghofer A, Pischon T, Reinhold T, Apovian CM, Sharma AM, Willich SN. Obesity prevalence from a European perspective: a systematic review. BMC Public Health. 2008;8:200.
5. Wolfenstetter SB. Juvenile obesity and comorbidity type 2 diabetes mellitus (T2 DM) in Germany: development and cost-of-illness analysis. Gesundheitswesen. 2006 Oct;68(10):600-12.
6. Loud KJ, Gordon CM. Adolescent bone health. Arch Pediatr Adolesc Med. 2006 Oct;160(10):1026-32.
7. Park JH, Song YM, Sung J, Lee K, Kim YS, Kim T, et al. The association between fat and lean mass and bone mineral density: the Healthy Twin Study. Bone. Apr;50(4):1006-11.
8. Sirola J, Rikkonen T, Tuppurainen M, Honkanen R, Kroger H. Should risk of bone fragility restrict weight control for other health reasons in postmenopausal women?--A ten year prospective study. Maturitas. 2012 Feb;71(2):162-8.
9. Leonard MB, Shults J, Wilson BA, Tershakovec AM, Zemel BS. Obesity during childhood and adolescence augments bone mass and bone dimensions. Am J Clin Nutr. 2004 Aug;80(2):514-23.

10. Nagasaki K, Kikuchi T, Hiura M, Uchiyama M. Obese Japanese children have low bone mineral density after puberty. *J Bone Miner Metab.* 2004;22(4):376-81.
11. Rocher E, Chappard C, Jaffre C, Benhamou CL, Courteix D. Bone mineral density in prepubertal obese and control children: relation to body weight, lean mass, and fat mass. *J Bone Miner Metab.* 2008;26(1):73-8.
12. Dimitri P, Bishop N, Walsh JS, Eastell R. Obesity is a risk factor for fracture in children but is protective against fracture in adults: a paradox. *Bone.* 2012 Feb;50(2):457-66.
13. Goulding A, Taylor RW, Jones IE, McAuley KA, Manning PJ, Williams SM. Overweight and obese children have low bone mass and area for their weight. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2000 May;24(5):627-32.
14. Manias K, McCabe D, Bishop N. Fractures and recurrent fractures in children; varying effects of environmental factors as well as bone size and mass. *Bone.* 2006 Sep;39(3):652-7.
15. Landin LA. Fracture patterns in children. Analysis of 8,682 fractures with special reference to incidence, etiology and secular changes in a Swedish urban population 1950-1979. *Acta Orthop Scand Suppl.* 1983;202:1-109.
16. Landin LA. Epidemiology of children's fractures. *J Pediatr Orthop B.* 1997 Apr;6(2):79-83.
17. Wieseneder E, Grasser G. Kinder- und Jugend- Gesundheitsbericht 2010 für die Steiermark. Gesundheitsziel: Rahmenbedingungen für ein gesundes Leben schaffen. Reduktion von Unfallrisiken und- Folgeschäden. Graz: Amt der Steiermärkischen Landesregierung; 2010.
18. Alam I, Padgett LR, Ichikawa S, Alkhouli M, Koller DL, Lai D, et al. SIBLING family genes and bone mineral density: association and allele-specific expression in humans. *Bone.* 2014 Jul;64:166-72.
19. McGuigan FE, Murray L, Gallagher A, Davey-Smith G, Neville CE, Van't Hof R, et al. Genetic and environmental determinants of peak bone mass in young men and women. *J Bone Miner Res.* 2002 Jul;17(7):1273-9.

20. Mitchell JA, Chesi A, Elci O, McCormack SE, Kalkwarf HJ, Lappe JM, et al. Genetics of Bone Mass in Childhood and Adolescence: Effects of Sex and Maturation Interactions. *J Bone Miner Res.* 2015 Mar 12.
21. Mu M, Wang SF, Sheng J, Zhao Y, Wang GX, Liu KY, et al. Dietary patterns are associated with body mass index and bone mineral density in Chinese freshmen. *J Am Coll Nutr.* 2014;33(2):120-8.
22. Nemet D, Berger-Shemesh E, Wolach B, Eliakim A. A combined dietary-physical activity intervention affects bone strength in obese children and adolescents. *Int J Sports Med.* 2006 Aug;27(8):666-71.
23. Wosje KS, Khoury PR, Claytor RP, Copeland KA, Hornung RW, Daniels SR, et al. Dietary patterns associated with fat and bone mass in young children. *Am J Clin Nutr.* 2010 Aug;92(2):294-303.
24. Zalilah MS, Khor GL, Mirnalini K, Norimah AK, Ang M. Dietary intake, physical activity and energy expenditure of Malaysian adolescents. *Singapore Med J.* 2006 Jun;47(6):491-8.
25. Zwiauer K. Kalzium in der Kinderernährung und Osteoporoseprävention. *Journal für Ernährungsmedizin.* 2003;5(2):30-4.
26. Golden NH, Abrams SA. Optimizing bone health in children and adolescents. *Pediatrics.* 2014 Oct;134(4):e1229-43.
27. Prais D, Diamond G, Kattan A, Salzberg J, Inbar D. The effect of calcium intake and physical activity on bone quantitative ultrasound measurements in children: a pilot study. *J Bone Miner Metab.* 2008;26(3):248-53.
28. Bianchi ML. Osteoporosis in children and adolescents. *Bone.* 2007 Oct;41(4):486-95.
29. Ryan LM, Teach SJ, Singer SA, Wood R, Freishtat R, Wright JL, et al. Bone mineral density and vitamin D status among African American children with forearm fractures. *Pediatrics.* 2012 Sep;130(3):e553-60.
30. VandenBergh MF, DeMan SA, Witteman JC, Hofman A, Trouerbach WT, Grobbee DE. Physical activity, calcium intake, and bone mineral content in children in The Netherlands. *J Epidemiol Community Health.* 1995 Jun;49(3):299-304.

31. Winzenberg T, Shaw K, Fryer J, Jones G. Effects of calcium supplementation on bone density in healthy children: meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ*. 2006 Oct 2006;333(7572):775.
32. Barkmann R, Rohrschneider W, Vierling M, Troger J, de TF, Cadossi R, et al. German pediatric reference data for quantitative transverse transmission ultrasound of finger phalanges. *Osteoporos Int*. 2002 Jan;13(1):55-61.
33. Baroncelli GI. Quantitative ultrasound methods to assess bone mineral status in children: technical characteristics, performance, and clinical application. *Pediatr Res*. 2008 Mar;63(3):220-8.
34. Zhu ZQ, Liu W, Xu CL, Han SM, Zu SY, Zhu GJ. Ultrasound bone densitometry of the calcaneus in healthy Chinese children and adolescents. *Osteoporos Int*. 2007 Apr;18(4):533-41.
35. Blazina S, Bratanic N, Campa AS, Blagus R, Orel R. Bone mineral density and importance of strict gluten-free diet in children and adolescents with celiac disease. *Bone*. 2010 Sep;47(3):598-603.
36. Reix P, Bellon G, Braillon P. Bone mineral and body composition alterations in paediatric cystic fibrosis patients. *Pediatr Radiol*. 2010 Mar;40(3):301-8.
37. Weldon D. The effects of corticosteroids on bone growth and bone density. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 2009 Jul;103(1):3-11; quiz -3, 50.
38. Meyer U, Romann M, Zahner L, Schindler C, Puder JJ, Kraenzlin M, et al. Effect of a general school-based physical activity intervention on bone mineral content and density: a cluster-randomized controlled trial. *Bone*. 2011 Apr 1;48(4):792-7.
39. Tobias JH, Steer CD, Mattocks CG, Riddoch C, Ness AR. Habitual levels of physical activity influence bone mass in 11-year-old children from the United Kingdom: findings from a large population-based cohort. *J Bone Miner Res*. 2007 Jan;22(1):101-9.
40. Baxter-Jones AD, Kontulainen SA, Faulkner RA, Bailey DA. A longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual from adolescence to young adulthood. *Bone*. 2008 Dec;43(6):1101-7.

41. Cohen TR, Hazell TJ, Vanstone CA, Plourde H, Rodd CJ, Weiler HA. A family-centered lifestyle intervention to improve body composition and bone mass in overweight and obese children 6 through 8 years: a randomized controlled trial study protocol. BMC Public Health. 2013;13:383.
42. Janz KF, Burns TL, Levy SM, Torner JC, Willing MC, Beck TJ, et al. Everyday activity predicts bone geometry in children: the iowa bone development study. Med Sci Sports Exerc. 2004 Jul;36(7):1124-31.
43. BMG. [cited 2015 30.01.2015]; Available from: <http://www.gesundeschule.at/>.
44. Lampert T, Richter M. Sozialer Status und Gesundheit von Kindern und Jugendlichen – Ergebnisse der KiGGS-Studie. Deutsches Ärzteblatt. 2009;104:2944-9.
45. Kromeyer-Hauschild K, Wabitsch M, Kunze D. Perzentile für den Body-Mass-Index für das Kindes- und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben. Monatsschrift Kinderheilkunde. 2001;149(8):807-18.
46. Cummings SR, Bates D, Black DM. Clinical use of bone densitometry: scientific review. JAMA. 2002 Oct 16;288(15):1889-97.
47. Barkmann R. Quantitativer Ultraschall. Journal für Mineralstoffwechsel. 2013;20.2:46-50.
48. Gesellschaften DdDWo. Prophylaxe, Diagnostik und Therapie der Osteoporose bei Männern ab dem 60. Lebensjahr und bei postmenopausalen Frauen. 2014 [updated 2014; cited]; Available from: <http://www.dv-osteologie.org/uploads/Leitlinie%202014/DVO-Leitlinie%20Osteoporose%202014%20Kurzfassung%20und%20Langfassung%2018.%2009.%202014.pdf>.
49. Gilsanz V. Bone density in children: a review of the available techniques and indications. Eur J Radiol. 1998 Jan;26(2):177-82.
50. Kann P. Osteodensitometrie und Ultraschalluntersuchungen des Knochens. Orthopädie. 2001;30:437-43.
51. Tothill P. Methods of bone mineral measurement. Phys Med Biol. 1989 May;34(5):543-72.

52. Lewiecki EM. Bone density measurement and assessment of fracture risk. *Clin Obstet Gynecol*. 2013 Dec;56(4):667-76.
53. Mohr A, Barkmann R. Quantitativer Ultraschall zur Osteoporosediagnostik. *Fortschr Röntgenstr*. 2004;176(4):610-7.
54. Joly J, Westhovens R, Borghs H, Peeters H, Tirry J, Nijs J, et al. Reference curve and diagnostic sensitivity for a new ultrasound device for the phalanges [correction of phalanages], the DBMsonic 1200, in Belgian women. *Osteoporos Int*. 1999;9(4):284-9.
55. Baroncelli GI, Federico G, Bertelloni S, de Terlizzi F, Cadossi R, Saggese G. Bone quality assessment by quantitative ultrasound of proximal phalanxes of the hand in healthy subjects aged 3--21 years. *Pediatr Res*. 2001 May;49(5):713-8.
56. Chwalczynska A, Pluskiewicz W, Strycka J, Bolanowski M. Quantitative ultrasound at the hand phalanges in adolescent boys in relation to their pubertal development and physical efficiency. *Endokrynol Pol*. 2013;64(5):353-7.
57. Richter J. Knochendichtemessung mit Ultraschall. Uni Münster; [cited 2015 11.02.2015]; Available from: http://www.tri2b.com/triathlon-training/83-e_3406,parentE_3400.html.
58. Njeh CF, Boivin CM, Langton CM. The role of ultrasound in the assessment of osteoporosis: a review. *Osteoporos Int*. 1997;7(1):7-22.
59. Dencker M, Andersen LB. Health-related aspects of objectively measured daily physical activity in children. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2008 May;28(3):133-44.
60. Sherar LB, Griew P, Esliger DW, Cooper AR, Ekelund U, Judge K, et al. International children's accelerometry database (ICAD): design and methods. *BMC Public Health*. 2011;11:485.
61. Corder K, Brage S, Ekelund U. Accelerometers and pedometers: methodology and clinical application. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2007 Sep;10(5):597-603.

62. de Vries SI, Bakker I, Hopman-Rock M, Hirasing RA, van Mechelen W. Clinimetric review of motion sensors in children and adolescents. *J Clin Epidemiol.* 2006 Jul;59(7):670-80.
63. Oliver M, Schofield GM, Kolt GS. Physical activity in preschoolers: understanding prevalence and measurement issues. *Sports Med.* 2007;37(12):1045-70.
64. Puyau MR, Adolph AL, Vohra FA, Butte NF. Validation and calibration of physical activity monitors in children. *Obes Res.* 2002 Mar;10(3):150-7.
65. Rowlands AV. Accelerometer assessment of physical activity in children: an update. *Pediatr Exerc Sci.* 2007 Aug;19(3):252-66.
66. GmbH A. Aipermotion 440 PC Bedienungsanleitung.
67. Müller C, Winter C, Rosenbaum D. Aktuelle objektive Messverfahren zur Erfassung körperlicher Aktivität im Vergleich zur subjektiven Erhebungsmethoden. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin.* 2010;61(1).
68. Aipermon. [cited 2015 10.02.2015]; Available from: <http://www.aipermon.com/produkte-aim-start.htm>.
69. Bös K. Handbuch Motorische Tests. Göttingen: Hogrefe Verlag; 2001.
70. Fetz F, Kornexl E. Sportmotorische Tests. Wien: ÖBV Pädagogischer Verlag; 1993.
71. Langhans C. Der sportmotorische Test: praktische Anwendung und statistische Auswertung. GRIN Verlag GmbH; 2011.
72. Roth K, Willimczik K. Bewegungswissenschaft. Reinbeck: Rowohlt Verlag; 1999.
73. Neumaier A. Sportmotorische Tests in Unterricht und Training: Grundlagen zur Entwicklung, Auswahl und Anwendung motorischer Testverfahren im Sport. . Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport ed. Schorndorf: Hofmann; 1983.
74. Bös K, Schlenker L. Deutscher Motorik-Test 6-18 (DMT 6-18). Karlsruhe: Forschungszentrum für den Schulsport und den Sport von Kindern und Jugendlichen; [cited 2015 16.01.2015]; Available from: <http://www.sport.kit.edu/dmt/index.php>.

75. Bös K, Schlenker L, Büsch D, Lämmle L, Müller H, Oberger J. Deutscher Motorik-Test 6-18 (DMT 16-18). Feldhaus; 2009.
76. Seidel I, Bös K. Chancen und Nutzen motorischer Diagnostik im Schulsport am Beispiel des DTM 6-18. Sportunterricht. 2012;61(8):228-33.
77. Klein M, Fröhlich M, Emrich E. Sozialstatus, Sportpartizipation und sportmotorische Leistungsfähigkeit. Sport und Gesellschaft. 2011;8(1):54-79.
78. Larsen LR, Kristensen PL, Junge T, Rexen CT, Wedderkopp N. Motor Performance as Predictor of Physical Activity in Children: The CHAMPS Study-DK. Med Sci Sports Exerc. 2014 Dec 23.
79. Zahner L, Puder JJ, Roth R, Schmid M, Guldemann R, Puhse U, et al. A school-based physical activity program to improve health and fitness in children aged 6-13 years ("Kinder-Sportstudie KISS"): study design of a randomized controlled trial [ISRCTN15360785]. BMC Public Health. 2006;6:147.
80. Hinnig Pde F, Mariath AB, Freaza SR, Gambardella AM, Bergamaschi DP. Development of a food frequency questionnaire for children from 7 to 10 years old. Rev Bras Epidemiol. 2014 Apr-Jun;17(2):479-94.
81. Fumagalli F, Pontes Monteiro J, Sartorelli DS, Vieira MN, de Lourdes Pires Bianchi M. Validation of a food frequency questionnaire for assessing dietary nutrients in Brazilian children 5 to 10 years of age. Nutrition. 2008 May;24(5):427-32.
82. Rivas A, Romero A, Mariscal M, Monteagudo C, Hernandez J, Olea-Serrano F. [Validation of questionnaires for the study of food habits and bone mass]. Nutr Hosp. 2009 Sep-Oct;24(5):521-8.
83. Roumelioti M, Leotsinidis M. Relative validity of a semiquantitative food frequency questionnaire designed for schoolchildren in western Greece. Nutr J. 2009;8:8.
84. Erhardt J. EBISpro 2011 für Windows: Ernährungsanamnese, Beratungs- und Informationssystem auf der Grundlage des Bundeslebensmittelschlüssels (BLS). Handbuch. . November 2010.
85. Bendaly EA, DiMeglio LA, Fadel WF, Hurwitz RA. Bone Density in Children with Single Ventricle Physiology. Pediatr Cardiol. 2015 Dec 16;36(4):779-85.

86. Bucur RC, Panjwani DD, Turner L, Rader T, West SL, Jamal SA. Low bone mineral density and fractures in stages 3-5 CKD: an updated systematic review and meta-analysis. *Osteoporos Int.* 2015 Dec 5;26(2):449-58.
87. Sopher AB, Fennoy I, Oberfield SE. An update on childhood bone health: mineral accrual, assessment and treatment. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes.* 2015 Feb;22(1):35-40.
88. e.V. DGfE. Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Calcium.; 2015 [updated 2015; cited 2015 12.02.2015]; Available from: <http://www.dge.de/wissenschaft/referenzwerte/calcium/>.
89. ÖGfE. Neue D-A-CH Referenzwerte für Vitamin D. 2015 [updated 2015; cited 2015 14.02.2015]; Available from: <http://www.oege.at/index.php/wissenschaft-forschung/referenzwerte/2-uncategorised/1935-neue-d-a-ch-referenzwerte-fuer-vitamin-d>.
90. IAEA. Dual energy X ray absorptiometry for bone mineral density and body composition assessment. Vienna: IAEA; 2010 [updated 2010; cited 2015 17.02.2015]; Available from: http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1479_web.pdf.
91. Binkley TL, Berry R, Specker BL. Methods for measurement of pediatric bone. *Rev Endocr Metab Disord.* 2008 Jun;9(2):95-106.
92. Genant HK, Engelke K, Fuerst T, Gluer CC, Grampp S, Harris ST, et al. Noninvasive assessment of bone mineral and structure: state of the art. *J Bone Miner Res.* 1996 Jun;11(6):707-30.
93. Njeh CF, Shaw N, Gardner-Medwin JM, Boivin CM, Southwood TR. Use of quantitative ultrasound to assess bone status in children with juvenile idiopathic arthritis: a pilot study. *J Clin Densitom.* 2000 Fall;3(3):251-60.
94. van Rijn RR, van der Sluis IM, Lequin MH, Robben SG, de Muinck Keizer-Schrama SM, Hop WC, et al. Tibial quantitative ultrasound versus whole-body and lumbar spine DXA in a Dutch pediatric and adolescent population. *Invest Radiol.* 2000 Sep;35(9):548-52.

95. Williams JE, Wilson CM, Biassoni L, Suri R, Fewtrell MS. Dual energy x-ray absorptiometry and quantitative ultrasound are not interchangeable in diagnosing abnormal bones. *Arch Dis Child*. 2012 Sep;97(9):822-4.
96. Dib L, Arabi A, Maalouf J, Nabulsi M, El-Hajj Fuleihan G. Impact of anthropometric, lifestyle, and body composition variables on ultrasound measurements in school children. *Bone*. 2005 Apr;36(4):736-42.
97. Duarte SB, Carvalho WR, Goncalves EM, Ribeiro RR, Farias ES, Magro Dde O, et al. Preliminary comparison between phalangeal quantitative ultrasonography and bone densitometry for bone mass evaluation in adolescents. *Arq Bras Endocrinol Metabol*. 2012 Feb;56(1):19-24.
98. Halaba ZP, Konstantynowicz J, Pluskiewicz W, Kaczmarski M, Piotrowska-Jastrzebska J. Comparison of phalangeal ultrasound and dual energy X-ray absorptiometry in healthy male and female adolescents. *Ultrasound Med Biol*. 2005 Dec;31(12):1617-22.
99. Halaba ZP, Pluskiewicz W. Quantitative ultrasound in the assessment of skeletal status in children and adolescents. *Ultrasound Med Biol*. 2004 Feb;30(2):239-43.
100. Krahenbuhl T, Goncalves EM, Costa ET, Barros Filho AD. Factors that influence bone mass of healthy children and adolescents measured by quantitative ultrasound at the hand phalanges: a systematic review. *Rev Paul Pediatr*. 2014 2014;32(3):266-72.
101. Lequin MH, van Rijn RR, Robben SG, Hop WC, van Kuijk C. Normal values for tibial quantitative ultrasonometry in caucasian children and adolescents (aged 6 to 19 years). *Calcif Tissue Int*. 2000 Aug;67(2):101-5.
102. Ondrak KS, Morgan DW. Physical activity, calcium intake and bone health in children and adolescents. *Sports Med*. 2007;37(7):587-600.
103. Kriemler S, Zahner L, Puder JJ, Braun-Fahrlander C, Schindler C, Farpour-Lambert NJ, et al. Weight-bearing bones are more sensitive to physical exercise in boys than in girls during pre- and early puberty: a cross-sectional study. *Osteoporos Int*. 2008 Dec;19(12):1749-58.

104. Yao M, Ludwa I, Corbett L, Klentrou P, Bonsu P, Gammage K, et al. Bone speed of sound and physical activity levels of overweight and normal-weight girls and adolescents. *Pediatr Exerc Sci*. 2011 Feb;23(1):25-35.
105. Baroncelli GI, Federico G, Vignolo M, Valerio G, del Puente A, Maghnie M, et al. Cross-sectional reference data for phalangeal quantitative ultrasound from early childhood to young-adulthood according to gender, age, skeletal growth, and pubertal development. *Bone*. 2006 Jul;39(1):159-73.
106. Lavado-Garcia JM, Calderon-Garcia JF, Moran JM, Canal-Macias ML, Rodriguez-Dominguez T, Pedrera-Zamorano JD. Bone mass of Spanish school children: impact of anthropometric, dietary and body composition factors. *J Bone Miner Metab*. 2012 Mar;30(2):193-201.
107. Scherrer MJ, Rochat MK, Inci D, Moeller A. Reference equations for ultrasound bone densitometry of the radius in Central European children and adolescents. *Osteoporos Int*. Nov;25(11):2617-23.
108. Cooper C, Dennison EM, Leufkens HG, Bishop N, van Staa TP. Epidemiology of childhood fractures in Britain: a study using the general practice research database. *J Bone Miner Res*. 2004 Dec;19(12):1976-81.
109. Chevalley T, Bonjour JP, van Rietbergen B, Ferrari S, Rizzoli R. Fractures during childhood and adolescence in healthy boys: relation with bone mass, microstructure, and strength. *J Clin Endocrinol Metab*. 2011 Oct;96(10):3134-42.
110. Farr JN, Tomas R, Chen Z, Lisse JR, Lohman TG, Going SB. Lower trabecular volumetric BMD at metaphyseal regions of weight-bearing bones is associated with prior fracture in young girls. *J Bone Miner Res*. 2011 Feb;26(2):380-7.
111. Davidson PL, Goulding A, Chalmers DJ. Biomechanical analysis of arm fracture in obese boys. *J Paediatr Child Health*. 2003 Dec;39(9):657-64.
112. Dimitri P, Wales JK, Bishop N. Fat and bone in children: differential effects of obesity on bone size and mass according to fracture history. *J Bone Miner Res*. 2010 Mar;25(3):527-36.

113. Goulding A, Jones IE, Taylor RW, Manning PJ, Williams SM. More broken bones: a 4-year double cohort study of young girls with and without distal forearm fractures. *J Bone Miner Res.* 2000 Oct;15(10):2011-8.
114. Goulding A, Jones IE, Taylor RW, Williams SM, Manning PJ. Bone mineral density and body composition in boys with distal forearm fractures: a dual-energy x-ray absorptiometry study. *J Pediatr.* 2001 Oct;139(4):509-15.
115. De Schepper J, Van den Broeck M, Jonckheer MH. Study of lumbar spine bone mineral density in obese children. *Acta Paediatr.* 1995 Mar;84(3):313-5.
116. Turner CH, Robling AG. Exercise as an anabolic stimulus for bone. *Curr Pharm Des.* 2004;10(21):2629-41.
117. Lazar-Antman MA, Leet AI. Effects of obesity on pediatric fracture care and management. *J Bone Joint Surg Am.* 2012 May 2;94(9):855-61.
118. Rana AR, Michalsky MP, Teich S, Groner JI, Caniano DA, Schuster DP. Childhood obesity: a risk factor for injuries observed at a level-1 trauma center. *J Pediatr Surg.* 2009 Aug;44(8):1601-5.
119. Cole ZA, Harvey NC, Kim M, Ntani G, Robinson SM, Inskip HM, et al. Increased fat mass is associated with increased bone size but reduced volumetric density in pre pubertal children. *Bone.* 2012 Feb;50(2):562-7.
120. Clark EM, Ness AR, Tobias JH. Vigorous physical activity increases fracture risk in children irrespective of bone mass: a prospective study of the independent risk factors for fractures in healthy children. *J Bone Miner Res.* 2008 Jul;23(7):1012-22.
121. Ma D, Jones G. Television, computer, and video viewing; physical activity; and upper limb fracture risk in children: a population-based case control study. *J Bone Miner Res.* 2003 Nov;18(11):1970-7.
122. Ma D, Jones G. Soft drink and milk consumption, physical activity, bone mass, and upper limb fractures in children: a population-based case-control study. *Calcif Tissue Int.* 2004 Oct;75(4):286-91.
123. Eliakim A, Nemet D, Wolach B. Quantitative ultrasound measurements of bone strength in obese children and adolescents. *J Pediatr Endocrinol Metab.* 2001 Feb;14(2):159-64.

124. Longhi S, Pasquino B, Calcagno A, Bertelli E, Olivieri I, Di Iorgi N, et al. Small metacarpal bones of low quality in obese children. *Clin Endocrinol (Oxf)*. 2013 Jan;78(1):79-85.
125. Hasanoglu A, Bideci A, Cinaz P, Tumer L, Unal S. Bone mineral density in childhood obesity. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2000 Mar;13(3):307-11.
126. Manzoni P, Brambilla P, Pietrobelli A, Beccaria L, Bianchessi A, Mora S, et al. Influence of body composition on bone mineral content in children and adolescents. *Am J Clin Nutr*. 1996 Oct;64(4):603-7.
127. Ellis KJ, Shypailo RJ, Wong WW, Abrams SA. Bone mineral mass in overweight and obese children: diminished or enhanced? *Acta Diabetol*. 2003 Oct;40 Suppl 1:S274-7.
128. BMG. Die österreichischen HBSC-Ergebnisse im internationalen Vergleich. Wien; 2014.
129. WHO. Global recommendations on physical activity for health. Geneva: WHO Press; 2010.
130. Nething K, Stroth S, Wabitsch M, Galm C, Rapp K, Brandstetter, et al. Primärprävention von Folgeerkrankungen des Übergewichts bei Kindern und Jugendlichen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*. 2006;57(2):42-5.
131. Trost SG, Pate RR, Freedson PS, Sallis JF, Taylor WC. Using objective physical activity measures with youth: how many days of monitoring are needed? *Med Sci Sports Exerc*. 2000 Feb;32(2):426-31.
132. Vanhelst J, Fardy PS, Duhamel A, Beghin L. How many days of accelerometer monitoring predict weekly physical activity behaviour in obese youth? *Clin Physiol Funct Imaging*. 2014 Sep;34(5):384-8.
133. Kennedy K, Shepherd S, Williams JE, Ahmed SF, Wells JC, Fewtrell M. Activity, body composition and bone health in children. *Arch Dis Child*. 2013 Mar;98(3):204-7.
134. Janz KF, Burns TL, Torner JC, Levy SM, Paulos R, Willing MC, et al. Physical activity and bone measures in young children: the Iowa bone development study. *Pediatrics*. 2001 Jun;107(6):1387-93.

135. Janz KF, Gilmore JM, Burns TL, Levy SM, Torner JC, Willing MC, et al. Physical activity augments bone mineral accrual in young children: The Iowa Bone Development study. *J Pediatr*. 2006 Jun;148(6):793-9.
136. Janz KF, Letuchy EM, Eichenberger Gilmore JM, Burns TL, Torner JC, Willing MC, et al. Early physical activity provides sustained bone health benefits later in childhood. *Med Sci Sports Exerc*. 2010 Jun;42(6):1072-8.
137. Bradney M, Pearce G, Naughton G, Sullivan C, Bass S, Beck T, et al. Moderate exercise during growth in prepubertal boys: changes in bone mass, size, volumetric density, and bone strength: a controlled prospective study. *J Bone Miner Res*. 1998 Dec;13(12):1814-21.
138. Linden C, Ahlborg HG, Besjakov J, Gardsell P, Karlsson MK. A school curriculum-based exercise program increases bone mineral accrual and bone size in prepubertal girls: two-year data from the pediatric osteoporosis prevention (POP) study. *J Bone Miner Res*. 2006 Jun;21(6):829-35.
139. Macdonald HM, Kontulainen SA, Khan KM, McKay HA. Is a school-based physical activity intervention effective for increasing tibial bone strength in boys and girls? *J Bone Miner Res*. 2007 Mar;22(3):434-46.
140. Morris FL, Naughton GA, Gibbs JL, Carlson JS, Wark JD. Prospective ten-month exercise intervention in premenarcheal girls: positive effects on bone and lean mass. *J Bone Miner Res*. 1997 Sep;12(9):1453-62.
141. DgE. Richtwerte für die Energiezufuhr in kcal/Tag. Bonn; 2015 [updated 2015; cited 2015 07.03.2015]; Available from: <http://www.dge.de/wissenschaft/referenzwerte/energie/>.
142. Elmadfa I, Hasenegger V, Wagner K, Putz P, Weidl N-M, Wottawa D, et al. Österreichischer Ernährungsbericht 2012. Wien; 2012.
143. Patrick K, Norman GJ, Calfas KJ, Sallis JF, Zabinski MF, Rupp J, et al. Diet, physical activity, and sedentary behaviors as risk factors for overweight in adolescence. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 2004 Apr;158(4):385-90.
144. Moore LL, Bradlee ML, Gao D, Singer MR. Effects of average childhood dairy intake on adolescent bone health. *J Pediatr*. 2008 Nov;153(5):667-73.

145. Ferrari SL, Chevalley T, Bonjour JP, Rizzoli R. Childhood fractures are associated with decreased bone mass gain during puberty: an early marker of persistent bone fragility? *J Bone Miner Res.* 2006 Apr;21(4):501-7.
146. Baptista F, Barrigas C, Vieira F, Santa-Clara H, Homens PM, Fragoso I, et al. The role of lean body mass and physical activity in bone health in children. *J Bone Miner Metab.* 2012 Jan;30(1):100-8.
147. Timpson NJ, Sayers A, Davey-Smith G, Tobias JH. How does body fat influence bone mass in childhood? A Mendelian randomization approach. *J Bone Miner Res.* 2009 Mar;24(3):522-33.

6 Annex

6.1 Fragebogen für Eltern

Ernährung, Bewegung und Knochendichte bei steirischen Kindern_Fragebogen für Eltern

Liebe Eltern,

wir freuen uns, dass Sie sich entschlossen haben, ihr Kind an der Erhebung teilnehmen zu lassen!

Wir möchten Sie nun über einige Daten Ihres Kindes und über Ihre eigenen Daten befragen.

- Bitte beantworten Sie alle Fragen vollständig und lassen keine Frage aus.

- Bei einigen Fragen sind mehrere Antworten möglich.

- Bitte beantworten Sie jede Frage ehrlich und ohne lange darüber nachzudenken.

Ihre Antworten unterliegen den Vorschriften des Datenschutzes. Ihre Angaben werden völlig anonym ausgewertet.

Niemand kann feststellen, wer welche Angaben gemacht hat.

1. Wer beantwortet diesen Fragebogen?

- a Mutter
- b Vater
- c Mutter und Vater
- d Großeltern, andere Verwandte
- e Pflegeeltern/Adoptiveltern
- f Betreuer

Angaben zur Mutter

2. Alter der Mutter?

_____ Jahren

3. Größe der Mutter?

_____ cm

4. Gewicht der Mutter?

_____ kg

Angaben zum Vater

5. Alter des Vaters?

_____ Jahren

6. Größe des Vaters?

_____ cm

7. Gewicht des Vaters?

_____ kg

Gesundheitszustand Ihres Kindes

8. Wie würden Sie den Gesundheitszustand Ihres Kindes im Allgemeinen beschreiben?

- a Sehr gut
- b Gut
- c Mittelmäßig
- d Schlecht
- e Sehr schlecht

9. Leidet ihr Kind unter einer chronischen Krankheit?

- a ja
 - b nein
-

10. Wenn ja, unter welcher Krankheit?

11. Benötigt oder nimmt ihr Kind vom Arzt verschriebene Medikamente?

- a ja
b nein

12. Wenn ja welche Medikamente?

Wie lebt ihr Kind

13. Wie häufig spielt ihr Kind im Freien?

- a Fast jeden Tag
b 3-5 mal pro Woche
c 1-2 mal pro woche
d Seltener
e Nie

14. Wie häufig sieht Ihr Kind durchschnittlich pro Woche Fernsehsendungen oder Videofilme?

- a Fast jeden Tag
b 3-5 mal pro Woche
c 1-2 mal pro woche
d Seltener
e Nie

15. Wie lange beschäftigt sich Ihr Kind durchschnittlich pro Woche mit Games/Spielekonsolen?

- a Fast jeden Tag
b 3-5 mal pro Woche
c 1-2 mal pro woche
d Seltener
e Nie

16. Wie lange spielt/sitzt Ihr Kind durchschnittlich pro Woche an einem Computer?

- a Fast jeden Tag
b 3-5 mal pro Woche
c 1-2 mal pro woche
d Seltener
e Nie

17. Erhält Ihr Kind zurzeit eine besondere Ernährung?

- a ja
b nein

18. Wenn ja welche Ernährung?

- A Ohne Fleisch, Geflügel, Wurst
B Ohne Fisch
C Ohne Milch und Milchprodukte
D Ohne Eier
E andere _____

Knochenbrüche

19. Hatte ihr Kind bisher einen Unfall mit Knochenbruch?

- a ja
b nein

20. Wenn ja, wie oft?

- a einmal
b zweimal
c dreimal
d öfter als dreimal

21. Welche(n) Knochen hat sich Ihr Kind gebrochen?

22. Wo hat sich der Unfall mit Knochenbruch ereignet?

- a zu Hause
- b Sonstige private Umgebung (Verwandte, Freunde, im Urlaub..)
- c Öffentliche Verkehrsweg (Straße, Fuss- oder Radweg)
- d Schule (Innenräume, Treppe)
- e Sporthalle/- gelände, Spielplatz (außerhalb der Schule)
- f Öffentliche/s Sporthalle/ - gelände, Spielplatz (außerhalb der Schule)
- g Im Freien (Natur, Park, See, Meer)
- h Unfallort unbekannt

23. Wodurch hat sich der Unfall mit Knochenbruch ereignet? (Mehrfachnennungen möglich)

- A Sturz in der Ebene (Stolpern, Hinfallen etc.)
- B Sturz aus der Höhe (Treppe, Sport- oder Spielgerät etc.)
- C Einklemmen/Einquetschen
- D Verletzen an/mit scharfen/spitzen Gegenständen
- E Badeunfall
- F Gewalt bei tätlicher Auseinandersetzung
- G Zusammenstoß/Zusammenprall (mit Personen oder Gegenständen)
- H Verkehrsunfall

24. Sind Sie der Ansicht, dass Ihr Kind..

- a viel zu dünn ist
- b ein bisschen zu dünn ist
- c genau das richtige Gewicht hat
- d ein bisschen zu dick ist
- e viel zu dick ist

Bitte für beide Elternteile getrennt angeben:

25. Staatsangehörigkeit der Mutter?

26. Höchster Schulabschluss der Mutter?

- a Hauptschulabschluss/Volkschulabschluss
- b Realschulabschluss/Fachhochschule
- c Matura (Gymnasium)
- d Keinen Schulabschluss

27. Abgeschlossene Berufsausbildung der Mutter? (Nennen Sie bitte nur den höchsten Abschluss)

- a Lehre (beruflich-betriebliche Ausbildung)
- b Berufsschule, Handelsschule
- c Fachschule (z.B. Meister-Technikerschule, Berufs-oder Fachakademie)
- d Fachhochschule
- e Universität, Hochschule
- f Kein beruflicher Abschluss
- g Noch in beruflicher Ausbildung

28. Berufstätigkeit der Mutter?

- a nicht berufstätig (Rentner, Student..)
- b arbeitslos
- c vorübergehende Freistellung (z.B. Karenz)
- d Teilzeit oder stundenweise berufstätig
- e voll berufstätig
- f Auszubildender

Bitte für beide Elternteile getrennt angeben:

29. Staatsangehörigkeit des Vaters?

30. Höchster Schulabschluss des Vaters?

- a Hauptschulabschluss/Volkschulabschluss
 - b Realschulabschluss
 - c Matura (Gymnasium)
 - d Keinen Schulabschluss
-

31. Abgeschlossene Berufsausbildung des Vaters? (Nennen Sie bitte nur den höchsten Abschluss)

- a Lehre (beruflich-betriebliche Ausbildung)
 - b Berufsschule, Handelsschule
 - c Fachschule (z.B. Meister-Technikerschule, Berufs-oder Fachakademie)
 - d Fachhochschule
 - e Universität, Hochschule
 - f Kein beruflicher Abschluss
 - g Noch in beruflicher Ausbildung
-

32. Berufstätigkeit des Vaters?

- a nicht berufstätig (Rentner, Student..)
 - b arbeitslos
 - c vorübergehende Freistellung (z.B. Karenz)
 - d Teilzeit oder stundenweise berufstätig
 - e voll berufstätig
 - f Auszubildender
-

Es ist geschafft...

Bitte geben Sie den Fragebogen in den beigelegten Umschlag und schließen Sie diesen. Damit gewähren Sie Ihre Anonymität und schützen Ihre Daten.

Bitte geben Sie das Kuvert Ihrem Kind in die Schule zur Turnstunde mit.

Wir danken Ihnen herzlich für Ihre Mitarbeit!

6.2 Fragebogen für Schulkinder

Ernährung, Bewegung und Knochendichte bei steirischen Kindern_Fragebogen für Schulkinder zwischen 10 und 12 Jahren

Hallo,

wir freuen uns, dass du dich entschlossen hast, an unserer Erhebung teilzunehmen!

Wir möchten nun von dir wissen, wie groß und schwer du bist, was du in deiner Freizeit machst, ob du dir schon einmal einen Knochen gebrochen hast und noch vieles mehr...

- Bitte beantworte alle Fragen vollständig und lass keine Frage aus.
- Kreuze bitte bei jeder Frage nur das an, was auf dich zutrifft.
- Bei einigen Fragen sind mehrere Antworten möglich.
- Bitte beantworte jede Frage ehrlich und ohne lange darüber nachzudenken.
- Du weißt am besten über dich Bescheid!

Damit deine Angaben völlig geheim bleiben, bitten wir dich, deinen Namen nicht auf den Fragebogen zu schreiben.

Auch deine Eltern und Lehrer erfahren nicht, wie du die Fragen beantwortet hast.

Sollte dir etwas unklar sein, so wende dich bitte an uns, wir helfen dir dann.

Angaben zu deiner Person

1. Bist du

a ein Junge?

b ein Mädchen?

2. Wann bist du geboren?

3. In welche Klasse gehst du?

a 1.Klasse

b 2.Klasse

4. Wie groß bist du?

_____cm

5. Wie schwer bist du?

_____kg

6. Glaubst du, dass du..

a viel zu dünn bist?

b ein bisschen zu dünn bist?

c genau das richtige Gewicht hast?

d ein bisschen zu dick bist?

e viel zu dick bist?

7. Bist du mit deinem Gewicht zufrieden?

- a ja
 - b nein
-

8. Wie schätzt du deine körperliche Leistung ein?

- a Sehr gut
 - b Gut
 - c Mittel
 - d Nicht besonders gut
 - e Gar nicht gut
-

Wie lebst du...

9. Wie lange beschäftigst du dich durchschnittlich pro Tag mit Fernseh/Videos?

- a Gar nicht
 - b 30 Minuten
 - c 1-2 Stunden
 - d 3-4 Stunden
 - e Mehr als 4 Stunden
-

10. Wie lange beschäftigst du dich durchschnittlich pro Tag mit Games/Spielekonsole?

- a Gar nicht
 - b 30 Minuten
 - c 1-2 Stunden
 - d 3-4 Stunden
 - e Mehr als 4 Stunden
-

11. Wie lange beschäftigst du dich durchschnittlich pro Tag mit Computer/Internet?

- a Gar nicht
 - b 30 Minuten
 - c 1-2 Stunden
 - d 3-4 Stunden
 - e Mehr als 4 Stunden
-

12. Wie lange beschäftigst du dich durchschnittlich pro Tag mit Musik hören?

- a Gar nicht
 - b 30 Minuten
 - c 1-2 Stunden
 - d 3-4 Stunden
 - e Mehr als 4 Stunden
-

13. Wie lange beschäftigst du dich durchschnittlich pro Tag mit deinem Handy?

- a Gar nicht
 - b 30 Minuten
 - c 1-2 Stunden
 - d 3-4 Stunden
 - e Mehr als 4 Stunden
-

14. Wie oft bist du in deiner Freizeit körperlich aktiv (z.B. Sport, Fahrradfahren usw)?

- a Nie
 - b Jeden Tag
 - c 3-5mal in der Woche
 - d 1-2mal in der Woche
 - e 1-2mal im Monat
-

15. Wie oft bist du in deiner Freizeit körperlich aktiv (z.B. Sport, Fahrradfahren usw.), so dass du richtig ins Schwitzen kommst oder außer Atem bist?

- a jeden Tag
 - b 3-5 Mal in der Woche
 - c 1 bis 2 Mal in der Woche
 - d 1 bis 2 Mal im Monat
-

16. Was machst du in deiner Freizeit am Liebsten? (Mehrfachnennungen möglich)

Knochenbrüche...

17. Hast du dir schon einmal einen Knochen gebrochen?

a ja

b nein

18. Wenn ja, welchen Knochen hast du dir gebrochen?

19. Wenn ja wie oft?

a einmal

b zweimal

c dreimal

d öfter als dreimal

Es ist geschafft...

Wir danken dir herzlich für deine Mitarbeit!

6.3 Erfassungsbogen Deutscher Motorik-Test

Erfassungsbogen



Testdatum: _ . _ . _ _ _ _	ID: _____	Geschlecht: <input type="radio"/> männlich <input type="radio"/> weiblich
Einrichtung, Gruppe, _____	Geburtsdatum: _ . _ . _ _ _ _	Größe: _ , _ _ m
Testort: _____	Uhrzeit: _____	Gewicht: _ _ , _ kg

20m-Sprint <ul style="list-style-type: none"> • Erklärung • Kein Probeversuch • 2 Durchgänge • Externer Starter • Zeitnahme auf Höhe der Ziellinie 	Durchgang 1: _ , _ _ sek	Durchgang 2: _ , _ _ sek	Bester Versuch: _ , _ _ sek
---	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------------

Balancieren rückwärts <ul style="list-style-type: none"> • Erklärung und Demonstration • Pro Balken: 1x vor- und 1x rückwärts zur Probe, dann 2 Durchgänge • Der 1. Schritt zählt nicht • Max. 8 Punkte pro Durchgang 	6cm-Balken 1. _ Schritte 2. _ Schritt	4,5cm-Balken 1. _ Schritte 2. _ Schritte	3cm-Balken 1. _ Schritte 2. _ Schritte	Summe aller Schritte: _ _ Schritte
---	--	---	---	--

Seitliches Hin- u. Herspringen <ul style="list-style-type: none"> • Erklärung und Demonstration • 5 Probesprünge • 2 Durchgänge à 15 sek • 1 Minute Pause zwischen Durchgängen 	Durchgang 1: _ _ Sprünge	Durchgang 2: _ _ Sprünge	Mittelwert: _ _ , _
--	------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------

Rumpfbeuge <ul style="list-style-type: none"> • Erklärung und Demonstration • Kein Probeversuch • 2 Durchgänge • Finger über Fußsohle = Negativer Wert (-); Finger unter Fußsohle = Positiver Wert 	Durchgang 1: +/- _ _ _ , _ cm	Durchgang 2: +/- _ _ _ , _ cm	Bester Versuch: +/- _ _ _ , _ cm
--	---	---	--

Liegestütz <ul style="list-style-type: none"> • Erklärung und Demonstration • 2 Probeversuche • 1 Durchgang à 40 sek 	_____	Anzahl: _____
---	-------	-------------------------

Sit-ups <ul style="list-style-type: none"> • Erklärung und Demonstration • 2 Probeversuche • 1 Durchgang à 40 sek 	_____	Anzahl: _____
--	-------	-------------------------

Standweitsprung <ul style="list-style-type: none"> • Erklärung und Demonstration • Kein Probeversuch • 2 gültige Versuche 	Durchgang 1: _____ cm	Durchgang 2: _____ cm	Bester Versuch: _____ cm
--	---------------------------------	---------------------------------	------------------------------------

6-Minuten-Lauf <ul style="list-style-type: none"> • Erklärung • Kein Probeversuch • Vorher Schnürsenkel kontrollieren! 	Anzahl der Runden: _____	<table border="1" style="width: 100px; height: 100px; text-align: center;"> <tr><td>18</td></tr> <tr><td>9</td></tr> </table>	18	9	Gesamtstrecke: _____ m																												
18																																	
9																																	
Reststrecke: _____ m																																	
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td></tr> <tr><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td></tr> </table>				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																			
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																			



6.4 Food Frequency Questionnaire

ERNÄHRUNGSPROTOKOLL

Teilnehmerkennzahl: _____

Anleitung zum Ausfüllen des Ernährungsprotokolls

1. Allgemeines

- Bitte schreiben Sie das Datum und den Wochentag, den Sie protokollieren, oben auf das Protokollblatt!
- Führen Sie das Protokoll bitte an zwei Werktagen und einem Wochenendtag!
- Sollten die beigelegten Seiten nicht reichen, bitten wir Sie, zusätzliche Seiten ebenfalls mit der Identifikationsnummer, dem Datum des Protokolltages sowie der Seitenzahl zu beschriften.
- Beginnen Sie an jedem Tag eine neue Seite!

2. Spalte 1 (Uhrzeit)

- Bitte notieren Sie hier immer, zu welcher Uhrzeit etwas gegessen oder getrunken wurde.

3. Spalte 2 (Was Sie wiegen sollten)

- Damit wir aus den von Ihnen mühsam gewogenen Nahrungsmitteln und Getränken den genauen Energiegehalt bestimmen können, sollten Sie die exakte Bezeichnung und den ganzen Namen des Produktes eintragen: z.B. „Manner Haselnussschnitten“ oder „Ölz Buttertoast“.
- Teilen Sie bitte alles mit, was gegessen wurde: egal, ob es sich dabei um Snacks, Wasser, Medikamente oder Vitamin- bzw. Mineraltabletten handelt.
- Schreiben Sie bitte jeden Nahrungsbestandteil in eine neue Zeile!
- Messen Sie bitte jeden Nahrungsbestandteil einzeln ab: Brot und Margarine werden also getrennt gewogen und in getrennten Zeilen notiert.
- Wenn Sie etwas kochen, wiegen Sie diesen Teil der Nahrung bitte nach dem Kochen!
- Bitte teilen Sie uns auch mit, wie Sie Ihre Nahrung zubereitet haben: wurde etwas gekocht, gebraten oder vielleicht roh gegessen.
- Damit Ihnen und uns kein Nahrungsbestandteil verloren geht, sollten Sie sämtliche Zutaten schon während der Zubereitung notieren.
- Bei Fleischarten müssen wir wissen, ob es sich um Rind-, Schweine- oder Hühnerfleisch handelt.
- Es ist von besonderer Bedeutung, dass Sie das Salz, welches Sie der Nahrung (auch während des Kochens) zufügen, notieren und mitteilen!

4. Spalte 4 (Aktivitäten)

- Um abschätzen zu können, wie groß die Belastung für den Bewegungsapparat (also Knochen und Muskulatur) ist, möchten wir Sie bitten, in dieser Spalte einzutragen, wann und wie Ihr Kind körperlich belastet war.
- Als Belastung zählen Aktivitäten wie Sport in Freizeit oder Schule, aber auch der Gang zur Bus- oder Bahnhaltestelle oder Gartenarbeit.
- Als Aktivitäten im Sinne dieses Ernährungsprotokolls zählen **nicht**: Computer spielen, Fernsehen, Hausaufgaben u.ä.

5. Auswärts essen

- Nicht gewogene Nahrungsmittel schätzen Sie bitte so gut wie möglich ab.
- Für Reis, Gemüse oder Spaghetti verwenden Sie bitte Tassen, Tee- oder Esslöffel als Maßeinheit.
- Bitte schätzen Sie nicht in Gramm!
- Schreiben Sie die Hauptzutaten der Mahlzeiten auf.
- Tragen Sie die Herkunft der Mahlzeiten ein, z.B. „McDonalds“ o.ä.
- Vermerken Sie auch das Gewicht, das auf Verpackungen, Dosen und anderen Behältern steht.

6. Nahrungsmittel, die nur in kleinen Mengen gegessen wurden

- Bei Zucker, Salz oder ähnlichem kann es evtl. für Sie einfacher sein, wenn Sie diese nicht wiegen, sondern in Eß- oder Teelöffeln angeben.

7. Getränke

- Hier kann es wiederum einfacher sein, mit einem Messbecher die Menge in Millilitern zu messen und aufzuschreiben.
- Bei einem mit Wasser verdünnten Sirup messen und notieren Sie bitte zunächst die Sirupmenge und anschließend – auch wieder für sich – die zugefügte Wassermenge.
- Auch bei der Verdünnung von Fruchtsäften (z.B. zu einem gespritzten Apfelsaft) bitten wir Sie, Wasser und Fruchtsaft jeweils getrennt zu messen und zu vermerken.

8. Pausenbrote

- Bitte wiegen Sie die Pausenbrote bei der Zubereitung.
- Schreiben Sie ebenfalls jede Extramahlzeit in der Schule auf dem Ernährungsplan auf (z.B. Kipferl, Duplo, etc.)
- Beim Mittagessen in Schule und Hort verfahren Sie bitte wie beim „Auswärts essen“.

9. Was tun, wenn Sie das Wiegen vergessen haben

- Schätzen Sie bitte dann möglichst genau die Menge der einzelnen Nahrungsbestandteile und tragen Sie diese am betreffenden Tag ein.

Bitte gib das Ernährungsprotokoll zusammen mit dem Bewegungsmesser am _____verlässlich wieder ab!!!

Identifikationsnummer: _____

Protokolldatum:.....

Wochentag:.....

Spalte 1	Spalte 2	Spalte 3	Spalte 4
Uhrzeit	Name, Art, Markenname und Zubereitungsart der Nahrung	Gewicht	Aktivitäten
07.00	Weizenmischbrot 1 Scheibe	50 g	
	Butter	10 g	
	Gouda, 45 % Fett i. Tr., 1 Scheibe	25 g	
	Vollmilch 3,7 % Fett, 1 Glas	200 ml	
07.45			10 min Gehen zur Bushaltestelle
10.30	1 Fruchtzweig Frischkäsezubereitung Halbfettstufe	50 g/100 g	
10.45 - 11.30			Schulsport (15 min Dauerlauf, 30 min Volleyball)
12.00			10 min Gehen von der Bushaltestelle
12.30	Kartoffeln gekocht	150 g	
	In Butter geschwenkt	15 g	
	Erbsen und Karotten aus der Dose	125 g	
	„Einbrenn“ aus 5 g Butter und 5 g Mehl		
	Bratwurst (grob) in 10 g Butter gebraten	140 g	
15.30	1/12 Stück Topfentorte siehe Rezept	125 g	
	Kaffee mit 10 g Kondensmilch 10 % Fett		
16.00 - 17.30			Gartenarbeit
18.00	½ Pizza mit Salami und Käse (tiefgefroren von Iglo)	175 g	
	Cola	250 ml	

6.5 Einladungsschreiben für Eltern und Schulkinder



Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie
Department of Paediatric and Adolescent Surgery
Landeskrankenhaus - Universitätsklinikum
Medical University of Graz
Vorstand/Head: o. Univ.Prof. Dr. M. E. Höllwarth
Auenbruggerplatz 34, A-8036 Graz, Austria/EUROPE
☎ +43/316/385-13762; ☎ +43/316/385-13775;
✉ kinderchirurgie@medunigraz.at; www.pediatric-surgery.at



Medizinische Universität Graz

Steiermärkische Krankenanstaltenges. m.b.H.

Ass.-Prof. Priv.-Doz. Dr.med.univ. Georg Singer
Klin. Abteilung für allgemeine Kinder- und Jugendchirurgie
Auenbruggerplatz 34
8036 Graz
Tel.: +43/316/385-83722
Email: georg.singer@medunigraz.at

Klinische Abteilung für Allg. Kinder- und Jugendchirurgie
Division of Paediatric and Adolescent Surgery
o. Univ.Prof. Dr. M.E. Höllwarth

Klinische Abteilung für Kinderorthopädie
Division of Paediatric Orthopaedics
Univ.Prof. Dr. W.E. Linhart

Wissenschaftliche. Abt. für Unfallforschung und -prophylaxe
Division of Trauma Research and Accident Prevention
PD Dr. A.M. Weinberg

Sportmedizinische Untersuchungsstelle des Landes Steiermark
ao. Univ.Prof. Dr. P. H. Schober

Research Unit „Experimental Fetal Surgery and Tissue Engineering“
PD Dr. A.K. Saxena

Liebe(r) SchülerIn, liebe Eltern!

Ihr/e Direktor/n hat uns die Möglichkeit gegeben, an deiner Schule / Schule ihres Kindes eine Erhebung über den Zusammenhang zwischen Ernährung, Bewegung und Knochendichte bei 10-12jährigen Schulkindern durchzuführen.

Wir möchten folgende Erhebungen durchführen:

Um die Fitness Ihres Kindes zu testen, wird im Turnunterricht ein Fitnessstest durchgeführt. Du/Ihr Kind bekomm(s)t ein kleines Gerät (Bewegungsmesser), welches du/Ihr Kind z.B. an deinem Gürtel tragen kannst, um 1 Woche lang deine Bewegung/Bewegung Ihres Kindes zu messen.

Zusätzlich würden wir dich/Ihr Kind bitten, an drei Tagen hintereinander genau aufzuschreiben, was du/Ihr Kind gegessen oder getrunken hast/hat.

Im Turnunterricht werden wir an den Fingern die Knochendichte mittels Ultraschall messen. Diese Untersuchung tut nicht weh.

Mittels eines Fragebogens für dich und deine Eltern werden noch weitere Daten (Größe, Gewicht, Bewegungsverhalten etc.) erhoben. Wir bitten Sie/dich um ehrliche Antworten bzw. Angaben.

Alle Untersuchungen werden im Turnunterricht durchgeführt und bedeuten daher keinen zusätzlichen zeitlichen Aufwand.

Die Untersuchungen sind streng vertraulich und die Ergebnisse werden nicht an Mitschüler oder der/dem DirektorIn weitergegeben.

Falls nichts gegen eine Teilnahme an unserer Erhebung spricht, bitten wir dich und deine Eltern, die mitgegebene Einverständniserklärung auszufüllen. Ebenso bitten wir Sie den mitgegebenen Fragebogen für die Eltern auszufüllen, diesen mit der Einverständniserklärung in das mitgegebene Kuvert zu geben und das verschlossene Kuvert wieder in der Schule abzugeben.

Wir hoffen auf eine positive Antwort und verbleiben mit freundlichen Grüßen,

Dr. med. univ. Georg Singer

Christin Schmölzer, B.Sc., MPH