

Technische Universität München

Lehrstuhl für Präventive und Rehabilitative Sportmedizin

Das metabolische Syndrom und seine Parameter bei Kindern und Jugendlichen.

Eine 42-monatige Analyse der Interventionsstudie

„Kinder und Jugendliche als Gesundheitsexperten – JuvenTUM Stufe 3“

Jan Philipp Mühlbayer

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen
Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Medizin

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender:

Univ.-Prof. Dr. E. J. Rummeny

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr. M. Halle

2. Univ.-Prof. Dr. J. J. Hauner

Die Dissertation wurde am 10.03.2015 bei der Technischen Universität
München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 21.09.2016
angenommen.

1. EINLEITUNG: KINDESALTER, ÜBERGEWICHT UND METABOLISCHES SYNDROM.....	5
1.1 EPIDEMIOLOGIE	5
1.2 FOLGEN DER KINDERADIPOSITAS	5
1.3 MÖGLICHKEITEN VON SCHULBASIERTER ADIPOSITASPRÄVENTION	6
2. STAND DER FORSCHUNG	8
2.1 DAS METABOLISCHE SYNDROM IM KINDES- UND JUGENDALTER.....	8
2.2 ANTHROPOMETRISCHE PARAMETER.....	13
2.2.1 Body-Mass-Index, BMI-Perzentile und BMI-SDS	13
2.2.2 Bauchumfang	15
2.3 BLUTDRUCK	16
2.4 BLUTWERTE: HDL-CHOLESTERIN, TRIGLYCERIDE UND NÜCHTERN-GLUCOSE.....	17
2.5 FRAGESTELLUNGEN.....	18
3. STUDIENDESIGN UND METHODEN	19
3.1 STUDIENDESIGN.....	19
3.2 ZIELE DER STUDIE	19
3.3 STUDIENINHALTE.....	20
3.4 STUDIENUNTERSUCHUNGEN	23
3.4.1 Body-Mass-Index und Bauchumfang	23
3.4.2 Blutabnahme und Blutuntersuchung.....	24
3.4.3 Blutdruckmessung	25
3.4.4 Untersuchung des metabolischen Syndroms.....	25
3.5 STATISTISCHE ANALYSE.....	26
4. ERGEBNISSE	27
4.1 BASISDATEN ZU STUDIENBEGINN (VISIT 1)	27
4.1.1 Überblick über die Studienpopulation	27
4.1.2 BMI, BMI-SDS und BMI-Perzentile der Gesamtpopulation bei Visit 1	28
4.1.3 Bauchumfang und Bauchumfang-Perzentile bei Visit 1	30
4.1.4 Der systolische und diastolische Blutdruck bei Visit 1	32
4.1.5 HDL-Cholesterin, Triglyceride und Nüchtern-Glucose bei Visit 1	34
4.1.6 Das metabolische Syndrom unter Verwendung der IDF-Definition bei Visit 1	39
4.1.7 Das metabolische Syndrom unter Verwendung der modifizierten Grenzwerte für Triglyceride der AGA bei Visit 1	42
4.2 AUSWIRKUNG DER INTERVENTION ÜBER DEN ZEITRAUM VON 18 MONATE (VISIT 1-3) AUF DIE STUDIENPOPULATION	45
4.2.1 Body-Mass-Index, BMI-SDS und Perzentilen-Kategorie des Body-Mass-Index nach 18-monatiger Intervention.....	46
4.2.2 Bauchumfang und Perzentilen-Kategorie des Bauchumfangs nach 18-monatiger Intervention	50
4.2.3 Der systolische und diastolische Blutdrucks nach 18-monatiger Intervention.....	52
4.2.4 HDL-Cholesterin, Triglyceride und Nüchtern-Glucose nach 18-monatiger Intervention.....	54

1. Einleitung: Kindesalter, Übergewicht und metabolisches Syndrom

4.2.5 Das metabolische Syndrom unter Verwendung der IDF-Definition nach 18-monatiger Intervention.....	62
4.2.6 Das metabolische Syndrom unter Verwendung der modifizierten Grenzwerte für Triglyceride der AGA nach 18-monatiger Intervention	66
4.3 AUSWIRKUNG DER INTERVENTION ÜBER DEN ZEITRAUM VON 42 MONATE (VISIT 1-5) AUF DIE STUDIENPOPULATION	70
4.3.1 Body-Mass-Index, BMI-SDS und Perzentilen-Kategorie des Body-Mass-Index nach 42-monatiger Intervention.....	70
4.3.2 Bauchumfang und Perzentilen-Kategorie des Bauchumfangs nach 42-monatiger Intervention	75
4.3.3 Der systolische und diastolische Blutdrucks nach 42-monatiger Intervention.....	77
4.3.4 HDL-Cholesterin, Triglyceride und Nüchtern-Glucose nach 42-monatiger Intervention.....	79
4.3.5 Das metabolische Syndrom unter Verwendung der IDF-Definition nach 42-monatiger Intervention.....	87
4.3.6 Das metabolische Syndrom unter Verwendung modifizierter Grenzwerte für Triglyceride der AGA nach 42-monatiger Intervention	91
5. DISKUSSION	96
DER BODY-MASS-INDEX UND BMI-SDS NACH 18- UND 42-MONATIGER INTERVENTION	97
DER BAUCHUMFANG NACH 18- UND 42-MONATIGER INTERVENTION	98
DER SYSTOLISCHE UND DIASTOLISCHE BLUTDRUCK NACH 18- UND 42-MONATIGER INTERVENTION ...	100
DIE BLUTWERTE NACH 18- UND 42-MONATIGER INTERVENTION	101
DAS METABOLISCHE SYNDROM IM KINDES- UND JUGENDALTER NACH 18- UND 42-MONATIGER INTERVENTION	105
LIMITATIONEN UND STÄRKEN	107
6. ZUSAMMENFASSUNG	109
7. ABSTRACT	110
EINLEITUNG.....	110
MATERIAL UND METHODIK.....	110
ERGEBNISSE	111
DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNG.....	112
TABELLENVERZEICHNIS	114
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	116
LITERATURVERZEICHNIS	118
SELBSTSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG	123
DANKSAGUNG	124

Abkürzungsverzeichnis:

AGA: Arbeitsgemeinschaft für Adipositas im Kindes- und Jugendalter

AHA: American Heart Association

BMI: Body-Mass-Index

BP: Blutdruck

BU: Bauchumfang

CI: Konfidenzintervall

cm: Zentimeter

DBP: Diastolischer Blutdruck

Glu: Nüchtern-Glucose

HDL-C: High Density Lipoprotein-Cholesterin

IDF: International Diabetes Federation

IS: Interventionsschulen

kg: Kilogramm

KS: Kontrollschulen

m: Meter

Met-Syn: Metabolisches Syndrom

mm Hg: Millimeter-Quecksilbersäule

N-Met: Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom

NCEP/ATP III: National Cholesterol Education Program

SBP: Systolischer Blutdruck

TAG: Triglyceride

WHO: World Health Organisation

1. Einleitung: Kindesalter, Übergewicht und metabolisches Syndrom

1.1 Epidemiologie

In den letzten Jahrzehnten zeigte sich ein konstanter Anstieg der Prävalenz von Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen. In der Europäischen Union stieg die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas in den 1980er Jahren um durchschnittlich 0,5 % pro Jahr und in den 1990er Jahren um mehr als 1 % pro Jahr. Konnte man im Jahr 2006 in der Europäischen Union noch 22 Millionen Kinder als übergewichtig einstufen, so waren dies im Jahr 2010 bereits geschätzte 26 Millionen Kinder (Jackson-Leach, 2006, 29f).

Die Daten des Robert Koch-Instituts aus den Jahren 2003 – 2006 im Rahmen der KiGGS-Studie zeigen für Deutschland einen ähnlichen Anstieg. Verglichen mit den von Kromeyer-Hauschild entwickelten Referenzdaten, mit denen anhand verschiedener deutscher Stichproben aus den Jahren 1985 – 1999 für Deutschland gültige Perzentilen-Kurven für den Body-Mass-Index entwickelt wurden (Kromeyer-Hauschild, 2001, 809), stieg die Rate an übergewichtigen Kindern von 10 % auf 15 %. Als adipös waren anstatt 3 % in der Referenzgruppe in der KiGGS-Studie bereits 6,3 % einzustufen (Kurth, 2007b, 737).

1.2 Folgen der Kinderadipositas

Diese Zahlen sind alarmierend, da Adipositas eine erhöhte Morbidität und später auch eine erhöhte Mortalität begünstigt. Anhand aktueller Prävalenzen von mit Adipositas assoziierten Erkrankungen berechnete Lobstein 2006 die Anzahl an betroffenen Kindern und Jugendlichen im Alter von 10 – 17 Jahren. Demnach weisen in der Europäischen Union 1,72 Millionen Kinder und Jugendliche eine Hyperinsulinämie auf, 1,11 Millionen Bluthochdruck, 1,12 Millionen erhöhte Gesamtcholesterinspiegel, 1,09 Millionen erhöhte Triglyceridwerte, 960.000 erhöhtes LDL-Cholesterin, 950.000 erniedrigtes HDL-Cholesterin und 420.000 eine gestörte Glucose-Toleranz. Bei 27.000 Kindern und Jugendlichen ist bereits ein Diabetes Mellitus Typ 2 festzustellen. Bei 1,21 Millionen Kindern lässt sich ein metabolisches Syndrom diagnostizieren, d. h. eine pathologische Veränderung von mindestens drei der folgenden Parametern: Blutdruck, zentrale Fettmasse, HDL-Cholesterin, Triglyceride und Blutglucosespiegel (Lobstein, 2006, 39).

Außerdem lässt sich Hyperinsulinismus bei Kindern und Jugendlichen mit der Entwicklung eines metabolischen Syndroms im Erwachsenenalter in Verbindung bringen (Raitakari,

1995, 1042). Tritt ein metabolisches Syndrom bereits im Kindesalter auf, so fördert dies das Auftreten von Diabetes Mellitus Typ II im Erwachsenenalter (Morrison, 2008, 201). Auch Übergewicht (Morrison, 2008, 203) und Bluthochdruck (Sun, 2007, 242) bleiben oft vom Kindesalter bis ins Erwachsenenalter bestehen. Damit wird bereits in jungen Jahren der Grundstein für kardiovaskuläre Ereignisse wie Herzinfarkt oder Schlaganfall gelegt.

Ebenso wurden Zusammenhänge zwischen kindlichem Übergewicht und erhöhten Aminotransferasen (Strauss, 2000, 730), Fettleber (Arslan, 2005, 25), Proteinurie (Savino, 2010, 306), Asthma (Figueroa-Munoz, 2001, 137) und Schlafapnoesyndrom (Redline, 1999, 1529) festgestellt. Durch das erhöhte Gewicht steigt jedoch nicht nur das Risiko für internistische, sondern auch für orthopädische Erkrankungen. So erleiden übergewichtige Kinder im Falle eines Sturzes häufiger Unterarmfrakturen als normalgewichtige Gleichaltrige (Goulding, 1998, 147), (Goulding, 2001, 513).

Auch der Leidensdruck durch Hänseleien und Stigmatisierung ist groß und viele adipöse Kinder und Jugendliche leiden unter einem niedrigen Selbstwertgefühl, depressiven Symptomen und Suizidgedanken (Eisenberg, 2003, 735). Adipositas kann daher als ein Auslöser für eine Kaskade an Folgeerkrankungen angesehen werden, die die Betroffenen in physischer und psychischer Hinsicht belasten.

Auch die Kosten, die für die Gesellschaft entstehen, sind enorm. Im Jahr 2002 lagen die geschätzten Gesundheitsausgaben für direkte und indirekte Kosten von Übergewicht in den 15 Mitgliedsstaaten der Europäischen Union bei 32 Milliarden Euro (Fry, 2005, 360). Müller-Riemenschneider kommt in seiner Meta-Analyse verschiedener Studien ebenfalls zu dem Schluss, dass die Adipositas-assoziierten Gesundheitskosten eine substantielle ökonomische Bürde in Europa ausmachen und aufgrund der steigenden Prävalenz von Überernährung ein weiterer Anstieg der Kosten zu erwarten ist (Muller-Riemenschneider, 2008, 499).

1.3 Möglichkeiten von schulbasierter Adipositasprävention

Aufgrund dieser gesundheitlichen wie ökonomischen Folgen kommt der Prävention von Übergewicht eine immer größere Bedeutung zu. Auch wenn es bisher nur begrenzt möglich ist, Rückschlüsse auf die Effektivität von schulbasierten Programmen zur Prävention von Übergewicht bei Kindern zu ziehen (Kropski, 2008, 1016), so kann in der Schule doch durch gezielte Intervention Einfluss auf die Entwicklung von Kindern genommen werden. Hierbei sollte sowohl der Sportunterricht in der Schule als auch das Betreiben von Sport in der Freizeit gefördert werden. Darüber hinaus kann in der Schule gezielt Wissen zum

Thema Ernährung vermittelt werden. Entspricht Schul-Essen durch Cateringunternehmen oder Schulkioske den Empfehlungen für eine gesunde Ernährung, so kann dies ebenfalls den präventiven Effekt schulbasierter Intervention unterstützen. Auch sollte ein angemessener Umgang mit den Medien vermittelt werden. Dieser Einfluss der Schule wird durch die größere Anzahl an Ganztagschulen und einer damit verbundenen längeren Zeit, welche die Kinder in der Schule verbringen, noch steigen (Brandt, 2010, 208).

Um die Prävention an Schulen in Bayern zu verbessern, wurde, aufbauend auf dem Projekt „Grundschulkinder als Gesundheitsexperten“ des Lehrstuhls für Präventive und Rehabilitative Sportmedizin der TU München, welches von 2005 – 2008 an Grundschulen durchgeführt wurde, ein Interventionsprogramm zur Prävention von Übergewicht und Adipositas an Mittel- und Realschulen durchgeführt. Das schulbasierte Präventionsprojekt „Kinder und Jugendliche als Gesundheitsexperten – JuvenTUM Stufe 3“ ist auf vier Jahre ausgelegt, und beinhaltet in dieser Zeit fünf Untersuchungen der Kinder (Visits).

Diese Arbeit soll Aufschluss darüber geben, inwiefern bereits im Kindes- und Jugendalter Übergewicht und Adipositas und das metabolische Syndrom miteinander verknüpft sind. Darüber hinaus wird untersucht, ob im Verlauf des Projektes nach 18 und 42 Monaten ein interventionsspezifischer Unterschied von Übergewicht und Adipositas sowie der Parameter des metabolischen Syndroms feststellbar ist.

2. Stand der Forschung

Die gesundheitlichen Auswirkungen von Adipositas sind gravierend. Adipositas im Kindesalter verursacht schwere Komplikationen und steigert das Risiko dauerhafter Krankheiten im späteren Leben (Ebbeling, 2002, 473). Auch kann ein Tracking des Body-Mass-Index (Deshmukh-Taskar, 2006, 54) sowie von erhöhten Blutdruckwerten (Bao, 1995, 663) bis ins Erwachsenenalter beobachtet werden. Insgesamt wird durch Übergewicht das Risiko für das Auftreten von verschiedenen kardiovaskulären Faktoren bei Kindern und Jugendlichen erhöht (Freedman, 1999, 1179). Im Folgenden werden diejenigen Faktoren, die in dieser Arbeit untersucht wurden, ausführlicher dargestellt.

2.1 Das metabolische Syndrom im Kindes- und Jugendalter

Das metabolische Syndrom bezeichnet einen Cluster an Symptomen, die in besonderer Weise die allgemeine und kardiovaskuläre Gesundheit beeinflussen. Hierzu gehören Übergewicht und insbesondere eine zu hohe abdominelle Fettmasse, gestörte Insulinresistenz, erhöhter Blutdruck und Veränderungen im Lipidprofil. Zur Diagnostizierung des metabolischen Syndroms bei Erwachsenen wurden verschiedene Definitionen herausgegeben (**Tabelle 1**).

Tabelle 1: Übersicht über Klassifikationen des metabolischen Syndroms im Erwachsenenalter

Parameter	WHO (Alberti, 1998)	NCEP/ATP III (2002)	AHA (Grundy, 2005, 2739)	IDF (Zimmet, 2005, 298)
BU		≥102 cm bei ♂ ≥88 cm bei ♀	≥102 cm bei ♂ ≥88 cm bei ♀	≥94 bei ♂ ≥80 bei ♀ (nur für Europäer)
BMI	BMI >30 kg/m ²			Falls BMI >30 kg/m ² kann erhöh- ter BU angenom- men werden
TAG	≥150 mg/dl	≥150 mg/dl	≥150 mg/dl oder spezifische Be- handlung	≥150 mg/dl oder spezifische Be- handlung
HDL-C	<35 mg/dl bei ♂ <39 mg/dl bei ♀	<40 mg/dl bei ♂ <50 mg/dl bei ♀	<40 mg/dl bei ♂ <50 mg/dl bei ♀	<40 mg/dl bei ♂ <50 mg/dl bei ♀ oder spezifische Behandlung
BP	≥140/90 mm Hg	≥130/85 mm Hg	≥130/85 mm Hg oder spezifische Behandlung	≥130/85 mm Hg oder spezifische Behandlung
Glucose-Metabo- lismus	Erhöhter Glucose- toleranztest, Er- höhte Glu oder DM2	Glu >110 mg/dl	Glu ≥100 mg/dl oder Behandlung für erhöhte Glucose	Glu ≥100 mg/dl oder DM2
Insulinresistenz	>75. Perzentile	Nein	Nein	Nein
Microalbuminurie	Ja	Nein	Nein	Nein

WHO: World Health Organisation; **NCEP/ATP III:** National Cholesterol Education Program; **AHA:** American Heart Association; **IDF:** International Diabetes Federation; **BU:** Bauchumfang; **BMI:** Body-Mass-Index; **TAG:** Triglyceride; **HDL-C:** HDL-Cholesterin; **BP:** Blutdruck; **Glu:** Nüchtern-Glucose; **DM2:** Diabetes Mellitus Typ 2

Erwachsene, bei denen ein metabolisches Syndrom diagnostiziert wird, haben ein höheres Risiko, an kardiovaskulären Ereignissen zu versterben als solche ohne ein metabolisches Syndrom (Katzmarzyk, 2006, 406).

Jugendliche mit metabolischem Syndrom haben zwischen 2,7- und 3,4-mal öfter im Erwachsenenalter ein metabolisches Syndrom verglichen mit Kindern ohne Risikofaktoren. Das Risiko erhöht sich mit zunehmender Anzahl der einzelnen Risikofaktoren (Magnussen, 2010, 1606). Auch weisen 19,4 % der Kinder mit metabolischem Syndrom nach 25 Jahren

eine kardiovaskuläre Erkrankung auf. Bei Kindern ohne metabolischem Syndrom sind dies 1,5 % (Morrison, 2007, 343).

Der Anstieg von Übergewicht und Adipositas im Kindes- und Jugendalter und die damit verbundenen gesundheitlichen Auswirkungen haben dazu geführt, dass internationale Definitionen zur Erkennung des metabolischen Syndroms im Kindesalter entwickelt wurden. Hierbei wurde versucht, die für das Erwachsenenalter geltenden Definitionen durch Modifizierung auf Kinder und Jugendliche zu übertragen (**Tabelle 2**).

Tabelle 2: Übersicht über Klassifikationen des metabolischen Syndroms im Kindesalter

Parameter	Mod. WHO (Goodman, 2004, 446)	Mod. NCEP/ATP III (Cook, 2003, 822)	Mod. NCEP/ATP III (de Ferranti, 2004, 2495)
BU	≥102 cm bei ♂ ≥88 cm bei ♀	≥90. Perzentile für Alter und Geschlecht	>75. Perzentile für Alter und Geschlecht
BMI	BMI ≥ 95. Perzentile		
TAG	≥150 mg/dl	≥110 mg/dl	≥100 mg/dl
HDL-C	<35 mg/dl bei ♂ <39 mg/dl bei ♀	≤40 mg/dl	<50 mg/dl <45 mg/dl (bei ♂ zwi- schen 15 und 19 Jahren)
BP	≥130/85 mm Hg	≥90. Perzentile für Alter, Geschlecht und Größe	≥90. Perzentile für Alter, Geschlecht und Größe
Glucose-Metabolismus	Glu ≥110 mg/dl oder DM2	Glu ≥110 mg/dl	Glu ≥110 mg/dl
Hyperinsulinämie	>75. Perzentile	Nein	Nein
Kriterien	Erhöhte Glu, DM2 oder Hyperinsulinämie plus 2 weitere	3 von 5	3 von 5

Parameter	Mod. IDF (Zimmet, 2007, 304)
BU	6-10 Jahre: ≥90. Perzentile → keine Diagnose für ein metabolisches Syndrom möglich sondern Empfehlung für Prävention 10-16 Jahre: ≥90. Perzentile oder Grenzwerte für Erwachsene falls niedriger 16+: ≥94 cm bei ♂, ≥80 cm bei ♀
TAG	10-16 Jahre: ≥150 mg/dl 16+: ≥150 mg/dl oder spezifische Behandlung
HDL-C	10-16 Jahre: <40 mg/dl 16+: <40 mg/dl bei ♂, <50 mg/dl bei ♀ oder spezifische Behandlung
BP	10-16 Jahre: ≥130/85 mm Hg 16+: ≥130/85 mm Hg oder spezifische Behandlung
Glucose-Meta- bolismus	10-16 Jahre: ≥100mg/dl 16+: ≥100mg/dl oder bekannter DM2
Kriterien	Erhöhter Bauchumfang plus 2 weitere Kriterien

Mod: modifizierte **WHO:** World Health Organisation; **NCEP/ATP III:** National Cholesterol Education Program; **AHA:** American Heart Association; **IDF:** International Diabetes Federation; **BU:** Bauchumfang; **BMI:** Body-Mass-Index; **TAG:** Triglyceride; **HDL-C:** HDL-Cholesterin; **BP:** Blutdruck; **Glu:** Nüchtern-Glucose; **DM2:** Diabetes Mellitus Typ 2

Für die Body-Mass-Index- und Bauchumfang-Perzentilen-Kurven werden länderspezifische Werte und Tabellen verwendet, welche Unterschiede aufweisen. Das Besondere der IDF Definition ist hierbei, dass dem Bauchumfang durch neuere Erkenntnisse eine große Bedeutung zukommt. Er nimmt hierbei, im Gegensatz zu den Definitionen von Cook, de Ferranti und Goodman, eine „sine qua non“ Stellung ein, d. h. ohne einen Bauchumfang außerhalb des Normbereiches, kann kein metabolisches Syndrom diagnostiziert werden.

Der Bauchumfang wird als zentraler Punkt in der Entwicklung des metabolischen Syndroms gesehen. So ist er z. B. signifikant mit erhöhten Tages- und Nachtblutdruckwerten und Dyslipidämie assoziiert, während die BMI-Perzentile nach Adjustierung für den Bauchumfang nicht mit diesen Werten korrelieren (Lee, 2006a, 810). Des Weiteren korreliert der Bauchumfang sehr gut mit dem viszeralen Fettgewebe (Pouliot, 1994, 460) und ist signifikant mit dem Grad der Insulinresistenz verbunden (Lee, 2006b, 188). Wie eine Studie an 439 Kindern zwischen vier und 20 Jahren zeigte, ist die Insulinresistenz wiederum mit der Prävalenz des metabolischen Syndroms im Jugendalter verknüpft (Weiss, 2004, 2369). Auch erhöht jeder Anstieg des Bauchumfanges um 1 cm das Risiko, zehn Jahre später ein metabolisches Syndrom zu entwickeln, um 7,4 % (Morrison, 2005, 1180).

Ein erhöhter Blutdruck ist bei den Klassifikationen des metabolischen Syndroms ebenfalls unterschiedlich definiert. Cook und de Ferranti verwenden in ihren Definitionen alters- und geschlechtsspezifische Perzentilen-Kurven für den Blutdruck, während die IDF, analog zum Erwachsenenalter, Werte $\geq 130/85$ mm Hg als erhöht wertet.

Für die Parameter wie Triglyceride, HDL-Cholesterin, Blutdruck und Nüchtern-Glucose modifizieren Goodman, Cook und de Ferranti die Cut-Off-Werte des Erwachsenenalters und versuchen, diese an das Kindes- und Jugendalter anzupassen. Allerdings unterscheiden sich die verwendeten angepassten Cut-Off-Werte der einzelnen Definitionen und zudem sind wenige Daten hierzu für das Kindes- und Jugendalter vorhanden. Deswegen wurden in der IDF-Definition die Cut-Off-Werte für das Erwachsenenalter berücksichtigt (Zimmet, 2007, 303). Durch diese Anlehnung an die Grenzwerte der IDF-Definition für Erwachsene wird eine Vergleichbarkeit der erhobenen Werte sowie der Prävalenzen des metabolischen Syndroms in longitudinalen Studien gefördert.

Noch herrscht also keine Einigkeit über eine international gültige Definition. Dadurch gestaltet sich ein Vergleich der in verschiedenen Studien erhobenen Daten als schwierig. Auch der klinische Nutzen für eine Diagnose des metabolischen Syndroms im Kindes- und Jugendalter wird kontrovers diskutiert, da eine hohe Instabilität der Diagnose bei longitudinalen Studien zu erkennen ist, die auch bei Verwendung einer einheitlichen Klassifikation

bestehen bleibt. Goodman untersuchte 1098 Kinder zu zwei Studienzeitpunkten und bestimmte die Prävalenzen für ein metabolisches Syndrom. Hierbei war unabhängig von der verwendeten Definition die Diagnose des metabolischen Syndroms bei 50 % der Kinder nicht konstant (Goodman, 2007, 2321).

Zusätzlich existieren nationale Leitlinien, welche wiederum andere Grenzwerte aufweisen können. In Deutschland hat sich in den letzten Jahren die Verwendung der Leitlinie der Arbeitsgemeinschaft für Adipositas im Kindes- und Jugendalter (AGA) etabliert. Diese Leitlinie beschreibt zwar nicht im Speziellen das metabolische Syndrom, aber es werden für die einzelnen Parameter für Deutschland gültige Grenzwerte vorgeschlagen. Bezogen auf die Nüchtern-Glucose und das HDL-Cholesterin decken sich diese Grenzwerte mit denen, welche von der IDF verwendet werden. Der Cut-Off-Wert der Triglyceride unterscheidet sich jedoch. Wird bei der IDF-Definition ein Wert ≥ 150 mg/dl als erhöht angesehen, so wertet die AGA einen Wert ≥ 110 mg/dl als erhöht (Wabitsch, 2011, 60). Analog zur IDF sieht die AGA darüber hinaus auch die viszerale Adipositas und den Bauchumfang als zentralen Punkt in der Entwicklung eines metabolischen Syndroms an. Deswegen existiert im Bereich des metabolischen Syndroms im Kindes- und Jugendalter noch großer Forschungsbedarf.

In dieser Arbeit soll das metabolische Syndrom im Kindes- und Jugendalter unter Verwendung der IDF-Definition untersucht werden. Diese Definition legt ein besonderes Augenmerk auf den Bauchumfang, welcher als zentraler Punkt in der Entwicklung des metabolischen Syndroms gesehen wird. Auch die Auswertung des Blutdruckes ist in der IDF-Definition durch die klare Festlegung von Grenzwerten leichter zu bewerkstelligen. Zusätzlich wird die longitudinale Vergleichbarkeit durch eine Anlehnung der Grenzwerte an die gültigen Grenzwerte im Erwachsenenalter gefördert. Um darüber hinaus die für Deutschland gültigen Grenzwerte für Triglyceride mit einzubeziehen, wurde bei den Auswertungen in dieser Arbeit die IDF-Definition sowohl mit international gültigen Grenzwerten, als auch mit dem Grenzwert der AGA für Triglyceride angewandt.

2.2 Anthropometrische Parameter

2.2.1 Body-Mass-Index, BMI-Perzentile und BMI-SDS

Die einfache Messung von Körpergröße und Körpergewicht und des daraus abgeleiteten Body-Mass-Index und BMI-SDS hat sich als Methode etabliert, die Fettmasse des Körpers abzuschätzen. Aufgrund seiner guten Reproduzierbarkeit und seiner akzeptablen Korrela-

tion zur Fettmasse des Körpers wird der BMI auch bei Kindern als Screening-Methode empfohlen, um Adipositas festzustellen (Bellizzi, 1999, 174). Auch Reilly sieht in seiner 2010 veröffentlichten Metaanalyse von 27 Studien den BMI als geeignetes Maß an, Körperfett und kardiometabolisches Risiko abzuschätzen (Reilly, 2010, 653).

Da sich Körperproportionen und Körperfettanteil während des Wachstums alters- und geschlechtsabhängig verändern, werden bei Kindern und Jugendlichen populationsspezifische alters- und geschlechtsbezogene BMI-Perzentilen-Kurven zur Beurteilung von Übergewicht und Adipositas herangezogen. Repräsentative BMI-Perzentilen-Kurven für Deutschland wurden im Jahre 2001 auf der Grundlage von Querschnittsdaten aus 17 Untersuchungen mit etwa 34.000 Kindern entwickelt (Kromeyer-Hauschild, 2001, 813) (**Tabelle 3**).

Tabelle 3: Body-Mass-Index-Kategorie-Einteilung nach Perzentilen

Perzentile:	Kategorie:	Bedeutung:
≤3. Perzentile	1	Starkes Untergewicht
>3. bis 10. Perzentile	2	Untergewicht
>10. bis 90. Perzentile	3	Normalgewicht
>90. bis 97. Perzentile	4	Übergewichtig
>97. Perzentile	5	Adipositas
>99,5. Perzentile	6	Adipositas per magna

Die Arbeitsgemeinschaft für Adipositas im Kindes- und Jugendalter empfiehlt für Deutschland die Verwendung dieser Perzentilen-Kurven.

In den Jahren 2003 – 2006 wurden anhand der KiGGS-Studie neue BMI-Perzentilen-Kurven für Deutschland entwickelt. Hierzu wurden 17.641 Kinder im Alter von Null bis 17 Jahren untersucht. Verglichen mit den BMI-Perzentilen-Kurven von Kromeyer-Hauschild zeigen diese Daten eine Verschiebung der einzelnen Kurven nach oben, beginnend im 6. Lebensjahr (Rosario, 2010, 8). Dies lässt auf eine ebenfalls in Deutschland vorhandene steigende Prävalenz von Übergewicht und Adipositas schließen.

Um genauere Aussagen über eine Veränderung des Body-Mass-Index treffen zu können, kann der BMI-SDS Wert berechnet werden. Diese Methode ermöglicht die Berechnung von Standardabweichungen vom Mittelwert (Standard Deviation Score). Dieser SDS-Wert gibt an, um ein wie viel Faches einer Standardabweichung ein individueller BMI bei gegebenem Alter und Geschlecht ober- oder unterhalb des BMI-Medianwertes der Referenzgruppe liegt. Besonders im oberen und unteren BMI-Perzentil-Bereich sind so differenziertere

Aussagen möglich. So entspricht eine Reduktion des BMI-SDS-Wertes weitgehend einer Reduktion des relativen Körpergewichtes (Wabitsch, 2011, 17).

Erhöhte BMI-Werte können bereits im Kindesalter mit zahlreichen Veränderungen wie Hypertonie, Diabetes mellitus Typ II, Hyperlipidämie und erhöhten Blutdruckwerten in Verbindung gebracht werden (Freedman, 1997, 420). Zudem ist bei Kindern und Jugendlichen jeder Anstieg im BMI-Z-score (Abstand des BMI vom Mittelwert aller Messwerte) um 0,5 Punkte mit einer Zunahme des Risikos für die Entwicklung eines metabolischen Syndroms assoziiert (Weiss, 2004, 2370).

2.2.2 Bauchumfang

Die Messung des Bauchumfanges gibt Auskunft über die Verteilung des Körperfettes. Der Bauchumfang ist hierbei ein geeignetes Maß zur Bestimmung der intraabdominellen Fettmasse (Goran, 1998, 549).

Zur Bewertung und Einschätzung des Bauchumfanges werden Perzentilen-Kurven herangezogen. Hierbei existieren keine länderübergreifenden einheitlichen Kurven und Grenzwerte. Für einzelne Länder wie Spanien, England oder Holland existieren länderspezifische Perzentilen-Kurven. Fredriks hat 2005 gezeigt, dass z. B. der durchschnittliche Bauchumfang bei holländischen Kindern im Alter von vier bis 14,9 Jahren niedriger ist als bei spanischen Kindern gleichen Alters (Fredriks, 2005, 220).

Für Deutschland existieren Perzentilen-Kurven für den Bauchumfang, welche 2006 anhand der Daten von 2.544 Jenaer Kindern zwischen sechs und 18 Jahren entwickelt wurden. (Kromeyer-Hauschild, 2008, 120). Diese unterteilen den Bauchumfang ähnlich dem BMI ebenfalls in Perzentilen-Kategorien (**Tabelle 4**).

Tabelle 4: Bauchumfang-Kategorie-Einteilung nach Perzentilen

Perzentile:	Kategorie:	Bedeutung
≤10. Perzentile	1	Untergewicht
>10. bis 90. Perzentile	2	Normalgewicht
>90. bis 97. Perzentile	3	Übergewicht
>97. bis 99,5. Perzentile	4	Adipositas
>99,5. Perzentile	5	Adipositas per magna

Vergleicht man Bauchumfang und BMI anhand ihrer Fähigkeit, Adipositas zu beschreiben, so zeigte sich, dass bei alleiniger Verwendung des BMI ein größerer Anteil von Kindern

mit erhöhtem Bauchumfang nicht identifiziert wird, während nur wenige Kinder mit einem normalen Bauchumfang einen erhöhten BMI haben (Kromeyer-Hauschild, 2008, 116). Der Bauchumfang ist auch signifikant assoziiert mit totalem prozentualem Körperfettanteil und der Insulinresistenz (Lee, 2006b, 188).

In einer Studie an 818 Kindern aus Norditalien zwischen drei und elf Jahren war eine Erhöhung des Bauchumfanges, unabhängig von Alter, Geschlecht und BMI, direkt mit der Erhöhung des systolischen und diastolischen Blutdruckes sowie einer Erniedrigung des HDL-Cholesterins assoziiert. In derselben Studie wurden bei Kindern mit einem Bauchumfang über der 90. Perzentile häufiger multiple kardiovaskuläre Risikofaktoren festgestellt, als bei Kindern mit einem Bauchumfang unter der 90. Perzentile. Daraus wird geschlossen, dass der Bauchumfang als sensitiver Marker für die Einschätzung des kardiovaskulären Risikos genutzt werden kann (Maffeis, 2001, 179).

Allerdings fehlt eine Vereinheitlichung bzw. internationale Standardisierung der Messtechnik, was zu deutlich abweichenden Messwerten führen kann.

2.3 Blutdruck

Zur Einteilung des Blutdruckes wurden von der IDF vorgeschlagene Grenzwerte verwendet. Als erhöhter Blutdruck gilt hierbei ein systolischer Wert ≥ 130 mm Hg oder ein diastolischer Wert ≥ 85 mm Hg (Zimmet, 2007, 304).

Bereits im Kindes- und Jugendalter weisen adipöse Kinder ein 2,4-fach höheres Risiko für Hypertonie auf als normalgewichtige Gleichaltrige (Freedman, 1997, 420). In einer Studie an 1.004 übergewichtigen Kindern zwischen vier und 18 Jahren zeigte sich eine Korrelation zwischen erhöhten systolischen und diastolischen Blutdruckwerten und dem Grad des Übergewichtes (Reinehr, 2005b, 183). In einer weiteren Studie mit 7.589 Kindern zwischen neun und zwölf Jahren wurde belegt, dass jede Erhöhung des BMI um 1 kg/m^2 mit einer Erhöhung des systolischen Blutdruckes um 1,35 mm Hg und des diastolischen Blutdruckes um 0,5 mm Hg verbunden ist (Falaschetti, 2010, 3). Durch eine Reduktion des BMI-SDS kann eine Verbesserung des systolischen und diastolischen Blutdruckes beobachtet werden (Reinehr, 2006a, 493).

Erhöhte Blutdruckwerte können auch direkte Veränderungen am kardiovaskulären System wie z. B. eine Erhöhung der Intima-Media-Dicke begünstigen (Reinehr, 2006b, 114) oder ein vermehrtes Auftreten von arteriosklerotischen Plaques fördern (Tracy, 1995, 37).

Kinder mit wiederholt erhöhten Blutdruckwerten haben im Erwachsenenalter ein erhöhtes Risiko, an Bluthochdruck oder metabolischem Syndrom zu erkranken (Sun, 2007, 242).

2.4 Blutwerte: HDL-Cholesterin, Triglyceride und Nüchtern-Glucose

Das HDL-Cholesterin, die Nüchtern-Glucose und die Triglyceride werden zur Einschätzung des metabolischen Risikos eingesetzt. In einer Studie mit 1.004 übergewichtigen Kindern zwischen vier und 18 Jahren korrelierten der HDL-Cholesterinspiegel negativ und die Triglyceridwerte positiv mit dem Grad des Übergewichtes (Reinehr, 2005b, 183).

In einer longitudinalen Studie über ein Jahr an 229 übergewichtigen Kindern (Median: zwölf Jahre) wurde auch eine Korrelation zwischen HDL-Cholesterin und BMI-SDS-Werten festgestellt (Reinehr, 2005a, 1826). Über zwei Jahre untersuchte Reinehr 240 adipöse Kinder im Alter von sechs bis 14 Jahren. 203 davon nahmen an einem Interventionsprogramm zur Gewichtsreduktion teil, welches körperliche Aktivität, Ernährungsunterricht und Verhaltenstherapie beinhaltete. Bei Kindern mit BMI-SDS Reduktion kam es nach zwölfmonatiger Intervention zu einer Erhöhung der HDL-Cholesterin- und Erniedrigung der Triglycerid-Werte. Diese Verbesserungen hielten auch ein Jahr nach Ende der Intervention an (Reinehr, 2006a, 493).

Darüber hinaus untersuchte Korsten-Reck ein Kollektiv von 546 übergewichtigen Kindern im Alter von sieben bis zwölf Jahren mit einem BMI über der 97. Perzentile. Hierbei stellte sie fest, dass nur 54,2 % der Übergewichtigen ein normales Lipidprofil aufwiesen. Bei 40 % der übergewichtigen Kinder wurde ein Gesamt-Cholesterinwert über der 90. Perzentile und bei 20 % ein HDL-Cholesterinwert unter der 10. Perzentile festgestellt. Kinder mit hohem BMI-SDS und niedrigem Fitnessgrad hatten niedrige HDL-Cholesterin- und hohe Triglyceridwerte (Korsten-Reck, 2008, 1091).

Die aktuellen Leitlinien der deutschen Arbeitsgemeinschaft für Adipositas im Kindes- und Jugendalter schlagen für das HDL-Cholesterin und die Nüchtern-Glucose bei Kindern und Jugendlichen im Alter von 8 – 15 Jahren die gleichen Grenzwerte vor, welche von der International Diabetes Federation angewandt werden. Der Cut-Off-Wert für Triglyceride liegt bei der IDF-Definition über dem Cut-Off-Wert, welchen die AGA vorschlägt (**Tabelle 5**).

Tabelle 5: Vorgeschlagene Cut-Off-Werte für HDL-Cholesterin, Triglyceride und Nüchtern-Glucose der Arbeitsgemeinschaft Adipositas im Kindes- und Jugendalter und der International Diabetes Federation

	AGA	IDF
HDL-C (mg/dl)	≥40	≥40
TAG (mg/dl)	<110	<150
Glu (mg/dl)	<100	<100

AGA: Arbeitsgemeinschaft Adipositas im Kindes- und Jugendalter; **IDF:** International Diabetes Federation; **HDL-C:** HDL-Cholesterin; **TAG:** Triglyceride; **Glu:** Nüchtern-Glucose

Um die internationale Vergleichbarkeit der Ergebnisse dieser Arbeit sicherzustellen, werden die Grenzwerte der IDF Definition verwendet. Da sich jedoch der Cut-Off-Wert der Triglyceride von dem in Deutschland gültigen unterscheidet, wird zusätzlich das Lipidprofil und das metabolische Syndrom unter Verwendung des Grenzwertes der AGA betrachtet.

2.5 Fragestellungen

Ziel dieser Arbeit war es, die Prävalenz von Übergewicht, Adipositas und den Parametern des metabolischen Syndroms bei Kindern und Jugendlichen zu beschreiben. Darüber hinaus wurde untersucht, ob sich die Parameter des metabolischen Syndroms im Zuge eines Interventionsprogrammes an Mittel- und Realschulen beeinflussen lassen.

Primäre Ziele waren hierbei

- Die Erfassung der Prävalenz von Übergewicht und Adipositas (Body-Mass-Index, BMI-SDS, Bauchumfang) sowie den Parametern des metabolischen Syndroms (Blutdruck, HDL-Cholesterin, Nüchtern-Glucose, Triglyceride)
- Die Darstellung der Entwicklung der Kinder nach 18- sowie 42- monatiger Intervention sowie die Darstellung interventionsspezifischer Unterschiede bezüglich BMI, BMI-SDS, Bauchumfang, systolischem und diastolischem Blutdruck, HDL-Cholesterin, Triglyceride und Nüchtern-Glucose
- Der Vergleich der Prävalenz des Metabolischen Syndroms in der Studienpopulation unter Einbeziehung der IDF-Definition sowie der für Deutschland gültigen Grenzwerte der AGA zu Beginn sowie nach 18- und 42-monatiger Intervention

3. Studiendesign und Methoden

3.1 Studiendesign

Das schulbasierte Präventionsprojekt „Kinder und Jugendliche als Gesundheitsexperten – JuvenTUM Stufe 3“ war auf vier Jahre ausgelegt und beinhaltete in dieser Zeit fünf Untersuchungen (Visits). 15 Münchner Mittel- und Realschulen wurden per Los einer Interventions- bzw. Kontrollgruppe zugeteilt. Um eine Beeinflussung in den Schulen durch Schüler oder Klassen mit und ohne Intervention zu verhindern, erfolgte die Aufteilung in acht Interventionsschulen (IS) und sieben Kontrollschulen (KS) als Cluster-Randomisierung.

Die Eltern, Kinder und Lehrer der 15 Schulen und 32 Klassen wurden über die Untersuchungen und Ziele der Studie aufgeklärt. Einschlusskriterium laut Studienprotokoll war eine Einverständniserklärung der Eltern für anthropometrische Datenerhebung. Darüber hinaus konnte noch gesondert ein Einverständnis für eine Blutabnahme erfolgen.

In dieser Arbeit wurden die Daten aller Kinder mit anthropometrischer Messung und Blutabnahme statistisch untersucht. Aus den Analysen ausgeschlossen wurden Kinder, die zum Zeitpunkt der Untersuchung Medikamente nehmen mussten, welche die für diese Arbeit interessanten Laborwerte verfälschen konnten, sowie Kinder, die während des Untersuchungszeitraumes von einer Interventionsschule zu einer Kontrollschule oder umgekehrt wechselten.

Das Studienprotokoll wurde von der Ethikkommission der Technischen Universität München geprüft und genehmigt. Alle Untersuchungen entsprachen den Anforderungen der Deklaration von Helsinki.

Im Herbst 2008 fand die Eingangsuntersuchung (Visit 1) statt. Darauf folgten Verlaufskontrollen nach sechs (Visit 2), 18 (Visit 3), 30 (Visit 4) und 42 (Visit 5) Monaten. In dieser Arbeit werden die Daten von Visit 1, 3 und 5 ausgewertet.

3.2 Ziele der Studie

Ziele des Projekts waren eine Steigerung der körperlichen Aktivität und motorischen Fähigkeiten sowie eine Prävention früher makro- und mikrovaskulärer Schädigungen und eine Reduktion kardiovaskulärer Risikofaktoren. Auch sollten eine Reduktion der Prävalenz von Übergewicht und Adipositas, eine Normalisierung des systolischen und diastolischen Blutdruckes sowie eine Steigerung der Lebensqualität erreicht werden. Darüber hinaus sollte bei den Kindern mehr Bewusstsein für Gesundheit geschaffen und Spaß an einer gesunden

Lebensweise vermittelt werden. Es sollten zusätzliche Bewegungsangebote in der Freizeit genutzt und übergewichtige und adipöse Kinder gezielt gefördert werden. Auch sollte das Projekt dazu beitragen, gesundheitsfördernde Bedingungen an der Schule zu schaffen oder zu stärken.

Langfristiges Ziel war die Entwicklung von Strategien und Bausteinen, die nachhaltig die Gesundheit und das Wohlbefinden der Schulkinder und Lehrkräfte fördern und somit grundlegende Weichen für die Gesundheit legen können.

3.3 Studieninhalte

Um die Studienziele zu erreichen, sollten die positiven Erfahrungen des Vorgängerprojektes „Kinder als Gesundheitsexperten“ auf die Mittel- und Realschule übertragen werden. Für die Kinder sollte das Thema Gesundheit in jeder Woche in den Schulalltag integriert werden.

Im Zeitraum Visit 1 bis Visit 3 (5. – 6. Klasse) fanden hierzu mit den Lehrern vier bis sechs Projektgespräche statt, in denen Lifestyle-Stunden geplant und besprochen wurden. Auch wurden weitere gesundheitsfördernde Maßnahmen für die jeweilige Schule entwickelt. Darüber hinaus wurden folgende Lehrerfortbildungen angeboten:

- Lehrgesundheit: Schule als gesunder Arbeitsplatz für Lehrer und Schüler, Gesunde Lehrer als Vorbild für die Schüler, Stressmanagement im Schulalltag
- Chancengleichheit im und durch den Sport. Fördermöglichkeiten im und durch den Sport
- „Best of Bewegungspausen“ – Eine Sammlung einfach durchzuführender Bewegungspausen sowie Spielformen zum Bereich „Bewegtes Lernen“

Im selben Zeitraum fanden an den Schulen für die Eltern mehrere Elternabende und Eltern-Kind-Aktionen statt. Eine projektbezogene Teilnehmerzahl konnte nicht erhoben werden, da die Elternabende in der Regel auch für Eltern von Kindern anderer Klassen offen waren.

In diesen Veranstaltungen wurden folgende Themen behandelt:

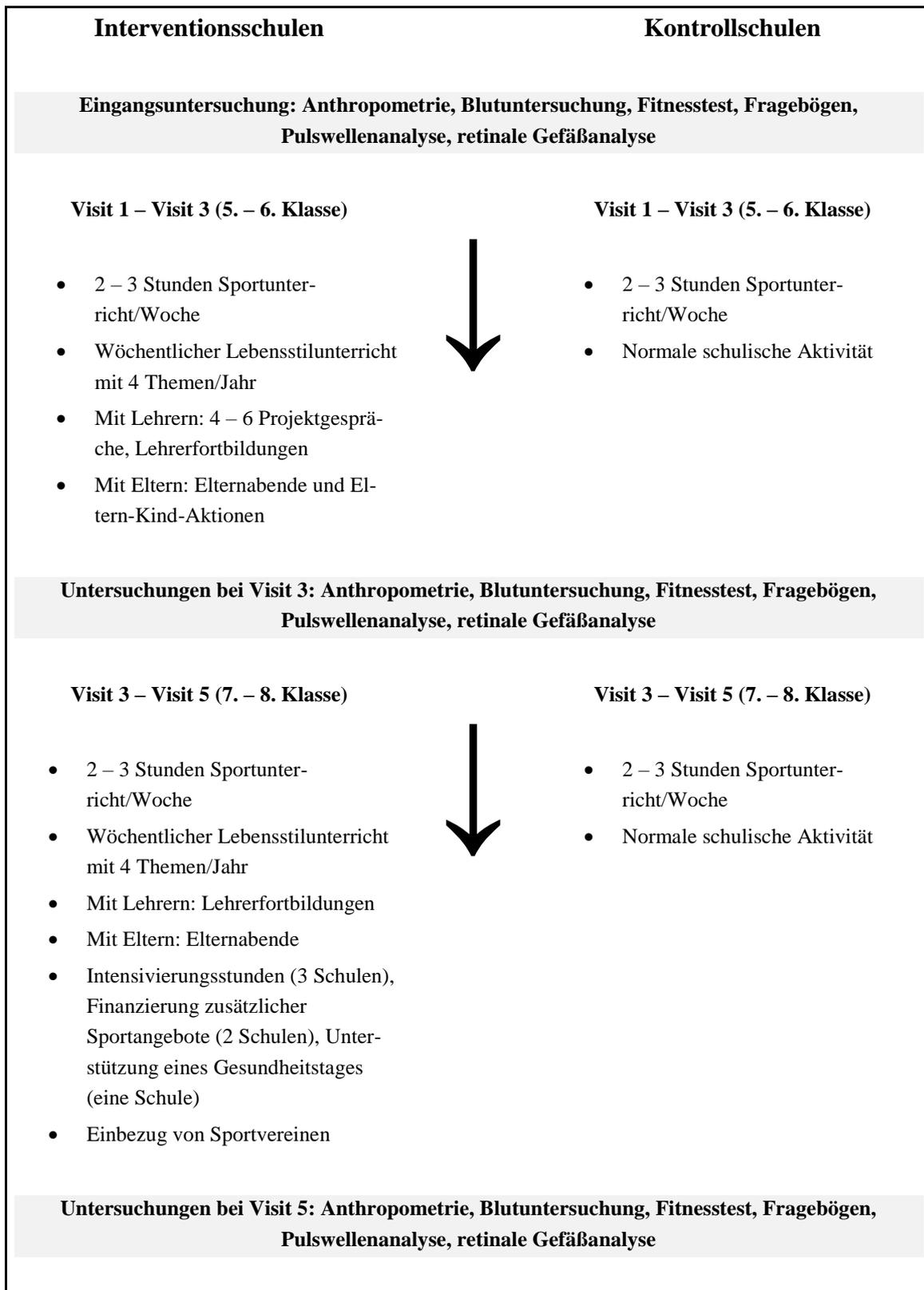
- Schule, Gesundheit und Lernen gehören zusammen
- Konzentration und Wohlbefinden: Training für die Schule
- Gesund durch Medienkompetenz
- Gesunde Ernährung: Vortrag
- Eltern-Kind-Kochen: Praxis

Von Visit 3 bis Visit 5 (7. – 8. Klasse) wurden an den Schulen weitere Lehrerfortbildungen zu den Themen „Rückenschule“, „Bewegung und Schule“ sowie „Gesundheit und Schule“ angeboten. Die Beteiligung und Resonanz war dabei an den Schulen sehr unterschiedlich.

Für die Eltern wurden im selben Zeitraum noch vereinzelt Elternabende angeboten. Jedoch war die Resonanz der Eltern in diesem Projektzeitraum niedrig. Dafür wurden von der Projektleitung zusätzlich zu den Lifestyle Stunden an drei Schulen Intensivierungsstunden angeboten. An zwei Schulen wurden zusätzliche Sportangebote finanziert und an einer Schule ein Gesundheitstag unterstützt sowie Bewegungstutoren ausgebildet.

Zudem wurden Kooperationspartner wie Sportvereine in das Projekt mit einbezogen, um den Kindern und Jugendlichen auch außerhalb der Schule die Möglichkeit für sportliche Betätigung zu bieten (**Abbildung 1**).

Abbildung 1: Schematischer Ablauf der Studie



Der Erfolg der Studie wurde zu fünf Untersuchungszeitpunkten durch Fragebögen, medizinische Untersuchungen, anthropometrische Untersuchungen und einen Fitnessstest überprüft (**Tabelle 6**).

Tabelle 6: Überblick über die durchgeführten Untersuchungen bei den Visits

Anthropometrie, Anamnese	Alter, Geschlecht, Größe, Gewicht, Krankheiten, Medikation, Bauchumfang, Oberarmumfang, Hautfaltenmessung
Blutuntersuchung	Fettstoffwechselfparameter (HDL-, LDL-Cholesterin, Triglyceride, Nüchtern-Glucose), Inflammationsparameter (IL-6, hsCRP) und Hormone (Adiponektin, Leptin, Insulin, Östrogen, Testosteron)
Medizinische Untersuchungen	Blutdruck, Pulswellenanalyse, Retinale Gefäßanalyse
Körperliche Fitness	Münchener Fitnesstest
Körperliche Aktivität	Aktivitätsfragebogen nach Bös
Fragebogen	Sitzzeiten (Schule, Hausaufgaben, Medienkonsum)
Essgewohnheiten	Ernährungsfragebogen
Suchtmittel	Alkoholkonsum und Rauchen
Lebensqualität	KINDL®-Fragebogen
Soziokulturelle Eckdaten	Fragebogen zu Migrationshintergrund und sozioökonomischer Status

Ein genauer Studienablauf und eine genaue Beschreibung des Protokolls wurde 2011 von Siegrist veröffentlicht (Siegrist, 2011).

Nachfolgend werden die Untersuchungen beschrieben, die für diese Arbeit von Bedeutung sind.

3.4 Studienuntersuchungen

3.4.1 Body-Mass-Index und Bauchumfang

Die Untersuchungen fanden an den Schulen in hierfür bereitgestellten Räumen während der Unterrichtszeit statt.

In einem separaten Untersuchungsraum wurden die anthropometrischen Messungen der Kinder einzeln oder paarweise (gleiches Geschlecht) durchgeführt. Alle anthropometrischen Parameter wurden von geschulten wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen des Lehrstuhls nach einem standardisierten Untersuchungsprotokoll (SOP) erhoben. Die Messungen von Körpergewicht, Körpergröße, Bauch- und Oberarmumfang sowie der Hautfettfalten fand barfuß und in Unterwäsche statt.

Zur Bestimmung des Body-Mass-Index wurden das Körpergewicht und die Körpergröße gemessen. Zur Erfassung des Körpergewichts wurde eine elektronische Präzisionswaage verwendet. Das zu untersuchende Kind wurde gebeten, sich ruhig mit beiden Beinen auf die

Mitte der Waage nach Angaben des Herstellers zu stellen. Sobald das Kind eine Ruheposition eingenommen hatte, wurde das Gewicht auf 0,1 kg genau abgelesen.

Die Erfassung der Körpergröße erfolgt mit einem Stadiometer auf 1 mm genau. Der Body-Mass-Index berechnet sich durch den Quotienten aus Körpergewicht in Kilogramm und der Körpergröße in Metern zum Quadrat: $BMI = \text{kg/m}^2$.

Die Berechnung des BMI-SDS der Kinder in diesem Projekt erfolgte von Frau Kromeyer-Hauschild in Jena anhand der von ihr entwickelten Perzentilen-Kurven wie folgt:

$$SDS_{LMS} = \frac{[BMI \div M(t)]^{L(t)} - 1}{L(t) \times S(t)} \quad (\text{Kromeyer-Hauschild, 2001, 810})$$

Die Messung des Bauchumfangs erfolgte bei den Kindern in stehender Position in entspannter Körperhaltung mit einem unelastischen Maßband horizontal in Höhe der stärksten Einziehung der Rumpfseitenkontur zwischen dem unteren Rippenbogen und dem Beckenkamm.

3.4.2 Blutabnahme und Blutuntersuchung

In einem eigenen Untersuchungsraum wurde bei den Kindern, die eine zusätzliche Einverständniserklärung zur Blutabnahme hatten, am Morgen des Untersuchungstages zwischen acht und zehn Uhr nüchtern zwölf ml Blut halbliegend oder liegend entnommen. Aus dem Nüchternblut wurden Fettstoffwechselfparameter (HDL-, LDL-Cholesterin, Triglyceride, Nüchtern-Glucose), Inflammationsparameter (IL-6, hsCRP) und Hormone (Adiponektin, Leptin, Insulin, Östrogen, Testosteron) mit handelsüblichen Verfahren (Routinelabor mit SynLab) bestimmt.

Extremwerte und Ausreißer wurden nochmals einzeln geprüft. Hierbei wurde genau überprüft, ob ein Kind zum Zeitpunkt der Blutabnahme nüchtern war oder nicht. Kein Kind wurde aus den Analysen ausgeschlossen.

Nach der Blutabnahme erhielten die Kinder ein Frühstücksbrot (wahlweise mit Käse oder Geflügelfleischbelag), einen Apfel und ein Getränk (0,5 l, wahlweise Apfelschorle oder Mineralwasser).

3.4.3 Blutdruckmessung

Die Blutdruckmessung erfolgte nach einer fünfminütigen Ruhephase bei supiniertem Arm an der Fossa cubitalis an der rechten Armarterie nach standardisiertem Protokoll. Bei einem Armumfang von 25 – 40 cm wurde mit der Erwachsenen-Blutdruckmanschette und bei einem Armumfang von 19 – 25 cm mit einer Kinder-Blutdruckmanschette gemessen. Die verwendete Blutdruckmanschette wurde notiert.

Allerdings ist, um eine medizinische Diagnose für erhöhten Blutdruck zu stellen, eine mehrfache Messung des Blutdrucks an unterschiedlichen Tagen nötig. Diese Anforderung war durch das Studienprotokoll nicht zu erfüllen. Deswegen kann man durch die erhobenen Werte keine Rückschlüsse auf einen krankhaft erhöhten Blutdruck ziehen, sondern nur eine Aussage darüber treffen, ob der systolische oder diastolische Blutdruck bei einer punktuellen Messung an einem Tag erhöht war oder nicht.

3.4.4 Untersuchung des metabolischen Syndroms

Um das Vorliegen eines metabolischen Syndroms festzustellen wurde wie folgt vorgegangen: Für jeden grenzwertüberschreitenden Wert des Blutdruckes, der Triglyceride und der Nüchtern-Glucose wurde ein Punkt vergeben. Beim HDL-Cholesterin erhielten Kinder mit einer Grenzwertunterschreitung einen Punkt.

Dabei galten folgende Cut-Off-Werte:

- Systolischer Blutdruck ≥ 130 mm Hg oder diastolischer Blutdruck ≥ 85 mm Hg
- Triglyceride ≥ 150 mg/dl (nach IDF) bzw. ≥ 110 mg/dl (nach AGA)
- Nüchtern-Glucose ≥ 100 mg/dl
- HDL-Cholesterin < 40 mg/dl

Somit konnte jedes Kind in der Summe zwischen null und vier Punkte erhalten. Bekam ein Kind null Punkte, so war kein Risikofaktor vorhanden. Bekam ein Kind zwei Punkte, so waren zwei dieser Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom außerhalb ihres jeweiligen Referenzbereiches usw.

Mittels Kreuztabellen und gestapelten Histogrammen wurden darauf Zusammenhänge zwischen der erhaltenen Zahl und der Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie sowie die Verteilung des metabolischen Syndroms in den Studiengruppen deskriptiv beschrieben.

3.5 Statistische Analyse

Mit dem Programm SPSS Statistics Version 20 (IBM Corporation, Somers, USA) wurden die erhobenen Daten ausgewertet. Es wurden Mittelwert, Standardabweichung, Median, Minimum und Maximum berechnet und tabellarisch dargestellt. Die relevanten Größen wurden durch Histogramme, Q-Q-Diagramme und den Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung getestet. Bei den Werten für Alter, Gewicht, Körpergröße, Body-Mass-Index, Bauchumfang, systolischen Blutdruck, diastolischen Blutdruck, HDL-Cholesterin und Nüchtern-Glucose wurde eine Normalverteilung angenommen. Bei den Triglyceriden wurde die Normalverteilungsannahme nicht beibehalten.

Im Längsschnitt wurden Mittelwerte bei normalverteilten Größen mit dem t-Test für verbundene Stichproben verglichen. Korrelationen wurden bei intervallskalierten Daten mit Streudiagrammen und den Korrelationskoeffizienten nach Pearson berechnet. Bei Verletzung der Normalverteilungsannahme wurde der Korrelationskoeffizient nach Spearman verwendet. Ordinalskalierte Daten wurden mit Kreuztabellen und dem Kendal-Tau-b Korrelationskoeffizienten untersucht.

Zum Vergleich von Kontroll- und Interventionsgruppen im Zeitverlauf wurden bei intervallskalierten Daten für die verschiedenen Größen Differenzen der Werte gebildet. Die Mittelwerte der Differenzen für die unterschiedlichen Studiengruppen wurden mittels t-Test für unverbundene Stichproben auf Unterschiede getestet.

4. Ergebnisse

4.1 Basisdaten zu Studienbeginn (Visit 1)

4.1.1 Überblick über die Studienpopulation

Von den 441 untersuchten Kindern (189 Mädchen, 42,9 %) waren 192 Schüler in den Kontrollschulen und 249 Schüler in den Interventionsschulen. Zu Beginn der Studie betrug das durchschnittliche Alter der Mädchen $11,2 \pm 0,6$ Jahre und das der Jungen $11,1 \pm 0,6$ Jahre. Die Kinder waren durchschnittlich $147,6 \pm 7,6$ cm groß, bei einem Gewicht von $42,6 \pm 11,3$ kg. Der Mittelwert des Body-Mass-Index lag bei $19,3 \pm 3,7$ kg/m². Der Bauchumfang betrug im Mittel $65,1 \pm 8,5$ cm. Der systolische Blutdruck lag bei $118,9 \pm 10,1$ mm Hg und der diastolische Blutdruck bei $74,2 \pm 7,8$ mm Hg.

Der Mittelwert des HDL-Cholesterin betrug $64,9 \pm 14,0$ mg/dl, der Mittelwert der Triglyceride $80,8 \pm 44,3$ mg/dl, und Mittelwert der Nüchtern-Glucose $79,7 \pm 8,1$ mg/dl. Bei einem Kind wurden die Werte der Nüchtern-Glucose aufgrund eines Diabetes Mellitus Typ I aus den Analysen ausgeschlossen (**Tabelle 7**).

Tabelle 7: Überblick über die Basisdaten zu Studienbeginn

Parameter	N	MW ± SD	MD	Min	Max
Teilnehmer	441				
Alter ♀ (Jahre)	189	11,2 ± 0,6	11,1	10,2	13,2
Alter ♂ (Jahre)	252	11,1 ± 0,6	11,1	9,7	13,6
Anthropometrie					
Größe (cm)	441	147,6 ± 7,6	147,0	130,2	175,4
Gewicht (kg)	441	42,6 ± 11,3	40,0	25,0	102,7
BMI (kg/m²)	441	19,3 ± 3,7	18,4	13,1	34,9
BU (cm)	441	65,1 ± 8,5	63,0	51,0	108,0
Blutdruck					
SBP (mm Hg)	438	118,9 ± 10,1	120,0	95,0	150,0
DBP (mm Hg)	438	74,2 ± 7,8	75,0	55,0	100,0
Labor					
HDL-C (mg/dl)	375	64,9 ± 14,0	63,5	28,0	114,0
TAG (mg/dl)	373	80,8 ± 44,3	69,0	22,0	358,0
Glu (mg/dl)	374	79,7 ± 8,1	80,0	49,0	110,0

N: Anzahl; **MW ± SD:** Mittelwert ± Standardabweichung; **MD:** Median; **Min:** Minimum; **Max:** Maximum; **BMI:** Body-Mass-Index; **BU:** Bauchumfang; **SAP:** systolischer Blutdruck; **DAP:** diastolischer Blutdruck; **HDL-C:** HDL Cholesterin; **TAG:** Triglyceride; **Glu:** Nüchtern-Glucose

4.1.2 BMI, BMI-SDS und BMI-Perzentile der Gesamtpopulation bei Visit 1

Der Mittelwert des BMI der Gesamtpopulation betrug $19,3 \pm 3,7 \text{ kg/m}^2$. Der BMI-SDS der Gesamtpopulation war $0,39 \pm 1,12$ (**Tabelle 8**).

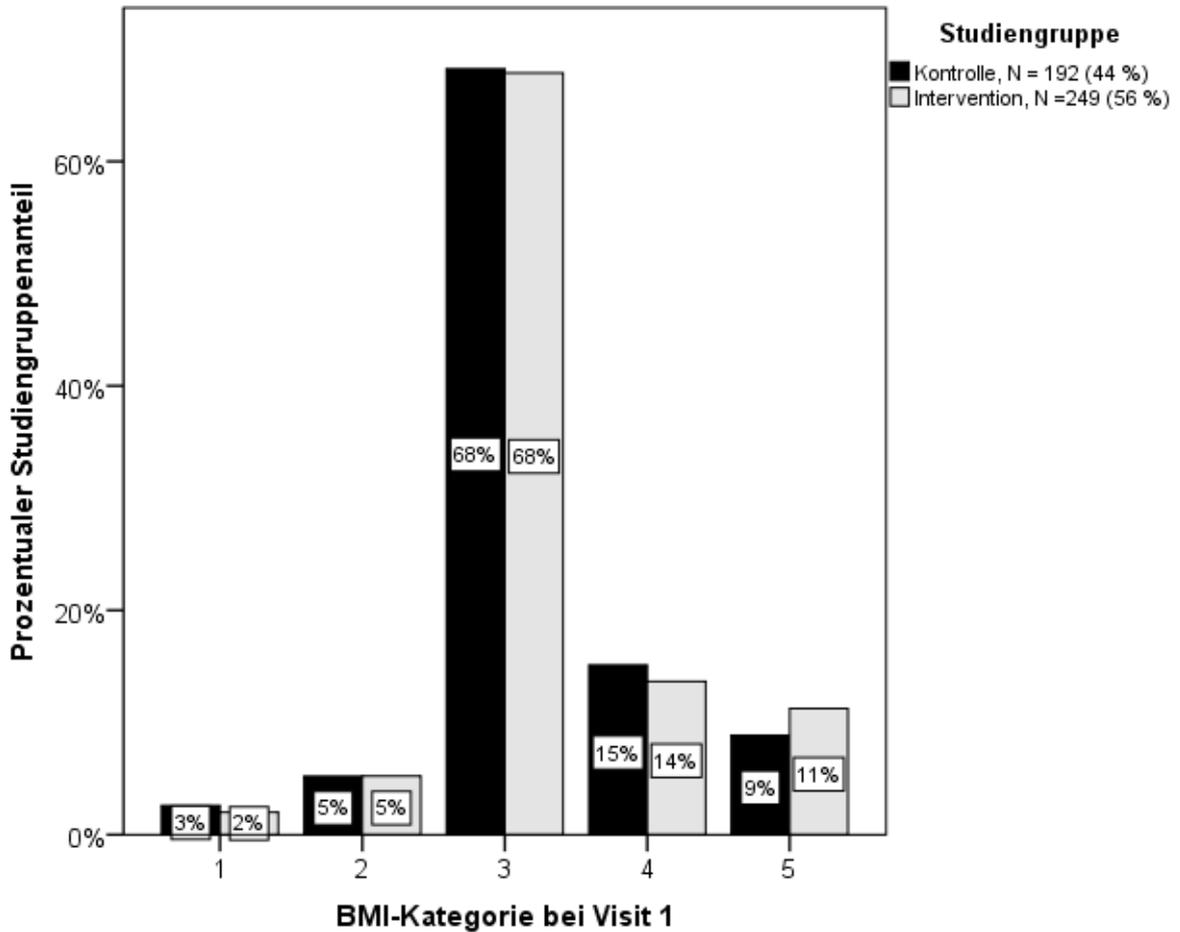
Tabelle 8: BMI und BMI-SDS zu Studienbeginn

	Gruppe	N	MW ± SD	MD	Min	Max
BMI (kg/m ²)	IS	249	19,2 ± 3,7	18,3	13,3	30,3
	KS	192	19,5 ± 3,8	18,6	13,1	34,9
	Insgesamt	441	19,3 ± 3,7	18,4	13,1	34,9
BMI-SDS	IS	249	0,37 ± 1,13	0,32	-2,68	2,60
	KS	192	0,42 ± 1,12	0,40	-3,19	2,97
	Insgesamt	441	0,39 ± 1,12	0,35	-3,19	2,97

BMI: Body-Mass-Index; **N:** Anzahl; **MW ± SD:** Mittelwert ± Standardabweichung; **MD:** Median; **Min:** Minimum; **Max:** Maximum; **IS:** Interventionsschulen; **KS:** Kontrollschulen

Eine Aufteilung anhand der in Deutschland derzeit üblichen Perzentilen-Kurven zeigte, dass 300 Kinder (68,0 %) als normalgewichtig eingestuft werden konnten. 10 Kinder (2,3 %) lagen mit ihrem BMI stark unter Normalgewicht. 23 Kinder (5,2 %) waren untergewichtig. 63 Kinder (14,3 %) waren als übergewichtig, und 45 Kinder (10,2 %) als adipös einzustufen (**Abbildung 2**).

Abbildung 2: Häufigkeit von Kindern in den einzelnen Body-Mass-Index-Perzentilen-Kategorien zu Studienbeginn



1: ≤3. Perzentile (stark untergewichtig); **2:** >3. bis 10. Perzentile (untergewichtig); **3:** >10. bis 90. Perzentile (normalgewichtig); **4:** >90. bis 97. Perzentile (übergewichtig); **5:** >97. Perzentile (adipös); **BMI:** Body-Mass-Index

In den Interventionsschulen waren zu Beginn des Projektes 34 Kinder (13,7 %) als übergewichtig und 28 Kinder (11,2 %) als adipös einzustufen. In den Kontrollschulen waren 29 Kinder (15,1 %) übergewichtig und 17 Kinder (8,9 %) adipös.

4.1.3 Bauchumfang und Bauchumfang-Perzentile bei Visit 1

Der Mittelwert des Bauchumfanges der Gesamtpopulation betrug $65,1 \pm 8,5$ cm (**Tabelle 9**).

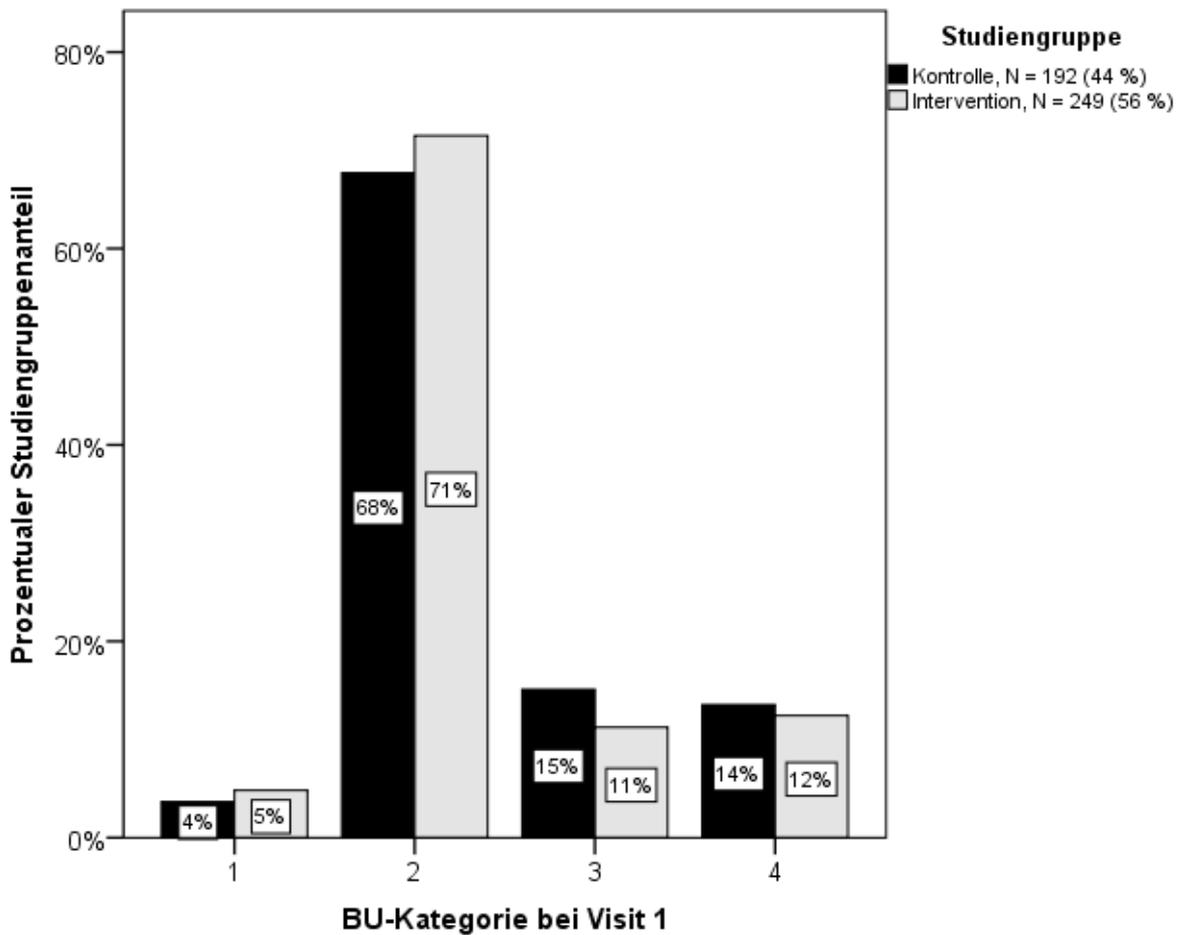
Tabelle 9: Bauchumfang zu Studienbeginn

	Gruppe	N	MW ± SD	MD	Min	Max
BU (cm)	IS	249	64,8 ± 8,2	63,0	52,0	90,0
	KS	192	65,5 ± 8,9	63,5	51,0	108,0
	Insgesamt	441	65,1 ± 8,5	63,0	51,0	108,0

BU: Bauchumfang; **N:** Anzahl; **MW ± SD:** Mittelwert ± Standardabweichung; **MD:** Median; **Min:** Minimum; **Max:** Maximum; **IS:** Interventionsschulen; **KS:** Kontrollschulen

Eine Aufteilung anhand der in Deutschland derzeit üblichen Perzentilen-Kurven für den Bauchumfang zeigte, dass 308 Kinder (69,8 %) normalgewichtig waren. 19 Kinder (4,3 %) wurden als untergewichtig eingestuft. 57 Kinder (12,9 %) waren übergewichtig und 57 (12,9 %) adipös. Kein Kind der Studienpopulation hatte bei Visit 1 einen Bauchumfang über der 99,5. Perzentile (**Abbildung 3**).

Abbildung 3: Häufigkeit von Kindern in den einzelnen Bauchumfang-Perzentilen-Kategorien zu Studienbeginn



1: ≤10. Perzentile (untergewichtig); **2:** >10.-90. Perzentile (normalgewichtig); **3:** >90.-97. Perzentile (übergewichtig); **4:** >97.-99,5. Perzentile (adipös); **BU:** Bauchumfang

Bezogen auf ihren Bauchumfang waren somit in den Interventionsschulen zu Beginn des Projektes 28 Kinder (11,2 %) als übergewichtig und 31 Kinder (12,4 %) als adipös einzustufen. In den Kontrollschulen waren 29 Kinder (15,1 %) übergewichtig und 26 Kinder (13,5 %) adipös.

4.1.4 Der systolische und diastolische Blutdruck bei Visit 1

Der Mittelwert des systolischen Blutdruckes der Gesamtpopulation betrug $118,9 \pm 10,1$ mm Hg und des diastolischen Blutdruckes $74,2 \pm 7,8$ mm Hg (**Tabelle 10**).

Tabelle 10: Systolischer Blutdruck und diastolischer Blutdruck zu Studienbeginn

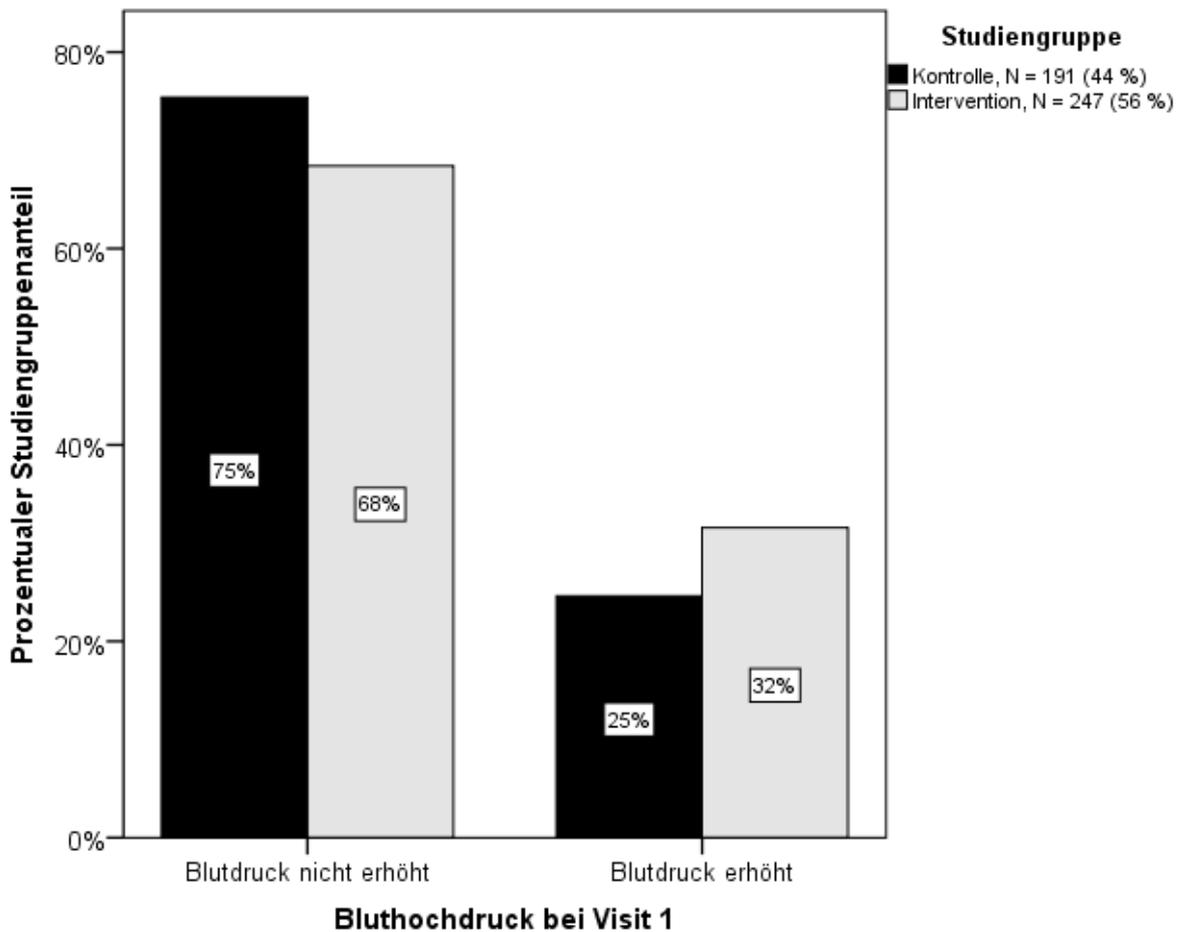
	Gruppe	N	MW ± SD	MD	Min	Max
SBP (mm Hg)	IS	247	119,0 ± 10,5	120,0	95	145
	KS	191	119,0 ± 9,5	120,0	100	150
	Insgesamt	438	118,9 ± 10,1	120,0	95	150
DBP (mm Hg)	IS	247	75,2 ± 7,8	75,0	60	100
	KS	191	72,8 ± 7,5	70,0	55	90
	Insgesamt	438	74,2 ± 7,8	75,0	55	100

N: Anzahl; **MW ± SD:** Mittelwert ± Standardabweichung; **MD:** Median; **Min:** Minimum; **Max:** Maximum; **IS:** Interventionsschulen; **KS:** Kontrollschulen; **SBP:** systolischer Blutdruck; **DBP:** diastolischer Blutdruck

Als Grenzwerte zur Einteilung des Blutdruckes wurden die modifizierten Kriterien für das metabolische Syndrom im Kindes- und Jugendalter der IDF verwendet. Als erhöhter Blutdruck gilt hierbei ein systolischer Wert ≥ 130 mm Hg oder ein diastolischer Wert ≥ 85 mm Hg. Demnach wiesen 94 Kinder (21,5 %) bei Visit 1 einen erhöhten systolischen und 55 Kinder (12,6 %) einen erhöhten diastolischen Blutdruck auf, wobei bei 24 Kindern (5,5 %) beide Werte gleichzeitig erhöht waren. Ein für diese Studie relevanter Hochdruck lag vor, wenn mindestens einer der beiden Werte oberhalb der Norm lag. Dies war bei 125 Kindern (28,5 %) der Fall.

Demnach wiesen bei der einmalig durchgeführten Blutdruckmessung bei Visit 1 78 Kinder (31,6 %) der Interventionsschulen einen erhöhten Blutdruck auf. Bei den Kontrollschulen waren es 47 Kinder (24,6 %) (**Abbildung 4**).

Abbildung 4: Häufigkeit von Kindern mit Blutdruckwerten ober- und unterhalb der Grenzwerte der IDF zu Studienbeginn



4.1.5 HDL-Cholesterin, Triglyceride und Nüchtern-Glucose bei Visit 1

Von 375 (HDL-C), 373 (TAG) bzw. 374 (Glu) der in die Analysen eingeschlossenen Kinder konnten Laborwerte ermittelt werden. Der Mittelwert des HDL-Cholesterins der Gesamtpopulation betrug $64,9 \pm 14,0$ mg/dl (Min.: 28 mg/dl; Max.: 114mg/dl), der Triglyceride $80,8 \pm 44,3$ mg/dl (Min.: 22 mg/dl; Max.: 358 mg/dl) und der Nüchtern-Glucose $79,7 \pm 8,1$ mg/dl (Min.: 49 mg/dl; Max.: 110 mg/dl) (**Tabelle 11**).

Tabelle 11: HDL-Cholesterin, Triglyceride und Nüchtern-Glucose zu Studienbeginn

	Gruppe	N	MW ± SD	MD	Minimum	Maximum
HDL-C (mg/dl)	IS	214	63,5 ± 12,2	63,3	28,0	101,0
	KS	161	66,8 ± 16,0	64,4	31,0	114,0
	Insgesamt	375	64,9 ± 14,0	63,5	28,0	114,0
TAG (mg/dl)	IS	214	83,0 ± 46,0	72,0	22,0	304,0
	KS	159	77,8 ± 41,9	65,0	28,0	358,0
	Insgesamt	373	80,8 ± 44,3	69,0	22,0	358,0
Glu (mg/dl)	IS	213	80,4 ± 7,2	80,0	63,0	109,0
	KS	161	78,8 ± 9,2	79,0	49,0	110,0
	Insgesamt	374	79,7 ± 8,1	80,0	49,0	110,0

N: Anzahl; **MW ± SD:** Mittelwert ± Standardabweichung; **MD:** Median; **Min:** Minimum; **Max:** Maximum; **IS:** Interventionsschulen; **KS:** Kontrollschulen; **HDL-C:** HDL-Cholesterin; **TAG:** Triglyceride; **Glu:** Nüchtern-Glucose

Legt man die IDF-Grenzwerte zugrunde, dann gilt als erniedrigtes HDL-Cholesterin hierbei ein Wert <40 mg/dl, als erhöhte Triglyceride ein Wert ≥150 mg/dl und als erhöhte Nüchtern-Glucose ein Wert ≥100 mg/dl (Zimmet, 2007, 304).

Demnach wiesen bei Visit 1 vier Kinder (1,1 %) ein erniedrigtes HDL-Cholesterin auf, wovon sich je zwei Kinder in der Interventions- und zwei Kinder in der Kontrollgruppe befanden (**Abbildung 5**).

Zehn Kinder der Kontrollgruppe und 16 Kinder der Interventionsgruppe (insgesamt 26 Kinder, 7,0 %) hatten erhöhte Triglyceride nach IDF-Definition (**Abbildung 6**).

Unter Verwendung der Grenzwerte der AGA hatten 22 Kinder der Kontrollgruppe und 45 Kinder der Interventionsgruppe (insgesamt 67 Kinder, 18 %) bei Visit 1 erhöhte Triglyceride (**Abbildung 7**).

Drei Kinder der Interventionsgruppe und drei Kinder der Kontrollgruppe (insgesamt sechs Kinder, 1,6 %) wiesen eine erhöhte Nüchtern-Glucose auf (**Abbildung 8**).

Abbildung 5: Häufigkeit von Kindern mit HDL-Cholesterin-Werten ober- und unterhalb der Grenzwerte der IDF zu Studienbeginn

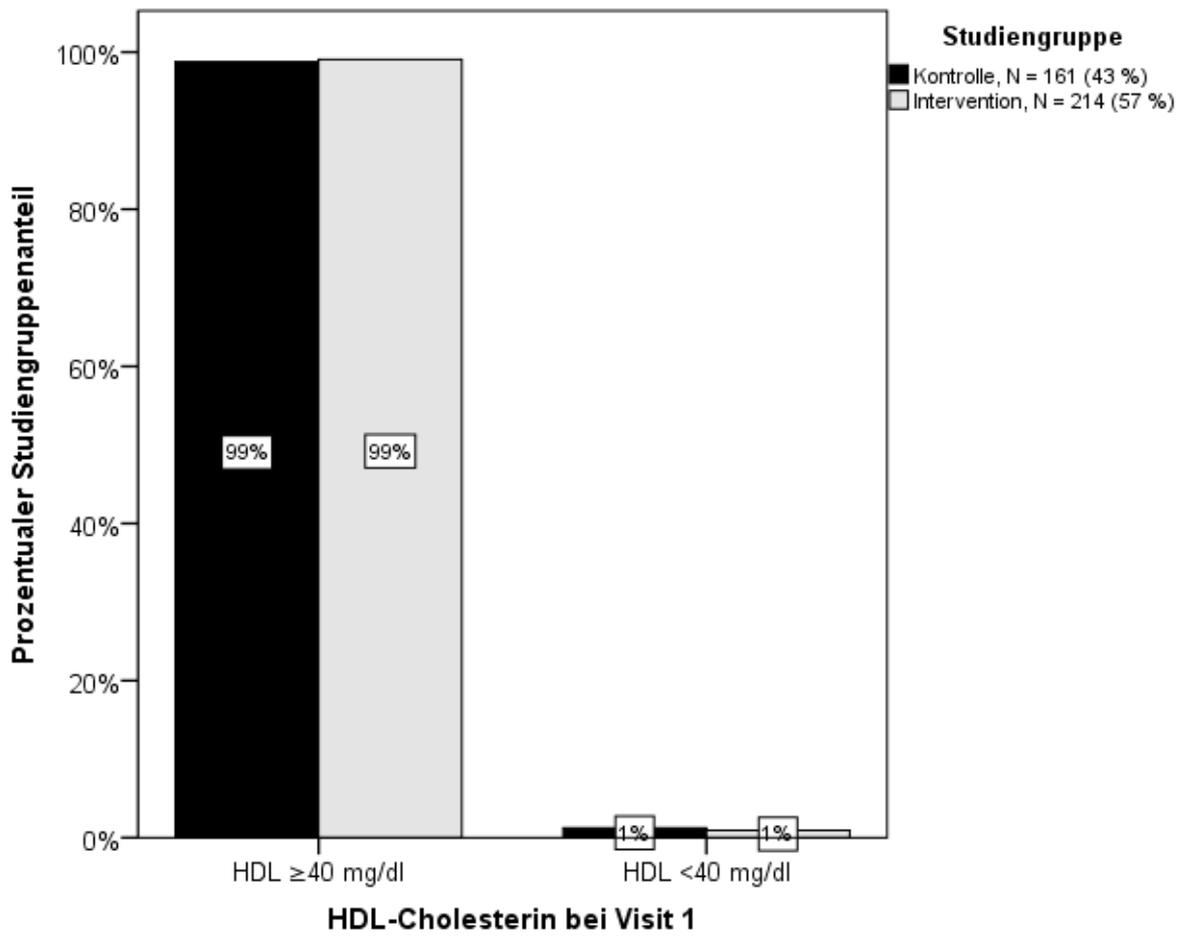


Abbildung 6: Häufigkeit von Kindern mit Triglycerid-Werten ober- und unterhalb der Grenzwerte der IDF zu Studienbeginn

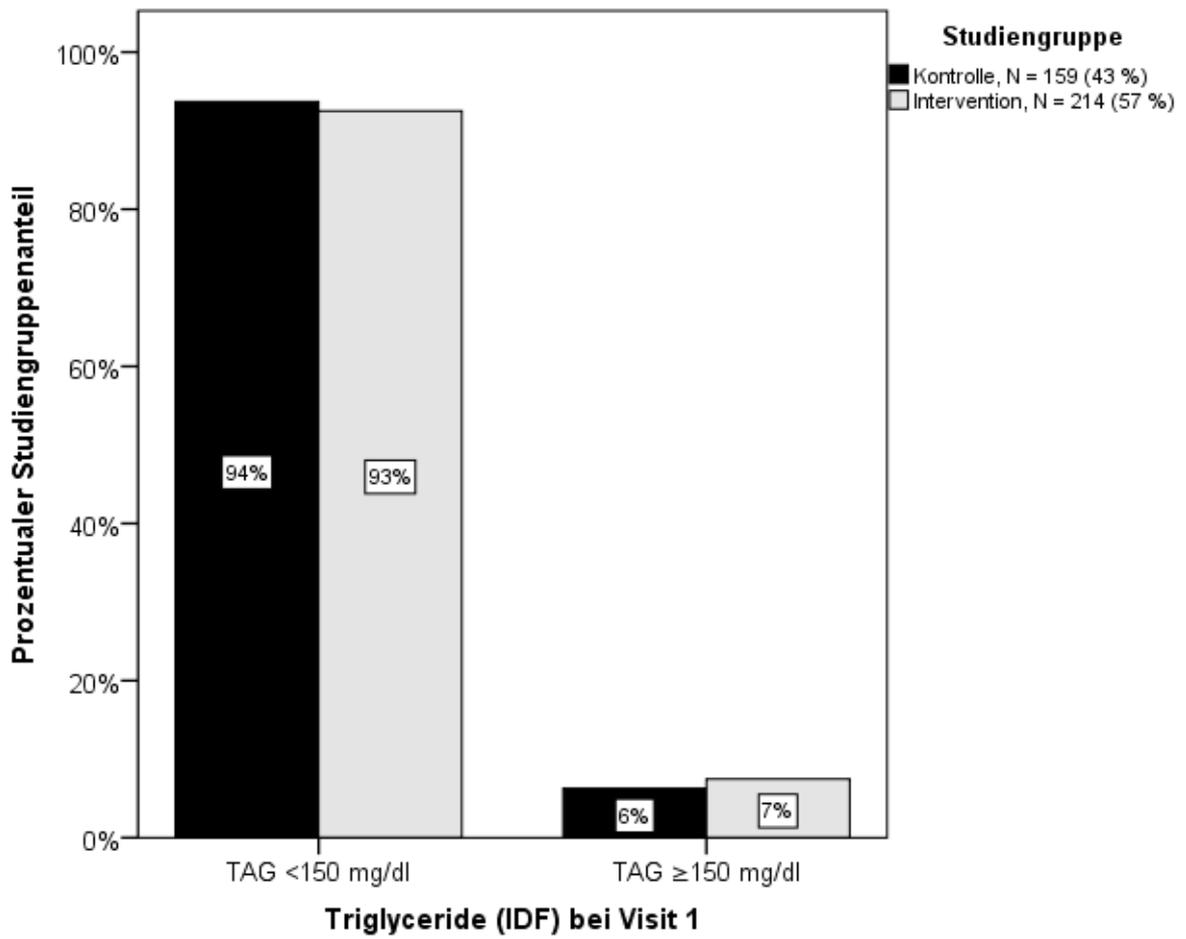


Abbildung 7: Häufigkeit von Kindern mit Triglycerid-Werten ober- und unterhalb der Grenzwerte der AGA zu Studienbeginn

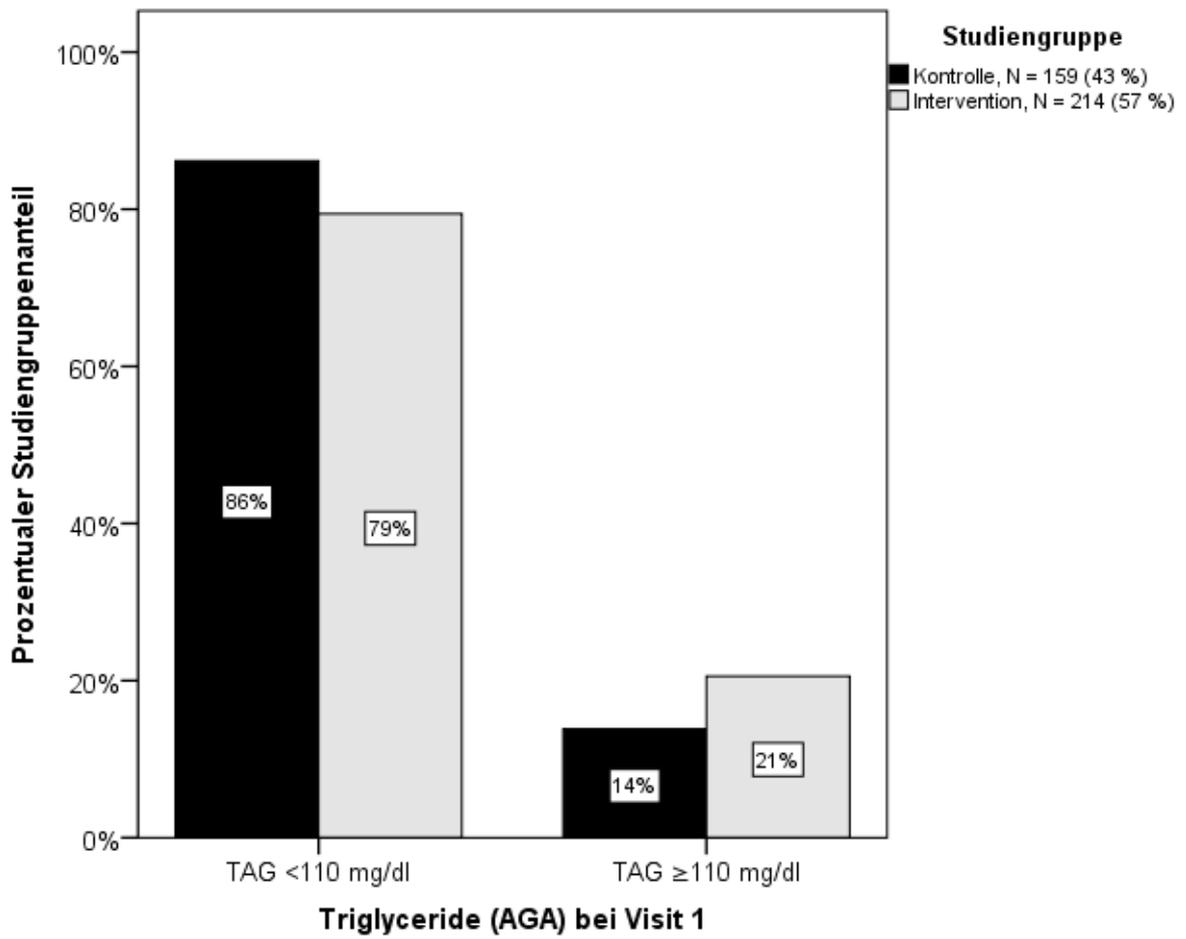
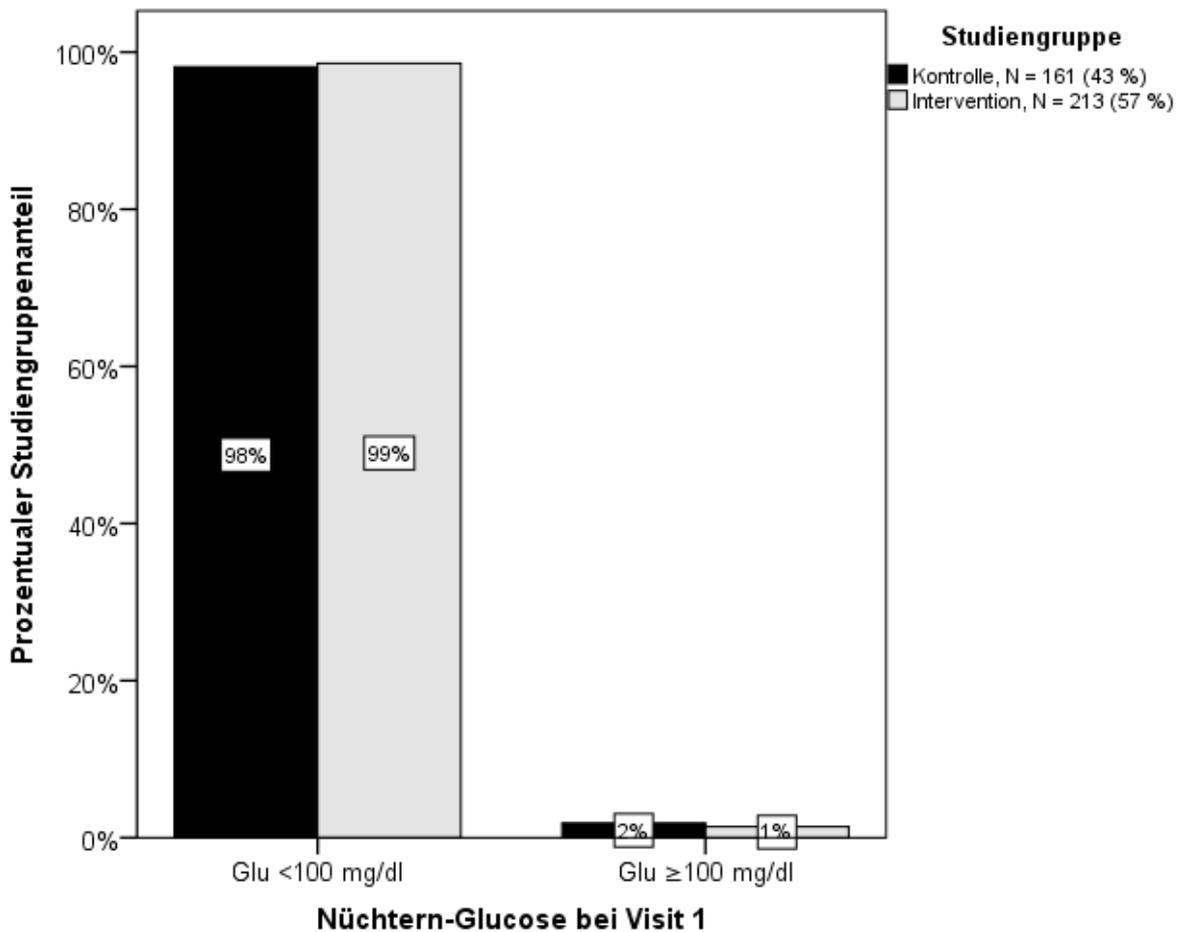


Abbildung 8: Häufigkeit von Kindern mit Nüchtern-Glucose-Werten ober- und unterhalb der Grenzwerte der IDF zu Studienbeginn

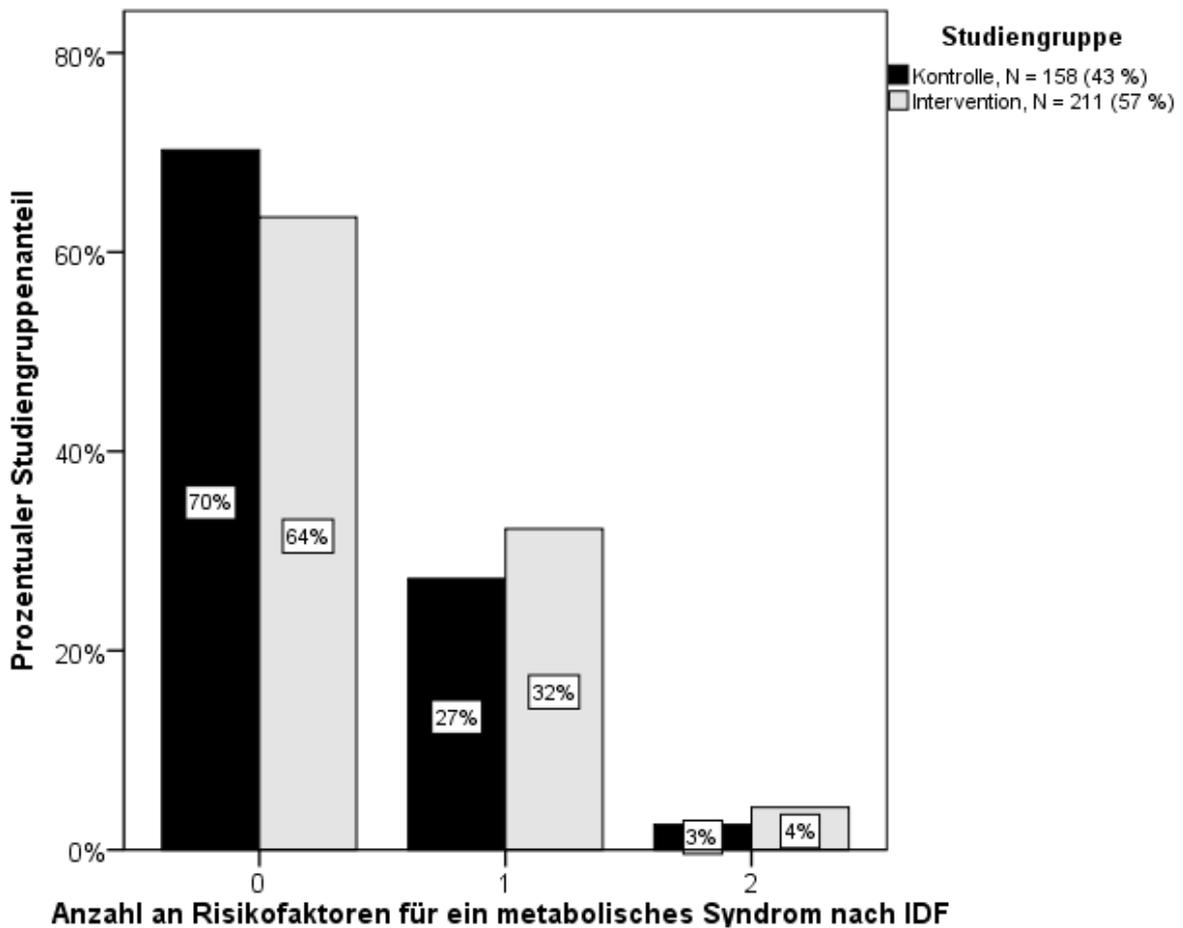


4.1.6 Das metabolische Syndrom unter Verwendung der IDF-Definition bei Visit 1

Dem Bauchumfang kommt innerhalb der IDF-Definition eine besondere Bedeutung zu, d.h. dass ohne einen erhöhten Bauchumfang kein metabolisches Syndrom vorliegt, auch wenn mehrere andere Parameter außerhalb ihres Referenzbereiches liegen. Diese Parameter bestehen aus Blutdruck, HDL-Cholesterin, Triglyceride und Nüchtern-Glucose. Liegt ein erhöhter Bauchumfang vor und sind zusätzlich zwei weitere dieser vier Parameter verändert, so wird nach der IDF-Definition von einem metabolischen Syndrom gesprochen.

Abgesehen vom Bauchumfang waren bei 245 Kindern (66,4 %) weder die Blutparameter noch der systolische oder diastolische Blutdruck verändert. 111 Kinder (30,1 %) hatten einen Risikofaktor und 13 Kinder (3,5 %) zwei Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom bei Visit 1. Kein Kind hatte gleichzeitig mehr als zwei Risikofaktoren (**Abbildung 9**).

Abbildung 9: Häufigkeit von Kindern mit Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF zu Studienbeginn



Betrachtet man nun die Anzahl an Risikofaktoren und gleichzeitig die Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie, so lag bei 26,9 % der normalgewichtigen Kinder ein Risikofaktor für ein metabolisches Syndrom vor. Von den übergewichtigen Kindern hatten 30,6 % und von den adipösen Kindern 51,0 % einen Risikofaktor. Bei 0,8 % der normalgewichtigen, 6,1 % der übergewichtigen und 16,3 % der adipösen Kinder waren zwei Risikofaktor für ein metabolisches Syndrom außerhalb des Referenzbereiches.

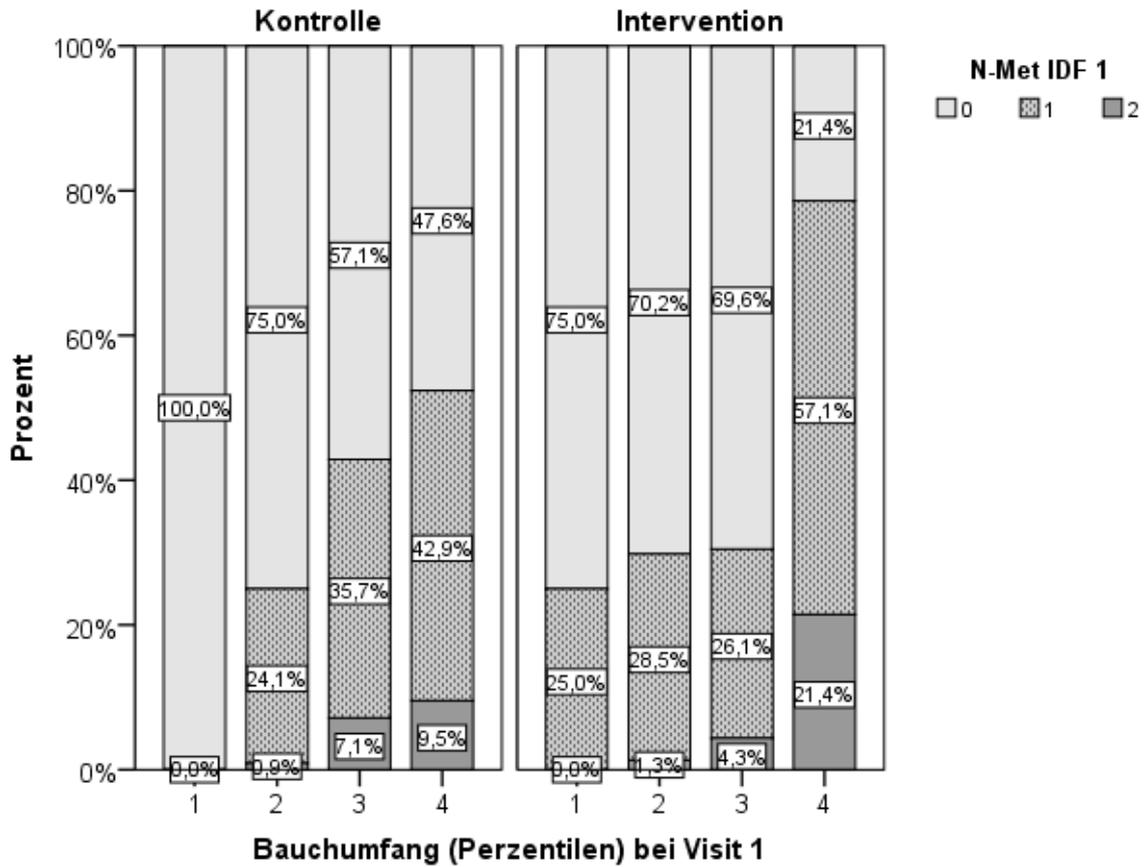
Bei vier Kindern (2,5 %) der Kontrollschulen und sieben Kindern (3,3 %) der Interventionschulen lag ein metabolisches Syndrom vor. Nach IDF-Definition hatten somit bei Visit 1 insgesamt elf Kinder (3,0 %) ein metabolisches Syndrom (**Tabelle 12, Abbildung 11**).

Tabelle 12: Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie und Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF zu Studienbeginn

Studiengruppe			N-Met IDF 1			Gesamt	
			0	1	2		
KS	BU-Kat 1	1	N	6	0	0	6
			%	100,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
		2	N	79	25	0	104
			%	76,0 %	24,0 %	0,0 %	100,0 %
		3	N	16	9	2	27
			%	59,3 %	33,3 %	7,4 %	100,0 %
		4	N	10	9	2	21
			%	47,6 %	42,9 %	9,5 %	100,0 %
	Gesamt		N	111	43	4	158
			%	70,3 %	27,2 %	2,5 %	100,0 %
IS	BU-Kat 1	1	N	9	3	0	12
			%	75,0 %	25,0 %	0,0 %	100,0 %
		2	N	104	43	2	149
			%	69,8 %	28,9 %	1,3,0 %	100,0 %
		3	N	15	6	1	22
			%	68,2 %	27,3 %	4,5 %	100,0 %
		4	N	6	16	6	28
			%	21,4 %	57,1 %	21,4 %	100,0 %
	Gesamt		N	134	68	9	211
			%	63,5 %	32,2 %	4,3 %	100,0 %
Gesamt	BU-Kat 1	1	N	15	3	0	18
			%	83,3 %	16,7 %	0,0 %	100,0 %
		2	N	183	68	2	253
			%	72,3 %	26,9 %	0,8 %	100,0 %
		3	N	31	15	3	49
			%	63,3 %	30,6 %	6,1 %	100,0 %
		4	N	16	25	8	49
			%	32,7 %	51,0 %	16,3 %	100,0 %
	Gesamt		N	245	111	13	369
			%	66,4 %	30,1 %	3,5 %	100,0 %

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **BU-Kat 1:** Kategorie des Bauchumfangs bei Visit 1; **N:** Anzahl; **%:** innerhalb von BU-Kategorie bei Visit 1; **BU-Kategorie: 1** = untergewichtig (≤ 10 . Perzentile); **2** = normalgewichtig (>10 . – 90. Perzentile); **3** = übergewichtig (>90 . – 97. Perzentile); **4** = adipös (>97 . – 99,5. Perzentile); **N-Met IDF 1:** Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF bei Visit 1; **Grau hinterlegt:** Kinder mit metabolischem Syndrom nach IDF bei Visit 1

Abbildung 10: Graphische Darstellung der Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie und Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF zu Studienbeginn

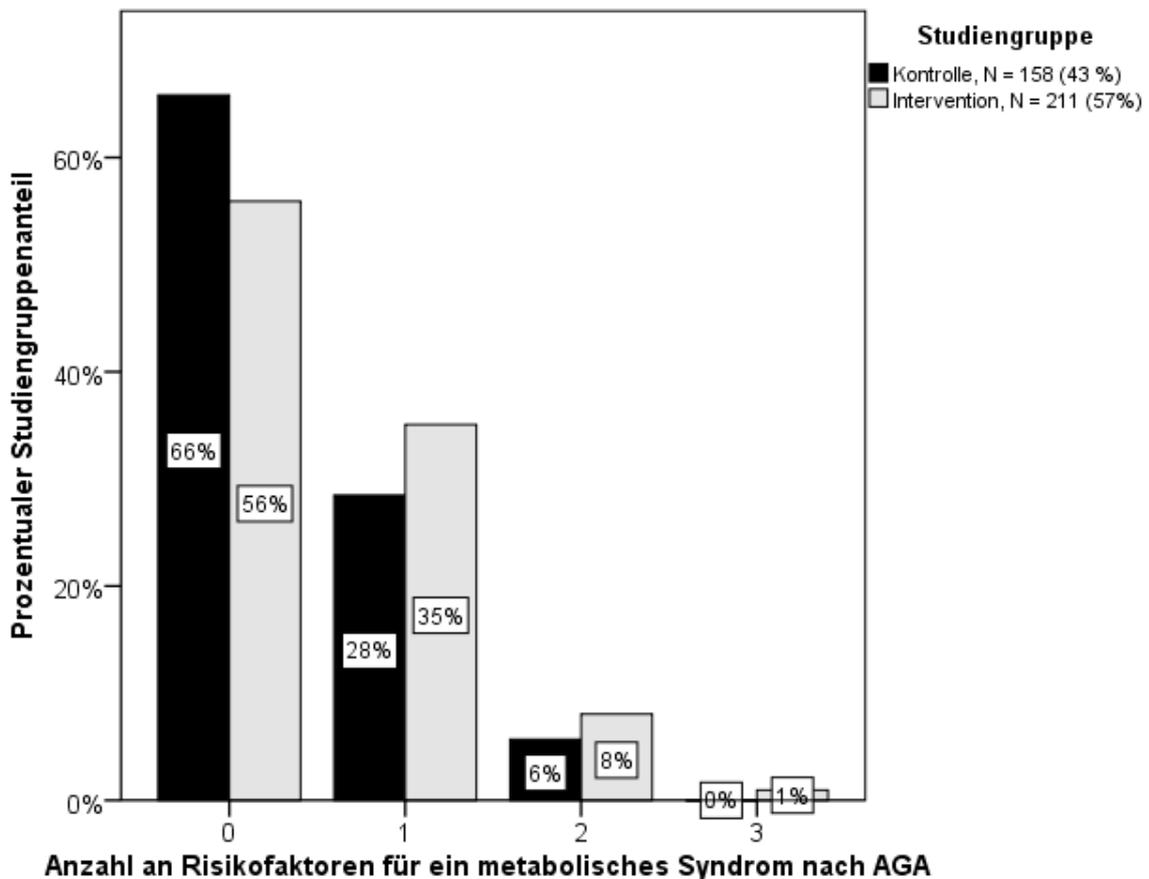


BU-Perzentilen-Kategorie: **1** = untergewichtig (≤ 10 . Perzentile); **2** = normalgewichtig (>10 . – 90. Perzentile); **3** = übergewichtig (>90 . – 97. Perzentile); **4** = adipös (>97 . – 99,5. Perzentile); **N-Met IDF 1:** Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF bei Visit 1

4.1.7 Das metabolische Syndrom unter Verwendung der modifizierten Grenzwerte für Triglyceride der AGA bei Visit 1

Unter Verwendung des modifizierten Grenzwertes für Triglyceride nach AGA hatten bei Visit 1 222 Kinder (60,2 %) weder veränderte Blutparameter noch einen erhöhten systolischen oder diastolischen Blutdruck. 119 Kinder (32,2 %) hatten einen Risikofaktor, 26 Kinder (7,0 %) zwei Risikofaktoren und zwei Kinder drei Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom (**Abbildung 11**).

Abbildung 11: Häufigkeit von Kindern mit Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA zu Studienbeginn



Bei 31,2 % der normalgewichtigen Kinder lag ein Risikofaktor für ein metabolisches Syndrom vor. Von den übergewichtigen Kindern hatten 36,7 % und von den adipösen Kindern 36,7 % einen Risikofaktor. Bei 2,4 % der normalgewichtigen, 8,2 % der übergewichtigen und 32,7 % der adipösen Kinder waren zwei Risikofaktor für ein metabolisches Syndrom außerhalb des Referenzbereiches. Bei einem übergewichtigen und einem adipösen Kind waren drei Risikofaktoren vorhanden.

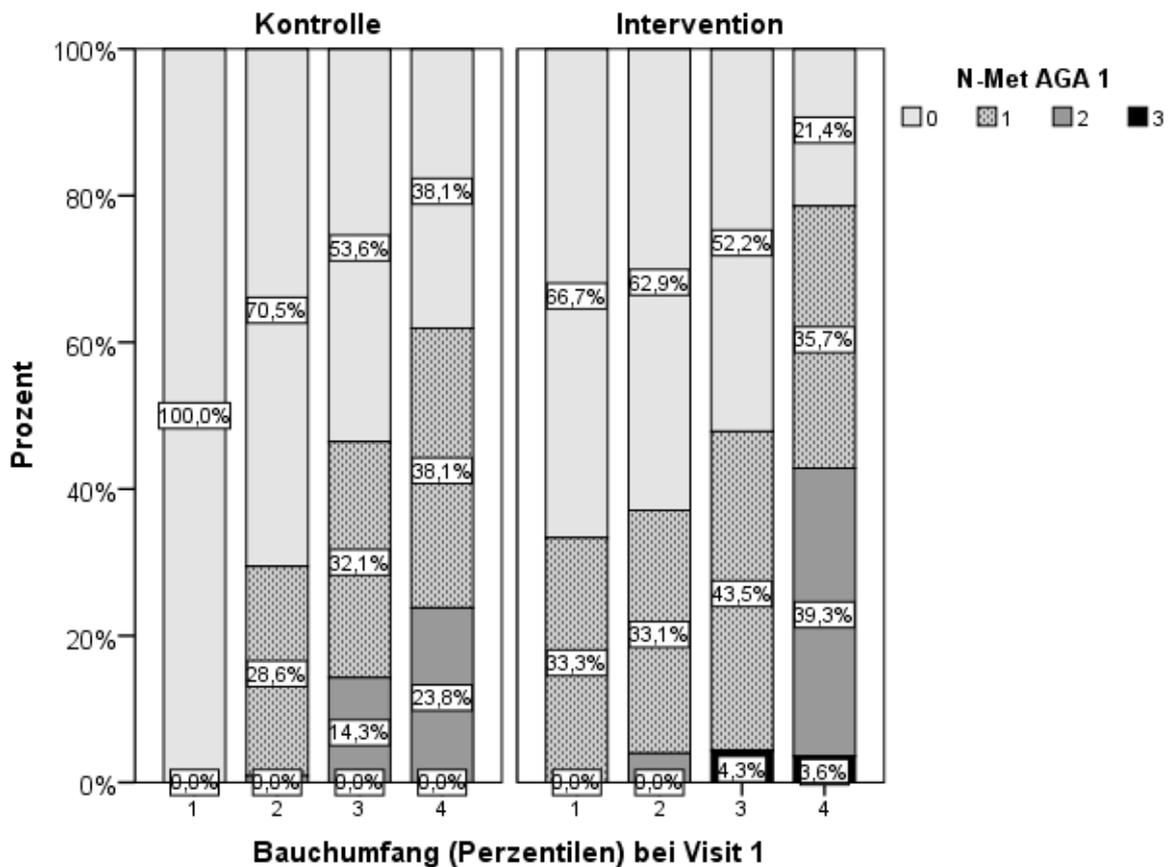
Ein metabolisches Syndrom lag in den Kontrollschulen bei neun Kindern (5,7 %) und in den Interventionsschulen bei 13 Kindern (6,2 %) vor. Modifiziert man den Grenzwert für Triglyceride nach dem Vorschlag der AGA, so hatten bei Visit 1 insgesamt 22 Kinder (6,0 %) ein metabolisches Syndrom (**Tabelle 13, Abbildung 12**).

Tabelle 13: Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie und Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA zu Studienbeginn

Studiengruppe			N-Met AGA 1				Gesamt	
			0	1	2	3		
KS	BU-Kat 1	1	N	6	0	0	0	6
			%	100,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
		2	N	75	29	0	0	104
			%	72,1 %	27,9 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
		3	N	15	8	4	0	27
			%	55,6 %	29,6 %	14,8 %	0,0 %	100,0 %
		4	N	8	8	5	0	21
			%	38,1 %	38,1 %	23,8 %	0,0 %	100,0 %
	Gesamt		N	104	45	9	0	158
			%	65,8 %	28,5 %	5,7 %	0,0 %	100,0 %
IS	BU-Kat 1	1	N	8	4	0	0	12
			%	66,7 %	33,3 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
		2	N	93	50	6	0	149
			%	62,4 %	33,6 %	4,0 %	0,0 %	100,0 %
		3	N	11	10	0	1	22
			%	50,0 %	45,5 %	0,0 %	4,5 %	100,0 %
		4	N	6	10	11	1	28
			%	21,4 %	35,7 %	39,3 %	3,6 %	100,0 %
	Gesamt		N	118	74	17	2	211
			%	55,9 %	35,1 %	8,1 %	0,9 %	100,0 %
Gesamt	BU-Kat 1	1	N	14	4	0	0	18
			%	77,8 %	22,2 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
		2	N	168	79	6	0	253
			%	66,4 %	31,2 %	2,4 %	0,0 %	100,0 %
		3	N	26	18	4	1	49
			%	53,1 %	36,7 %	8,2 %	2,0 %	100,0 %
		4	N	14	18	16	1	49
			%	28,6 %	36,7 %	32,7 %	2,0 %	100,0 %
	Gesamt		N	222	119	26	2	369
			%	60,2 %	32,2 %	7 %	0,5 %	100,0 %

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **BU-Kat 1:** Kategorie des Bauchumfangs bei Visit 1; **N:** Anzahl; **%:** innerhalb von BU-Kategorie bei Visit 1; **BU-Kategorie: 1** = untergewichtig (≤ 10 . Perzentile); **2** = normalgewichtig (>10 . – 90. Perzentile); **3** = übergewichtig (>90 . – 97. Perzentile); **4** = adipös (>97 . – 99,5. Perzentile); **N-Met AGA 1:** Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA bei Visit 1; **Grau hinterlegt:** Kinder mit metabolischem Syndrom nach AGA bei Visit 1

Abbildung 12: Graphische Darstellung der Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie und Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA zu Studienbeginn



BU-Perzentilen-Kategorie: 1 = untergewichtig (≤ 10 . Perzentile); 2 = normalgewichtig (>10 . – 90. Perzentile); 3 = übergewichtig (>90 . – 97. Perzentile); 4 = adipös (>97 . – 99,5. Perzentile); **N-Met AGA 1:** Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA bei Visit 1

4.2 Auswirkung der Intervention über den Zeitraum von 18 Monate (Visit 1-3) auf die Studienpopulation

Von den 278 Kindern (122 Mädchen, 43,9 %) waren 123 Schüler in den Interventionschulen und 155 Schüler in den Kontrollschulen. Ausgeschlossen aus den Analysen wurden zwei Kinder aufgrund einer intensiven medikamentösen Behandlung mit Ritalin bzw. Cortison.

4.2.1 Body-Mass-Index, BMI-SDS und Perzentilen-Kategorie des Body-Mass-Index nach 18-monatiger Intervention

Der Body-Mass-Index stieg in der Kontrollgruppe von 19,4 auf 20,6 ($p < 0,001$). Der BMI-SDS war bei beiden Visits gleich und betrug 0,47.

In der Interventionsgruppe stieg der BMI von 19,3 auf 20,7 ($p < 0,001$). Der BMI-SDS betrug zu Studienbeginn 0,38 und nach 18 Monaten 0,47 ($p = 0,003$).

Die Differenz der mittleren Änderung des Body-Mass-Index zwischen Interventions- und Kontrollgruppe betrug $-0,18 \text{ kg/m}^2$ ($p = 0,247$). Die Differenz der mittleren Änderung des BMI-SDS zwischen Interventions- und Kontrollgruppe betrug $-0,079$ ($p = 0,101$) (**Tabelle 14**).

Tabelle 14: Veränderung des Body-Mass-Index und BMI-SDS nach 18-monatiger Intervention

	Gruppe	N	V1 MW \pm SD	V3 MW \pm SD	Diff. V3 – V1 (95%-CI)	P V1-V3	Diff. Gruppen (95%-CI)	P Δ V3/V1
BMI (kg/m^2)	KS	123	19,4 \pm 3,2	20,6 \pm 3,6	1,2 (0,97; 1,26)	<0,001	-0,18 (-0,49; 0,13)	0,247
	IS	155	19,3 \pm 3,9	20,7 \pm 4,2	1,4 (1,20; 1,59)	<0,001		
BMI-SDS	KS	123	0,47 \pm 1,02	0,47 \pm 1,09	0,009 (-0,068; 0,086)	0,814	-0,079 (-0,173; 0,016)	0,101
	IS	155	0,38 \pm 1,16	0,47 \pm 1,13	0,088 (0,030; 0,146)	0,003		

N: Anzahl; **V1:** Visit 1; **V3:** Visit 3; **MW \pm SD:** Mittelwert \pm Standardabweichung; **Diff. V3-V1:** Mittlere Differenz innerhalb der Gruppe zwischen V3 und V1; **p V1-V3:** p innerhalb der Gruppe V1-V3; **Diff. Gruppen:** Differenz der mittleren Änderung zwischen den Gruppen; **p Δ V3/V1:** p zwischen den Gruppen; **CI:** Konfidenzintervall; **KS:** Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **BMI:** Body-Mass-Index

In beiden Studiengruppen bestand eine starke Korrelation des BMI (IS: $r = 0,96$, $p < 0,001$; KS: $r = 0,92$, $p < 0,001$) und des BMI-SDS (IS: $r = 0,95$, $p < 0,001$; KS: $r = 0,92$, $p < 0,001$) zu Projektbeginn und nach 18 Monaten (**Abbildung 13**, **Abbildung 14**).

Abbildung 13: Korrelation des Body-Mass-Index zu Studienbeginn und nach 18 Monaten

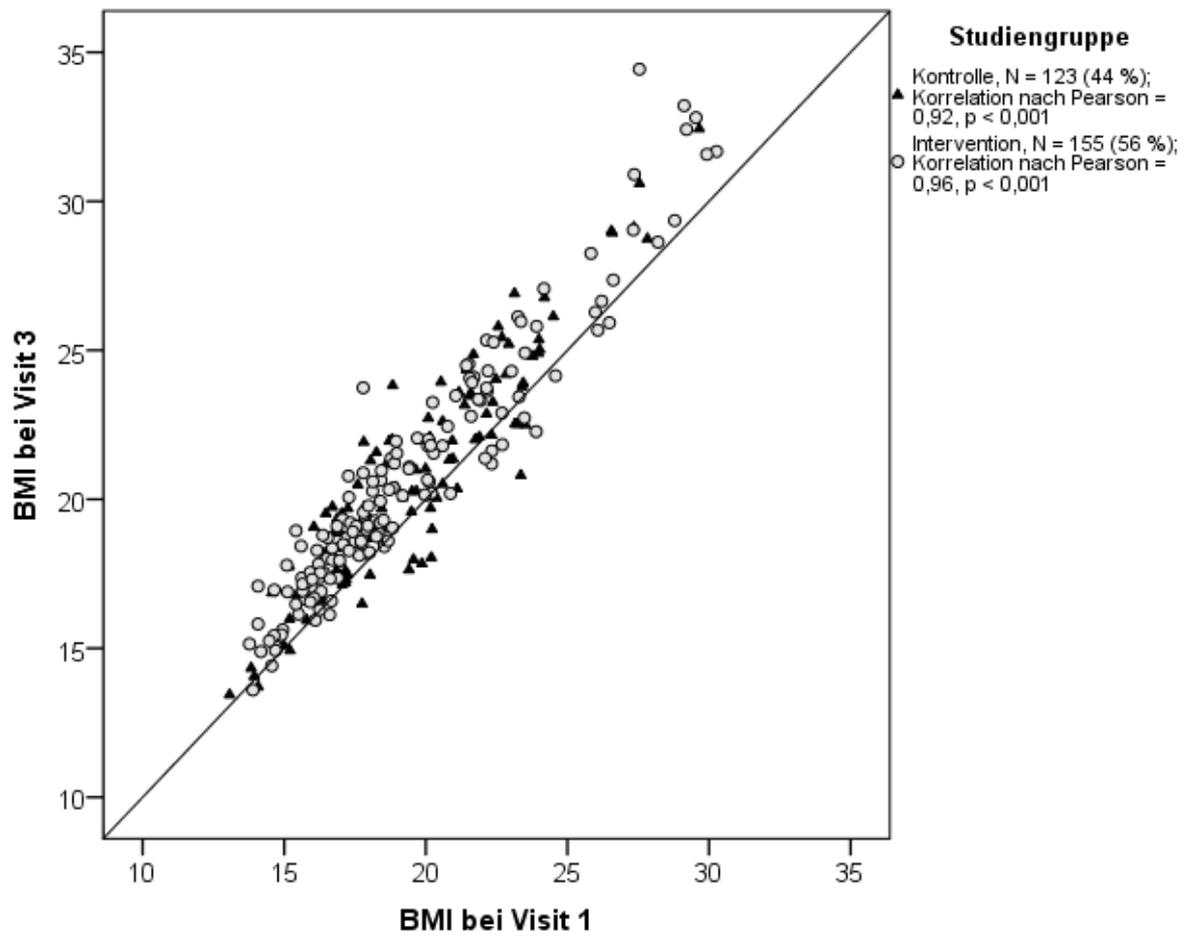
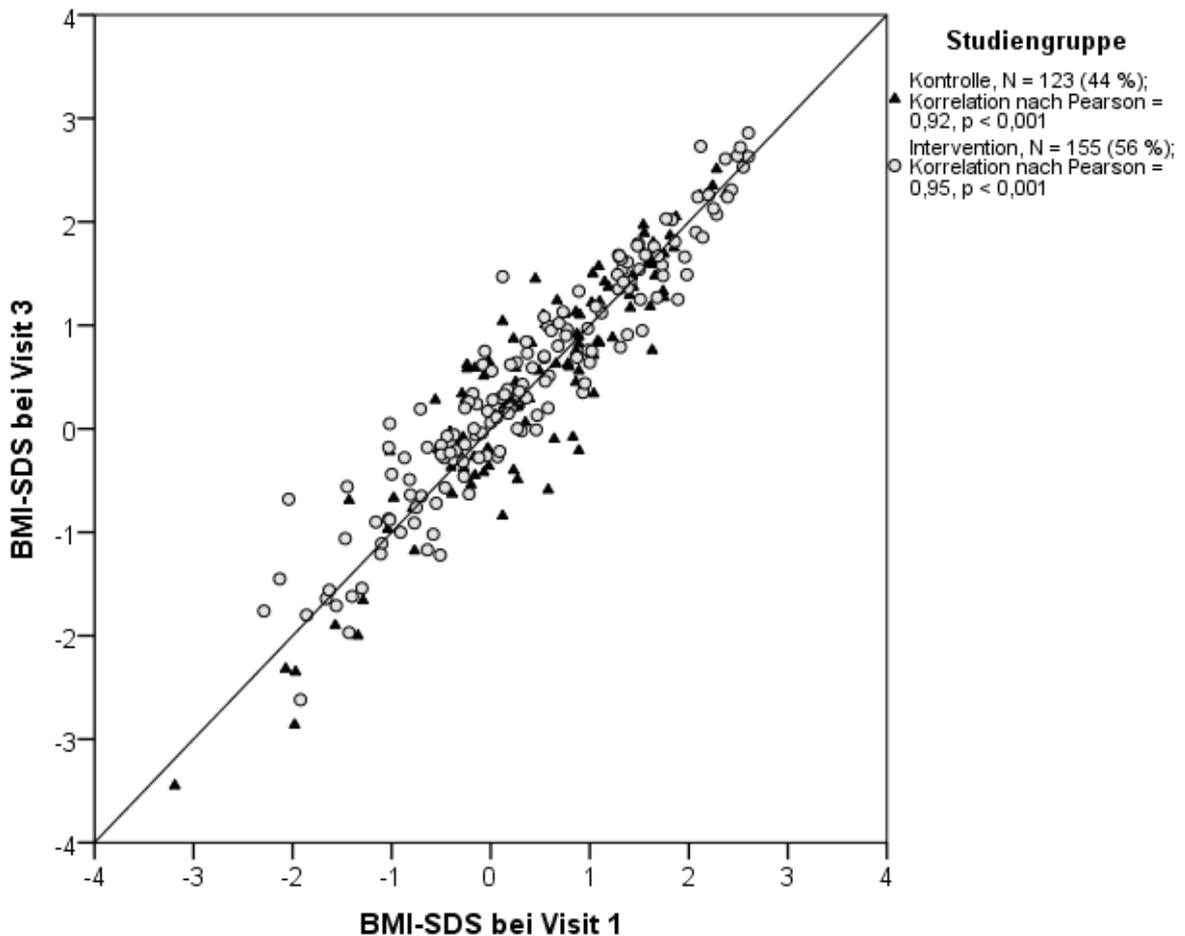


Abbildung 14: Korrelation des BMI-SDS zu Studienbeginn und nach 18 Monaten

Bezogen auf die BMI-Perzentilen-Kategorie änderten in der Kontrollgruppe 108 Kinder (87,8 %) ihre Gewichtsklasse nicht. Bei neun Kindern (7,3 %) nahm das Gewicht zu. Hier von wurden fünf normalgewichtige übergewichtig und drei übergewichtige adipös. Bei sechs Kindern (4,9 %) nahm das Gewicht ab. Hiervon waren vier Kinder anstatt adipös normalgewichtig.

In der Interventionsgruppe änderten 135 Kinder (87,1 %) ihre Gewichtsklasse nicht. Bei zehn Kindern (6,4 %) nahm das Gewicht zu. Hiervon waren fünf anstatt normalgewichtig übergewichtig und zwei anstatt übergewichtig adipös. Bei zehn Kindern (6,4 %) nahm das Gewicht ab. Hiervon waren fünf anstatt übergewichtig normalgewichtig, drei anstatt adipös übergewichtig und ein Kind anstatt adipös normalgewichtig.

In beiden Studiengruppen bestand eine positive Korrelation der BMI-Perzentilen-Kategorie (KS: $r = 0,84$, $p < 0,001$; IS: $r = 0,86$, $p < 0,001$) zu Projektbeginn und nach 18 Monaten (**Tabelle 15**).

Tabelle 15: Häufigkeit von Kindern in den einzelnen BMI-Perzentilen-Kategorien zu Studienbeginn und nach 18 Monaten

Studiengruppe			BMI-Kat 3					Gesamt	Korrelation			
			1	2	3	4	5					
KS	BMI-Kat 1	1	N	4	0	0	0	0	4	Kendall-Tau-b = 0,84		
			%	3,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	3,3 %			
		2	N	2	1	1	0	0	4			
			%	1,6 %	0,8 %	0,8 %	0,0 %	0,0 %	3,3 %			
		3	N	0	0	82	5	0	87			
			%	0,0 %	0,0 %	66,7 %	4,1 %	0,0 %	70,7 %			
		4	N	0	0	4	15	3	22			
			%	0,0 %	0,0 %	3,3 %	12,2 %	2,4 %	17,9 %			
		5	N	0	0	0	0	6	6			
			%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	4,9 %	4,9 %			
		Gesamt	N	6	1	87	20	9	123	P < 0,001		
			%	4,9 %	0,8 %	70,7 %	16,3 %	7,3 %	100,0 %			
	IS	BMI-Kat 1	1	N	1	2	1	0	0		4	Kendall-Tau-b = 0,86
				%	0,6 %	1,3 %	0,6 %	0,0 %	0,0 %		2,6 %	
2			N	1	6	2	0	0	9			
			%	0,6 %	3,9 %	1,3 %	0,0 %	0,0 %	5,8 %			
3			N	0	0	96	3	0	99			
			%	0,0 %	0,0 %	61,9 %	1,9 %	0,0 %	63,9 %			
4			N	0	0	5	18	2	25			
			%	0,0 %	0,0 %	3,2 %	11,6 %	1,3 %	16,1 %			
5			N	0	0	1	3	14	18			
			%	0,0 %	0,0 %	0,6 %	1,9 %	9,0 %	11,6 %			
Gesamt			N	2	8	105	24	16	155	P < 0,001		
			%	1,3 %	5,2 %	67,7 %	15,5 %	10,3 %	100 %			

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **BMI-Kat 1:** Body-Mass-Index-Kategorie bei Visit 1; **BMI-Kat 3:** Body-Mass-Index-Kategorie bei Visit 3; **BMI-Kategorie: 1** = stark untergewichtig (≤ 3 . Perzentile); **2** = untergewichtig (>3 . – 10. Perzentile); **3** = normalgewichtig (>10 . – 90. Perzentile); **4** = übergewichtig (>90 . – 97. Perzentile); **5** = adipös (>97 . Perzentile); **N:** Anzahl; **%:** Prozent der Gesamtanzahl; **Grau hinterlegt:** Kinder ohne Änderung der BMI-Kategorie

4.2.2 Bauchumfang und Perzentilen-Kategorie des Bauchumfangs nach 18-monatiger Intervention

In der Kontrollgruppe stieg der Bauchumfang von 65,5 cm auf 68,9 cm ($p < 0,001$).

In der Interventionsgruppe stieg der Bauchumfang von 64,9 cm auf 68,2 cm ($p < 0,001$).

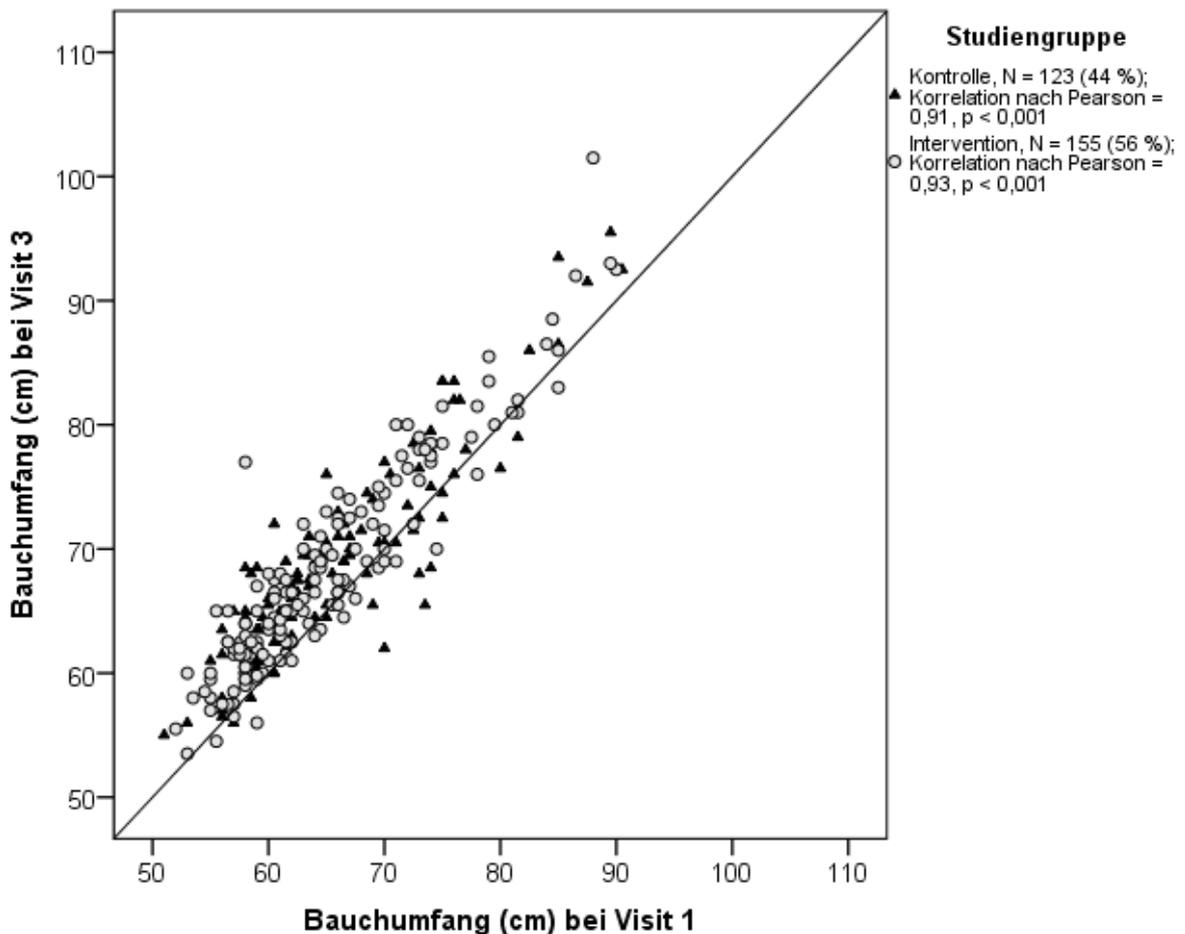
Die Differenz der mittleren Änderung des Bauchumfangs in den Studiengruppen war vergleichbar ($p = 0,907$) (**Tabelle 16**).

Tabelle 16: Veränderung des Bauchumfangs nach 18-monatiger Intervention

Gruppe	N	V1	V3	Diff.	p	Diff. Gruppen	p	
		MW \pm SD	MW \pm SD	V3 – V1 (95%-CI)				V1-V3
BU (cm)	KS	123	65,5 \pm 8,0	68,9 \pm 8,1	3,4 (2,7; 4,0)	<0,001	0,05 (-0,7; 0,8)	0,907
	IS	155	64,9 \pm 8,3	68,2 \pm 8,7	3,3 (2,8; 3,8)	<0,001		

N: Anzahl; **V1:** Visit 1; **V3:** Visit 3; **MW \pm SD:** Mittelwert \pm Standardabweichung; **Diff. V3-V1:** Mittlere Differenz innerhalb der Gruppe zwischen V3 und V1; **p V1-V3:** p innerhalb der Gruppe V1-V3; **Diff. Gruppen:** Differenz der mittleren Änderung zwischen den Gruppen; **p Δ V3/V1:** p zwischen den Gruppen; **CI:** Konfidenzintervall; **KS:** Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **BU:** Bauchumfang

In beiden Studiengruppen bestand eine starke Korrelation des Bauchumfangs (KS: $r = 0,91$, $p < 0,001$; IS: $r = 0,93$, $p < 0,001$) zu Projektbeginn und nach 18 Monaten (**Abbildung 15**).

Abbildung 15: Korrelation des Bauchumfangs zu Studienbeginn und nach 18 Monaten

Bezogen auf die BU-Perzentilen-Kategorie änderten in der Kontrollgruppe nach 18-monatiger Intervention 102 Kinder (82,9 %) ihre Gewichtsklasse nicht. Bei vier Kindern nahm die Kategorie zu. Hiervon waren zwei anstatt normalgewichtig übergewichtig und zwei anstatt übergewichtig adipös. Bei 17 Kindern nahm die Kategorie ab. Hiervon waren neun anstatt übergewichtig normalgewichtig und vier anstatt adipös übergewichtig. Ein Kind war anstatt adipös normalgewichtig.

In der Interventionsgruppe änderten 126 Kinder (81,3 %) ihre Gewichtsklasse nicht. Bei 14 Kindern nahm das Gewicht zu. Hiervon waren sieben anstatt normalgewichtig übergewichtig und zwei anstatt übergewichtig adipös. Bei 15 Kindern nahm das Gewicht ab. Hiervon waren sechs anstatt übergewichtig normalgewichtig, zwei anstatt adipös übergewichtig und ein Kind anstatt adipös normalgewichtig.

In beiden Studiengruppen bestand eine starke Korrelation der Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie (KS: $r = 0,77$, $p < 0,001$; IS: $r = 0,73$, $p < 0,001$) zu Projektbeginn und nach 18 Monaten (**Tabelle 17**).

Tabelle 17: Häufigkeit von Kindern in den einzelnen Bauchumfang-Perzentilen-Kategorien zu Studienbeginn und nach 18 Monaten

Studiengruppe			BU-Kat 3				Gesamt	Korrelation		
			1	2	3	4				
KS	BU-Kat 1	1	N	3	0	0	0	3	Kendall-Tau-b = 0,77	
			%	2,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,4 %		
		2	N	3	80	2	0	85		P < 0,001
			%	2,4 %	65,0 %	1,6 %	0,0 %	69,1 %		
		3	N	0	9	9	2	20		P < 0,001
			%	0,0 %	7,3 %	7,3 %	1,6 %	16,3 %		
		4	N	0	1	4	10	15		P < 0,001
			%	0,0 %	0,8 %	3,3 %	8,1 %	12,2 %		
	Gesamt		N	6	90	15	12	123	P < 0,001	
			%	4,9 %	73,2 %	12,2 %	9,8 %	100,0 %		
IS	BU-Kat 1	1	N	4	5	0	0	9	Kendall-Tau-b = 0,73	
			%	2,6 %	3,2 %	0,0 %	0,0 %	5,8 %		
		2	N	6	94	7	0	107		P < 0,001
			%	3,9 %	60,6 %	4,5 %	0,0 %	69,0 %		
		3	N	0	6	12	2	20		P < 0,001
			%	0,0 %	3,9 %	7,7 %	1,3 %	12,9 %		
		4	N	0	1	2	16	19		P < 0,001
			%	0,0 %	0,6 %	1,3 %	10,3 %	12,3 %		
	Gesamt		N	10	106	21	18	155	P < 0,001	
			%	6,5 %	68,4 %	13,5 %	11,6 %	100,0 %		

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **BU-Kat 1:** Bauchumfang-Kategorie bei Visit 1; **BU-Kat 3:** Bauchumfang-Kategorie bei Visit 3; **BU-Kategorie: 1** = untergewichtig (≤ 10 . Perzentile); **2** = normalgewichtig (> 10 . – 90. Perzentile); **3** = übergewichtig (> 90 . – 97. Perzentile); **4** = adipös (> 97 . – 99,5. Perzentile); **N:** Anzahl; **%:** Prozent der Gesamtanzahl; **Grau hinterlegt:** Kinder ohne Änderung der BU-Kategorie

4.2.3 Der systolische und diastolische Blutdrucks nach 18-monatiger Intervention

In der Kontrollgruppe stieg der systolische Blutdruck von 119,0 mm Hg auf 121,2 mm Hg ($p = 0,015$). Der diastolische Blutdruck stieg von 73,0 mm Hg auf 73,8 mm Hg ($p = 0,308$). In der Interventionsgruppe stieg der SBP von 118,6 mm Hg auf 120,0 mm Hg ($p = 0,086$). Der DBP sank von 75,1 mm Hg auf 73,8 mm Hg ($p = 0,092$).

4. Ergebnisse

Die Differenz der mittleren Änderung des systolischen Blutdrucks in den Studiengruppen betrug 0,72 mm Hg ($p = 0,563$). Die Differenz der mittleren Änderung des diastolischen Blutdrucks betrug 2,12 mm Hg ($p = 0,060$) (**Tabelle 18**).

Tabelle 18: Veränderung des systolischen und diastolischen Blutdrucks nach 18-monatiger Intervention

	Gruppe	N	V1 MW ± SD	V3 MW ± SD	Diff. V3 – V1 (95%-CI)	p V1-V3	Diff. Grup- pen (95%-CI)	p Δ V3/V1
SBP (mm Hg)	KS	121	119,0 ± 8,7	121,2 ± 8,1	2,2 (0,4; 4,0)	0,015	0,72 (-1,73; 3,17)	0,563
	IS	153	118,6 ± 10,4	120,0 ± 9,0	1,4 (-0,2; 3,2)	0,086		
DBP (mm Hg)	KS	121	73,0 ± 7,6	73,8 ± 7,2	0,8 (-0,8; 2,5)	0,308	2,12 (-0,09; 4,32)	0,060
	IS	153	75,1 ± 8,3	73,8 ± 6,2	-1,3 (-2,7; 0,2)	0,092		

N: Anzahl; **V1:** Visit 1; **V3:** Visit 3; **MW ± SD:** Mittelwert ± Standardabweichung; **Diff. V3-V1:** Mittlere Differenz innerhalb der Gruppe zwischen V3 und V1; **p V1-V3:** p innerhalb der Gruppe V1-V3; **Diff. Gruppen:** Differenz der mittleren Änderung zwischen den Gruppen; **p Δ V3/V1:** p zwischen den Gruppen; **CI:** Konfidenzintervall; **KS:** Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **SBP:** systolischer Blutdruck; **DBP:** diastolischer Blutdruck

Im Zeitraum von Visit 1 zu Visit 3 war beim systolischen Blutdruck an den Interventionsschulen eine schwach positive Korrelation feststellbar ($r = 0,41$, $p < 0,001$). Ansonsten bestand keine Korrelation des systolischen sowie diastolischen Blutdruckes (**Tabelle 19**).

Tabelle 19: Korrelation des systolischen und diastolischen Blutdrucks zu Studienbeginn und nach 18 Monaten

	Gruppe	N	V1 MW ± SD	V3 MW ± SD	Korrelation nach Spearman	Signifikanz
SBP (mm Hg)	KS	121	119,0 ± 8,7	121,2 ± 8,1	0,31	P = 0,001
	IS	153	118,6 ± 10,4	120,0 ± 9,0	0,41	P < 0,001
DBP (mm Hg)	KS	121	73,0 ± 7,6	73,8 ± 7,2	0,20	P = 0,024
	IS	153	75,1 ± 8,3	73,8 ± 6,2	0,23	P = 0,004

SBP: systolischer Blutdruck; **DBP:** diastolischer Blutdruck; **N:** Anzahl; **KS:** Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen

In der Kontrollgruppe hatten 76 Kinder (62,8 %) zu keinem Zeitpunkt einen erhöhten Blutdruck. Bei 13 (10,7 %) Kindern war der Blutdruck sowohl bei Visit 1 als auch bei Visit 3 erhöht.

In der Interventionsgruppe hatten 18 Kindern (11,8 %) sowohl bei Visit 1 als auch bei Visit 3 und 95 Kinder (62,1 %) zu keinem Zeitpunkt einen erhöhten Blutdruck (**Tabelle 20**).

Tabelle 20: Häufigkeit von Kindern mit einem Blutdruck ober- und unterhalb der Grenzwerte der IDF zu Studienbeginn und nach 18 Monaten

Studiengruppe				Blutdruck bei Visit 3		Gesamt	
				nicht erhöht	erhöht		
KS	Blutdruck bei Visit1	nicht erhöht	N	76	17	93	
			%	62,8 %	14,0 %	76,9 %	
		Erhöht	N	15	13	28	
			%	12,4 %	10,7 %	23,1 %	
	Gesamt			N	91	30	121
				%	75,2 %	24,8 %	100,0 %
IS	Blutdruck bei Visit1	nicht erhöht	N	95	11	106	
			%	62,1 %	7,2 %	69,3 %	
		Erhöht	N	29	18	47	
			%	19,0 %	11,8 %	30,7 %	
	Gesamt			N	124	29	153
				%	81,0 %	19,0 %	100,0 %

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **N:** Anzahl; **%:** Prozent der Gesamtanzahl

4.2.4 HDL-Cholesterin, Triglyceride und Nüchtern-Glucose nach 18-monatiger Intervention

In der Kontrollgruppe sank das HDL-Cholesterin von 66,3 mg/dl auf 55,3 mg/dl ($p < 0,001$). Der Mittelwert der Triglyceride stieg von 79,9 mg/dl auf 82,7 mg/dl ($p = 0,469$). Die Nüchtern-Glucose sank von 79,4 mg/dl auf 78,9 mg/dl ($p = 0,685$).

In der Interventionsgruppe sank das HDL-Cholesterin von 64,2 mg/dl auf 57,0 mg/dl ($p < 0,001$). Der Mittelwert der Triglyceride stieg von 79,0 mg/dl auf 80,1 mg/dl ($p = 0,778$). Die Nüchtern-Glucose sank von 80,7 mg/dl auf $77,0 \pm 8,7$ mg/dl ($p < 0,001$).

Das HDL-Cholesterin sank in den Kontrollschulen deutlicher als in den Interventionsschulen ($p = 0,008$). Die Änderung der Triglyceride war zwischen beiden Studiengruppen ver-

4. Ergebnisse

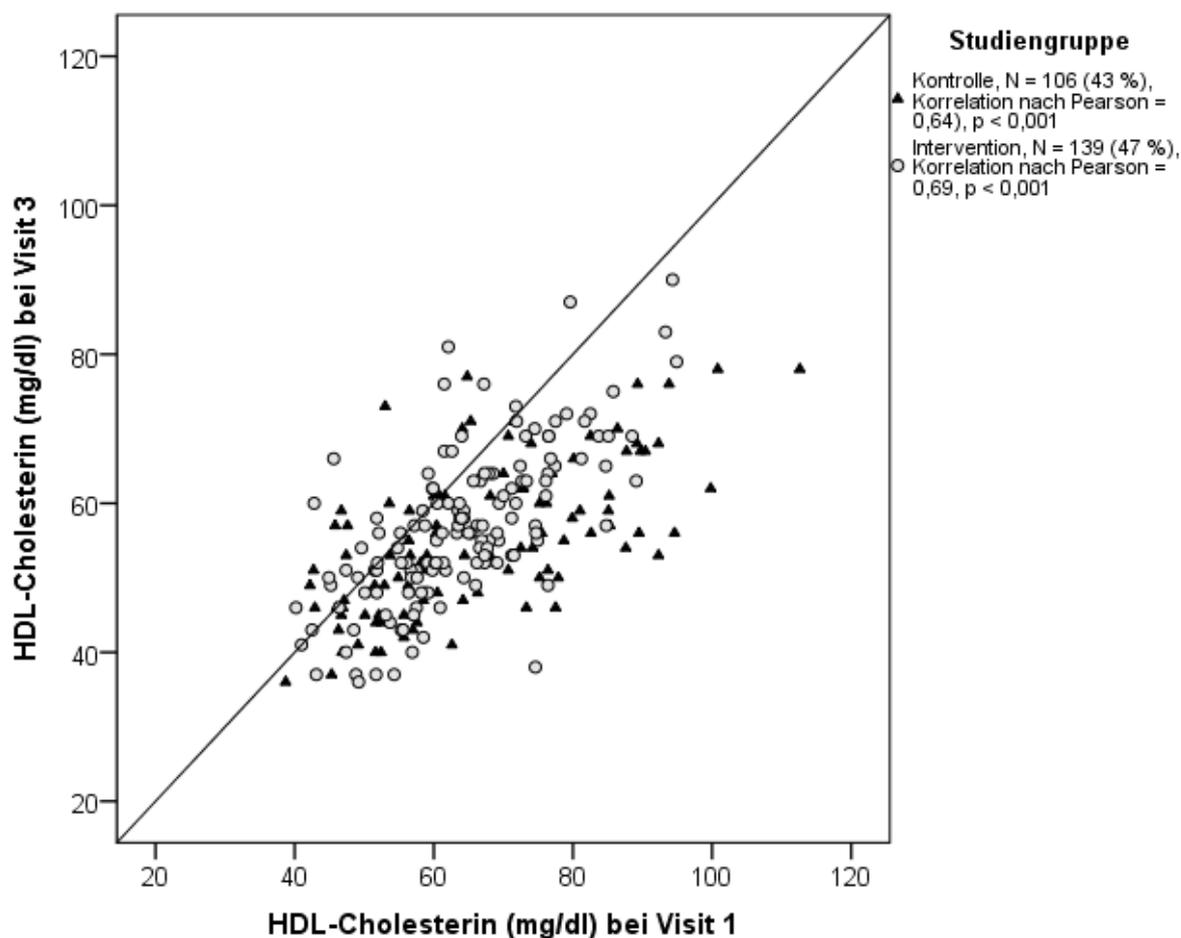
gleichbar ($p = 0,752$). Die Nüchtern-Glucose sank in den Interventionsschulen deutlicher als in den Kontrollschulen ($p = 0,014$) (**Tabelle 21**).

Tabelle 21: Veränderung des HDL-Cholesterins, der Triglyceride und der Nüchtern-Glucose nach 18-monatiger Intervention

	Gruppe	N	V1 MW ± SD	V3 MW ± SD	Diff. V3 – V1 (95%-CI)	p V1-V3	Diff. Gruppen (95%-CI)	p Δ V3/V1
HDL-C (mg/dl)	KS	106	66,3 ± 15,7	55,3 ± 9,8	-11,0 (-13,3; -8,6)	<0,001	-3,74 (-6,49; -0,99)	0,008
	IS	139	64,2 ± 11,7	57,0 ± 10,5	-7,2 (-8,7; -5,7)	<0,001		
TAG (mg/dl)	KS	105	79,9 ± 43,7	82,7 ± 40,6	2,8 (-4,9; 10,5)	0,469	1,75 (-9,13; 12,62)	0,752
	IS	139	79,0 ± 39,9	80,1 ± 43,5	1,1 (-6,4; 8,6)	0,880		
Glu (mg/dl)	KS	106	79,4 ± 9,2	78,9 ± 11,7	-0,5 (-2,6; 1,7)	0,685	3,15 (0,63; 5,66)	0,014
	IS	139	80,7 ± 7,0	77,0 ± 8,7	-3,6 (-5,1; -2,1)	<0,001		

N: Anzahl; **V1:** Visit 1; **V3:** Visit 3; **MW ± SD:** Mittelwert ± Standardabweichung; **Diff. V3-V1:** Mittlere Differenz innerhalb der Gruppe zwischen V3 und V1; **p V1-V3:** p innerhalb der Gruppe V1-V3; **Diff. Gruppen:** Differenz der mittleren Änderung zwischen den Gruppen; **p Δ V3/V1:** p zwischen den Gruppen; **CI:** Konfidenzintervall; **KS:** Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **HDL-C:** HDL-Cholesterin; **TAG:** Triglyceride; **Glu:** Nüchtern-Glucose

In beiden Studiengruppen bestand beim HDL-Cholesterin eine positive Korrelation (KS: $r = 0,64$, $p < 0,001$; IS: $r = 0,69$, $p < 0,001$) zu Projektbeginn und nach 18 Monaten (**Abbildung 16**).

Abbildung 16: Korrelation des HDL-Cholesterins zu Studienbeginn und nach 18 Monaten

In der Kontrollgruppe war bei 104 Kindern (98,1 %) das HDL-Cholesterin bei beiden Visits normal. Bei einem Kind (0,9 %) fiel bei Visit 1 und 3 ein erniedrigtes HDL-Cholesterin auf.

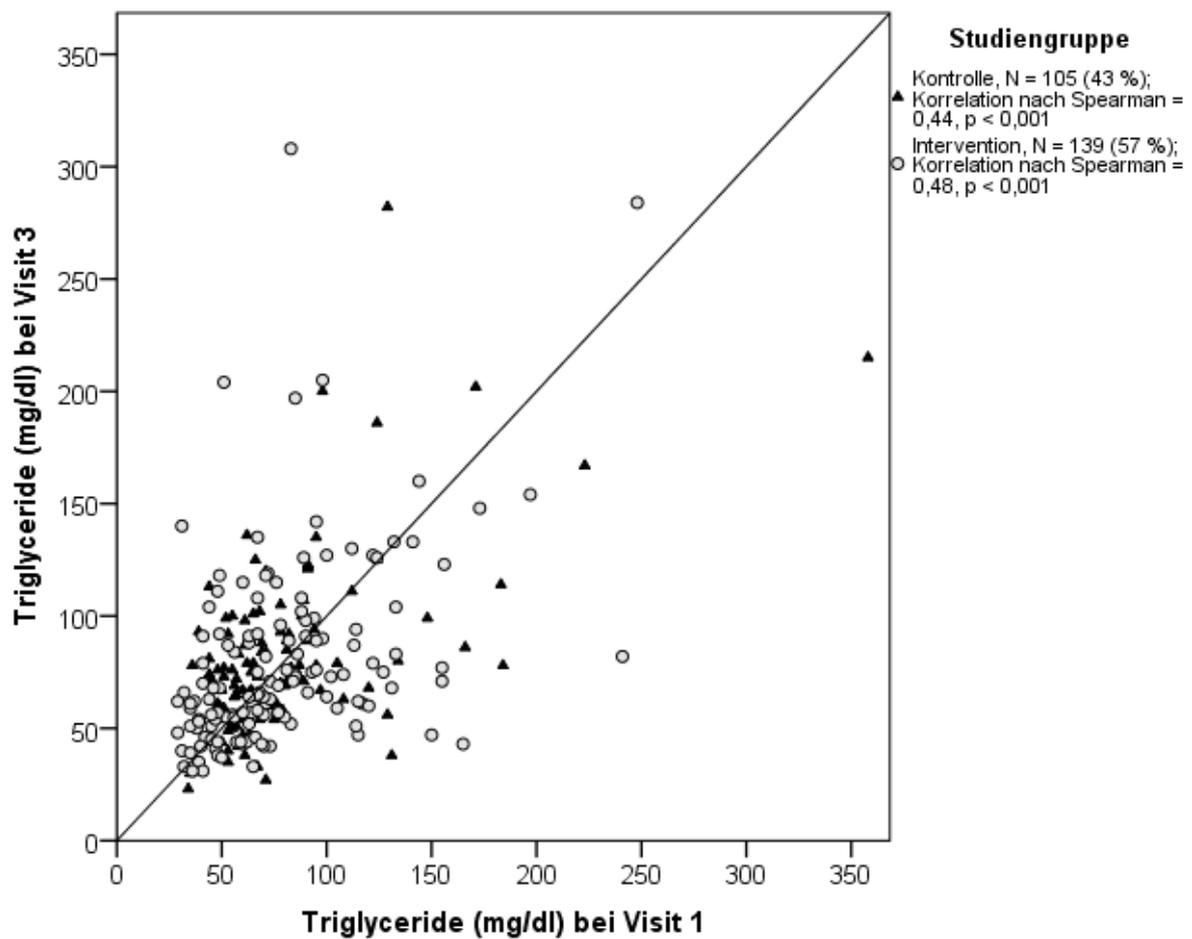
In der Interventionsgruppe hatten 133 Kinder (95,6 %) bei beiden Visits normale HDL-Cholesterinspiegel (**Tabelle 22**).

Tabelle 22: Häufigkeit von Kindern mit HDL-Cholesterin-Werten ober- und unterhalb der Grenzwerte der IDF zu Studienbeginn und nach 18 Monaten

Studiengruppe				HDL-C 3		Gesamt	
				≥40 mg/dl	<40 mg/dl		
KS	HDL-C 1	≥40 mg/dl	N	104	1	105	
			%	98,1 %	0,9 %	99,1 %	
		<40 mg/dl	N	0	1	1	
			%	0,0 %	0,9 %	0,9 %	
	Gesamt			N	104	2	106
				%	98,1 %	1,9 %	100,0 %
IS	HDL-C 1	≥40 mg/dl	N	133	6	139	
			%	95,7 %	4,3 %	100,0 %	
		<40 mg/dl	N	0	0	0	
			%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	
	Gesamt			N	133	6	139
				%	95,7 %	4,3 %	100,0 %

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **N:** Anzahl; **%:** Prozent der Gesamtanzahl; **HDL-C 1:** HDL-Cholesterin bei Visit 1; **HDL-C 3:** HDL-Cholesterin bei Visit 3

In beiden Studiengruppen bestand eine positive Korrelation der Triglyceride (KS: $r = 0,44$, $p < 0,001$; IS: $r = 0,48$, $p < 0,001$) zu Projektbeginn und nach 18 Monaten (**Abbildung 17**).

Abbildung 17: Korrelation der Triglyceride zu Studienbeginn und nach 18 Monaten

Die Triglyceride waren bei 96 Kindern (91,4 %) der Kontrollgruppe sowohl bei Visit 1 als auch bei Visit 3 unterhalb des Grenzwertes der IDF. Drei Kinder (2,9 %) hatten bei beiden Visits erhöhte Triglyceride.

Bei 125 Kindern (89,9 %) der Interventionsgruppe waren die Triglyceridwerte bei beiden Visits normal. Bei zwei Kindern (1,4 %) waren sie bei beiden Visits erhöht (**Tabelle 23**).

Tabelle 23: Häufigkeit von Kinder mit Triglycerid-Werten ober- und unterhalb der Grenzwerte der IDF zu Studienbeginn und nach 18 Monaten

Studiengruppe				TAG 3		Gesamt	
				<150 mg/dl	≥150 mg/dl		
KS	TAG 1	<150 mg/dl	N	96	3	99	
			%	91,4 %	2,9 %	94,3 %	
		≥150 mg/dl	N	3	3	6	
			%	2,9 %	2,9 %	5,7 %	
	Gesamt			N	99	6	105
				%	94,3 %	5,7 %	100,0 %
IS	TAG 1	<150 mg/dl	N	125	5	130	
			%	89,9 %	3,6 %	93,5 %	
		≥150 mg/dl	N	7	2	9	
			%	5,0 %	1,4 %	6,5 %	
	Gesamt			N	132	7	139
				%	95,0 %	5,0 %	100,0 %

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **N:** Anzahl; **%:** Prozent der Gesamtanzahl; **TAG 1:** Triglyceride bei Visit 1; **TAG 3:** Triglyceride bei Visit 3

Die Triglyceride waren bei 81 Kindern (77,1 %) der Kontrollgruppe bei beiden Visits unterhalb des Grenzwertes der AGA. Acht Kinder (7,6 %) hatten bei beiden Visits erhöhte Triglyceride.

Bei 97 Kindern (69,8 %) der Interventionsgruppe waren die Triglyceridwerte bei beiden Visits normal und bei zehn Kindern (7,2 %) bei beiden Visits erhöht (**Tabelle 24**).

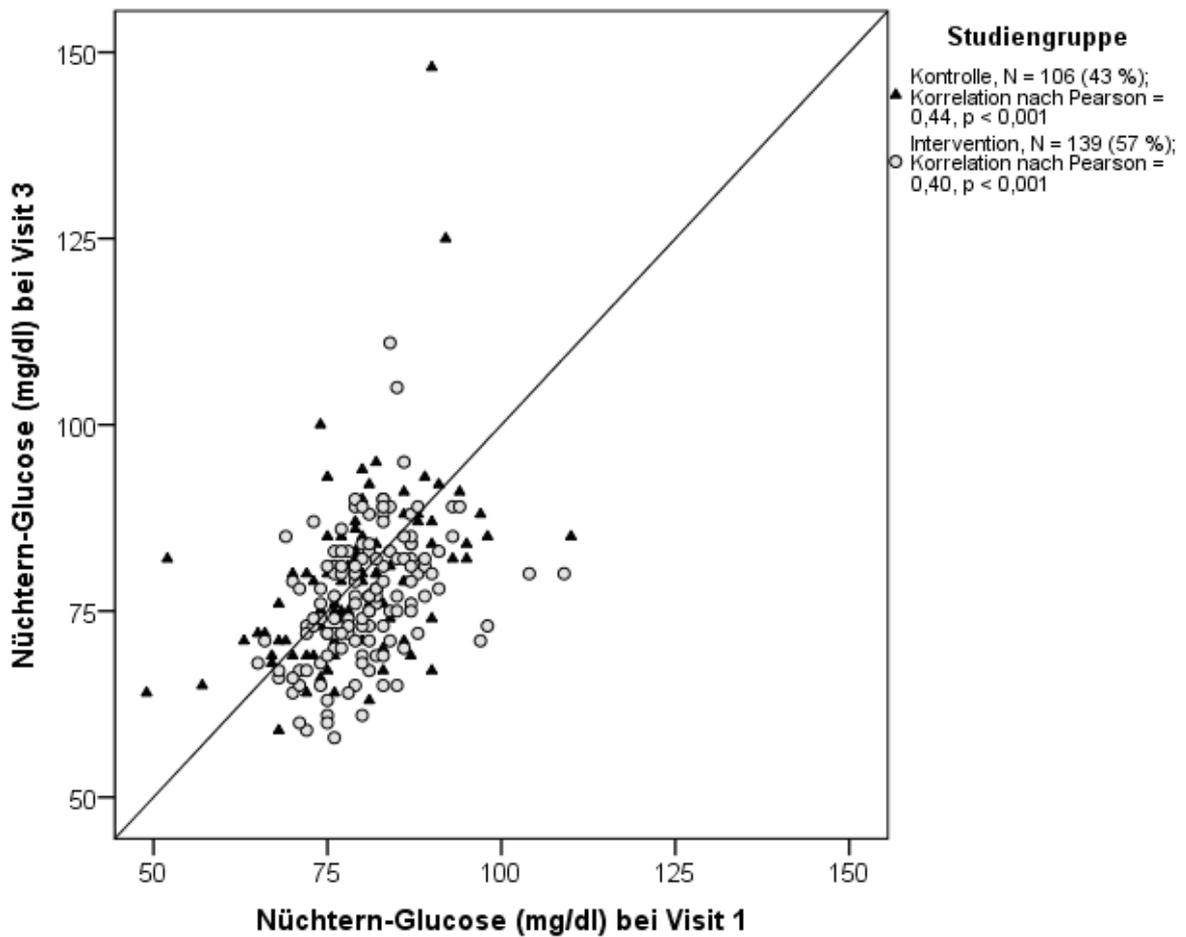
Tabelle 24: Häufigkeit von Kindern mit Triglycerid-Werten ober- und unterhalb der Grenzwerte der AGA zu Studienbeginn und nach 18 Monaten

Studiengruppe				TAG 3		Gesamt	
				<110 mg/dl	≥110 mg/dl		
KS	TAG 1	<110 mg/dl	N	81	7	88	
			%	77,1%	6,7%	83,8%	
		≥110 mg/dl	N	9	8	17	
			%	8,6%	7,6%	16,2%	
	Gesamt			N	90	15	105
				%	85,7%	14,3%	100,0 %
IS	TAG 1	<110 mg/dl	N	97	17	114	
			%	69,8%	12,2%	82,0 %	
		≥110 mg/dl	N	15	10	25	
			%	10,8%	7,2%	18,0 %	
	Gesamt			N	112	27	139
				%	80,6%	19,4%	100,0 %

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **N:** Anzahl; **%:** Prozent der Gesamtanzahl; **TAG 1:** Triglyceride bei Visit 1; **TAG 3:** Triglyceride bei Visit 3

In beiden Studiengruppen bestand eine positive Korrelation der Nüchtern-Glucose (KS: $r = 0,44$, $p < 0,001$; IS: $r = 0,40$, $p < 0,001$) zu Projektbeginn und nach 18 Monaten (**Abbildung 18**).

Abbildung 18: Korrelation der Nüchtern-Glucose zu Studienbeginn und nach 18 Monaten



102 Kinder (96,2 %) der Kontrollgruppe hatten bei beiden Visits normale Nüchtern-Glucose-Werte.

135 Kinder (97,1 %) der Interventionsgruppe hatten bei beiden Visits normale Nüchtern-Glucose-Werte.

Kein Kind aus der Studienpopulation hatte bei beiden Visits eine erhöhte Nüchtern-Glucose (**Tabelle 25**).

Tabelle 25: Häufigkeit von Kindern mit Nüchtern-Glucose-Werten ober- und unterhalb der Grenzwerte der IDF zu Studienbeginn und nach 18 Monaten

Studiengruppe				Glu 3		Gesamt
				<100 mg/dl	≥100 mg/dl	
KS	Glu 1	<100 mg/dl	N	102	3	105
			%	96,2 %	2,8 %	99,1 %
		≥100 mg/dl	N	1	0	1
			%	0,9 %	0,0 %	0,9 %
	Gesamt		N	103	3	106
			%	97,2 %	2,8 %	100,0 %
IS	Glu 1	<100 mg/dl	N	135	2	137
			%	97,1 %	1,4 %	98,6 %
		≥100 mg/dl	N	2	0	2
			%	1,4 %	0,0 %	1,4 %
	Gesamt		N	137	2	139
			%	98,6 %	1,4 %	100,0 %

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **N:** Anzahl; **%:** Prozent der Gesamtanzahl; **Glu 1:** Nüchtern-Glucose bei Visit 1; **Glu 3:** Nüchtern-Glucose bei Visit 3

4.2.5 Das metabolische Syndrom unter Verwendung der IDF-Definition nach 18-monatiger Intervention

In der Kontrollgruppe hatten 60 Kinder (58,3 %) bei Visit 1 und Visit 3 keinen Risikofaktor für ein metabolisches Syndrom. 13 Kinder (12,6 %) hatten bei beiden Visits einen Risikofaktor und ein Kind (1,0 %) zwei Risikofaktoren.

In der Interventionsgruppe hatten 73 Kinder (53,3 %) weder bei Visit 1 noch bei Visit 3 einen Risikofaktor für ein metabolisches Syndrom. 20 Kinder (14,6 %) hatten bei beiden Visits einen Risikofaktor.

In den Kontrollschulen blieb bei 74 Kindern (72 %) und in den Interventionsschulen bei 93 Kindern (68 %) die Anzahl an Risikofaktoren über beide Visits konstant (**Tabelle 26**).

Tabelle 26: Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF zu Studienbeginn und nach 18 Monaten

Studiengruppe			N-Met IDF 3				Gesamt	
			0	1	2	3		
KS	N-Met IDF 1	0	N	60	14	0	0	74
			%	58,3 %	13,6 %	0,0 %	0,0 %	71,8 %
		1	N	10	13	2	1	26
			%	9,7 %	12,6 %	1,9 %	1,0 %	25,2 %
		2	N	1	1	1	0	3
			%	1,0 %	1,0 %	1,0 %	0,0 %	2,9 %
		3	N	0	0	0	0	0
			%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
	Gesamt		N	71	28	3	1	103
			%	68,9 %	27,2 %	2,9 %	1,0 %	100,0 %
IS	N-Met IDF 1	0	N	73	11	2	0	86
			%	53,3 %	8,0 %	1,5 %	0,0 %	62,8 %
		1	N	27	20	1	0	48
			%	19,7 %	14,6 %	0,7 %	0,0 %	35,0 %
		2	N	1	2	0	0	3
			%	0,7 %	1,5 %	0,0 %	0,0 %	2,2 %
		3	N	0	0	0	0	0
			%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
	Gesamt		N	101	33	3	0	137
			%	73,7 %	24,1 %	2,2 %	0,0 %	100,0 %

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **N:** Anzahl; **%:** Prozent der Gesamtanzahl; **N-Met IDF 1:** Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF bei Visit 1; **N-Met IDF 3:** Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF bei Visit 3; **Grau hinterlegt:** Kinder ohne Änderung der Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF

In den Kontrollschulen lag bei 25,9 % der Kinder mit einem Bauchumfang im Normbereich und bei 41,7 % der adipösen Kinder ein Risikofaktor für ein metabolisches Syndrom vor. Ein Kind aus der Gruppe der adipösen Kinder hatte drei Risikofaktoren. Hatten bei Visit 1 noch vier Kinder (2,5 %) nach IDF-Definition ein metabolisches Syndrom, so waren es bei Visit 3 fünf Kinder (4,3 %).

In den Interventionsschulen lag bei 16 % der Kinder mit einem Bauchumfang im Normbereich und bei 61,1 % der adipösen Kinder ein Risikofaktor für ein metabolisches Syndrom

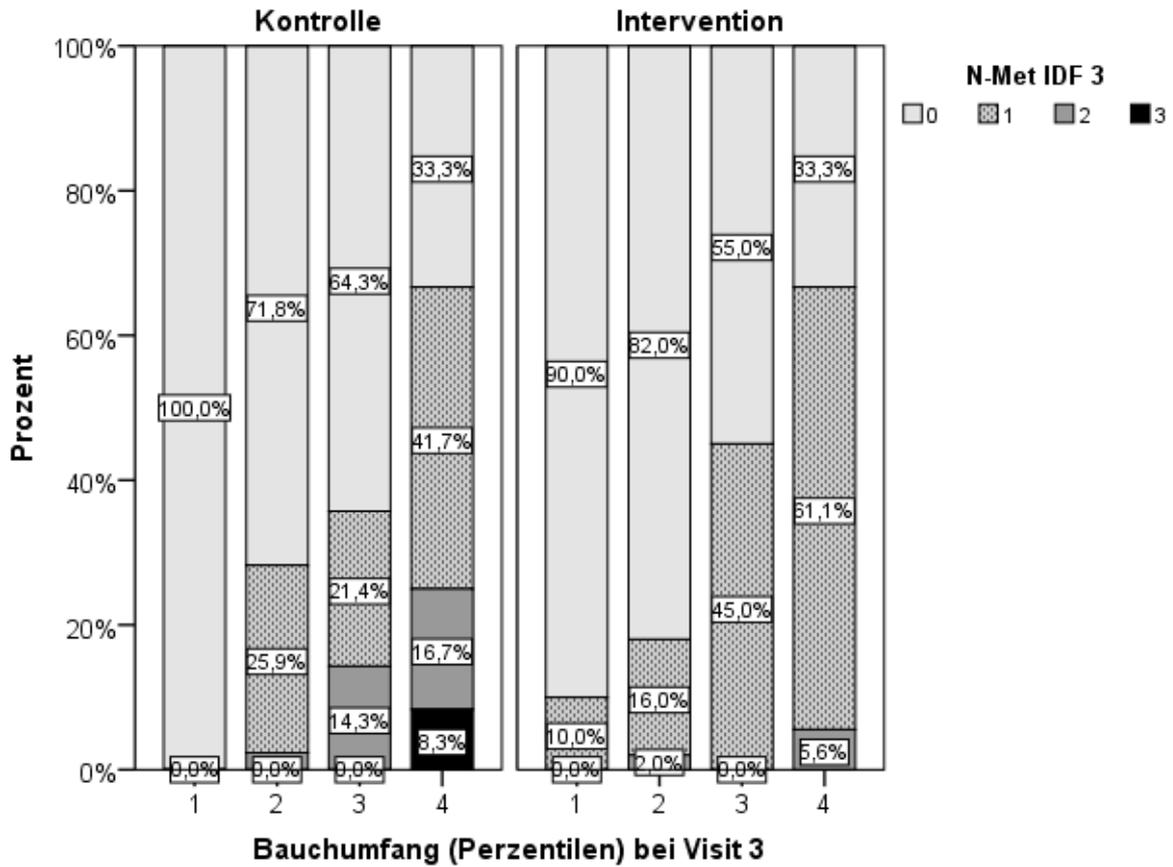
vor. Hatten bei Visit 1 noch sieben Kinder (3,3 %) nach IDF-Definition ein metabolisches Syndrom, so war es bei Visit 3 ein Kind (0,7 %) (**Tabelle 27, Abbildung 19**).

Tabelle 27: Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie und Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF bei Visit 3

Studiengruppe				N-Met IDF 3				Gesamt
				0	1	2	3	
KS	BU-Kat 3	1	N	6	0	0	0	6
			%	100,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
		2	N	61	22	2	0	85
			%	71,8 %	25,9 %	2,4 %	0,0 %	100,0 %
		3	N	9	3	2	0	14
			%	64,3 %	21,4 %	14,3 %	0,0 %	100,0 %
		4	N	4	5	2	1	12
			%	33,3 %	41,7 %	16,7 %	8,3 %	100,0 %
	Gesamt		N	80	30	6	1	117
			%	68,4 %	25,6 %	5,1 %	0,9 %	100,0 %
IS	BU-Kat 3	1	N	9	1	0	0	10
			%	90,0 %	10,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
		2	N	82	16	2	0	100
			%	82,0 %	16,0 %	2,0 %	0,0 %	100,0 %
		3	N	11	9	0	0	20
			%	55,0 %	45,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
		4	N	6	11	1	0	18
			%	33,3 %	61,1 %	5,6 %	0,0 %	100,0 %
	Gesamt		N	108	37	3	0	148
			%	73,0 %	25,0 %	2,0 %	0,0 %	100,0 %

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **BU-Kat 3:** Kategorie des Bauchumfangs bei Visit 3; **N:** Anzahl; **%:** innerhalb von BU-Kategorie bei Visit 3; **BU-Kategorie: 1** = untergewichtig (≤ 10 . Perzentile); **2** = normalgewichtig (>10 . – 90. Perzentile); **3** = übergewichtig (>90 . – 97. Perzentile); **4** = adipös (>97 . – 99,5. Perzentile); **N-Met IDF 3:** Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF bei Visit 3; **Grau hinterlegt:** Kinder mit metabolischem Syndrom nach IDF bei Visit 3

Abbildung 19: Graphische Darstellung der Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie und Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF bei Visit 3



BU-Perzentilen-Kategorie: **1** = untergewichtig (≤ 10 . Perzentile); **2** = normalgewichtig (>10 . – 90. Perzentile); **3** = übergewichtig (>90 . – 97. Perzentile); **4** = adipös (>97 . – 99,5. Perzentile); **N-Met IDF 3:** Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF bei Visit 3

Ein Kind (0,8 %) der Kontrollschulen hatte bei beiden Visits ein metabolisches Syndrom. Bei vier Kindern (3,4 %) der Kontrollschulen und vier Kindern (2,7 %) der Interventionsschulen war die Diagnose eines metabolischen Syndroms über beide Visits nicht konstant (**Tabelle 28**).

Tabelle 28: Häufigkeit von Kindern mit metabolischem Syndrom nach IDF zu Studienbeginn und nach 18 Monaten

Studiengruppe				Met-Syn IDF 3		Gesamt
				Nein	Ja	
KS	Met-Syn IDF 1	Nein	N	115	2	117
			%	95,8 %	1,7 %	97,5 %
		Ja	N	2	1	3
			%	1,7 %	0,8 %	2,5 %
	Gesamt		N	117	3	120
			%	97,5 %	2,5 %	100,0 %
IS	Met-Syn IDF 1	Nein	N	145	1	146
			%	97,3 %	0,7 %	98,0 %
		Ja	N	3	0	3
			%	2,0 %	0,0 %	2,0 %
	Gesamt		N	148	1	149
			%	99,3 %	0,7 %	100,0 %

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **N:** Anzahl; **%:** Prozent der Gesamtanzahl; **Met-Syn IDF 1:** Metabolisches Syndrom nach IDF bei Visit 1; **Met-Syn IDF 3:** Metabolisches Syndrom nach IDF bei Visit 3

4.2.6 Das metabolische Syndrom unter Verwendung der modifizierten Grenzwerte für Triglyceride der AGA nach 18-monatiger Intervention

In der Kontrollgruppe hatten 52 Kinder (50,5 %) bei Visit 1 und Visit 3 keinen Risikofaktor für ein metabolisches Syndrom. 14 Kinder (13,6 %) hatten bei beiden Visits einen Risikofaktor und zwei Kinder (1,9 %) zwei Risikofaktoren.

In der Interventionsgruppe hatten 59 Kinder (42,1 %) weder bei Visit 1 noch bei Visit 3 einen positiven Risikofaktor für ein metabolisches Syndrom. 19 Kinder (13,9 %) hatten bei beiden Visits einen Risikofaktor und ein Kind (0,7 %) zwei Faktoren.

In den Kontrollschulen blieb bei 68 Kindern (66 %) und in den Interventionsschulen bei 79 Kindern (58 %) die Anzahl an Risikofaktoren über beide Visits konstant (**Tabelle 29**).

Tabelle 29: Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA zu Studienbeginn und nach 18 Monaten

Studiengruppe				N-Met AGA 3				Gesamt		
				0	1	2	3			
KS	N-Met AGA 1	0	N	52	15	2	0	69		
			%	50,5 %	14,6 %	1,9 %	0,0 %	67,0 %		
		1	N	11	14	2	0	27		
			%	10,7 %	13,6 %	1,9 %	0,0 %	26,2 %		
		2	N	1	3	2	1	7		
			%	1,0 %	2,9 %	1,9 %	1,0 %	6,8 %		
		3	N	0	0	0	0	0		
			%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %		
		Gesamt			N	64	32	6	1	103
		Gesamt			%	62,1 %	31,1 %	5,8 %	1,0 %	100,0 %
IS		N-Met AGA 1	0	N	59	14	3	0	76	
				%	43,1 %	10,2 %	2,2 %	0,0 %	55,5 %	
	1		N	29	19	4	0	52		
			%	21,2 %	13,9 %	2,9 %	0,0 %	38,0 %		
	2		N	0	6	1	0	7		
			%	0,0 %	4,4 %	0,7 %	0 %	5,1 %		
	3		N	1	0	1	0	2		
			%	0,7 %	0,0 %	0,7 %	0,0 %	1,5 %		
	Gesamt			N	89	39	9	0	137	
	Gesamt			%	65 %	28,5 %	6,6 %	0,0 %	100,0 %	

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **N:** Anzahl; **%:** Prozent der Gesamtanzahl; **N-Met AGA 1:** Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA bei Visit 1; **N-Met AGA 3:** Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA bei Visit 3; **Grau hinterlegt:** Kinder ohne Änderung der Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA

In den Kontrollschulen lag bei 31,8 % der Kinder mit einem Bauchumfang im Normbereich ein Risikofaktor für ein metabolisches Syndrom vor. Von den adipösen Kindern hatten 50 % einen Risikofaktor. Ein Kind aus der Gruppe der adipösen Kinder hatte drei Risikofaktoren. Bei Visit 3 hatten sieben Kinder (6 %) der Kontrollschulen ein metabolisches Syndrom.

In den Interventionsschulen lag bei 22 % der normalgewichtigen Kinder ein Risikofaktor für ein metabolisches Syndrom vor. Von den adipösen Kindern hatten 66,7 % einen Risiko-

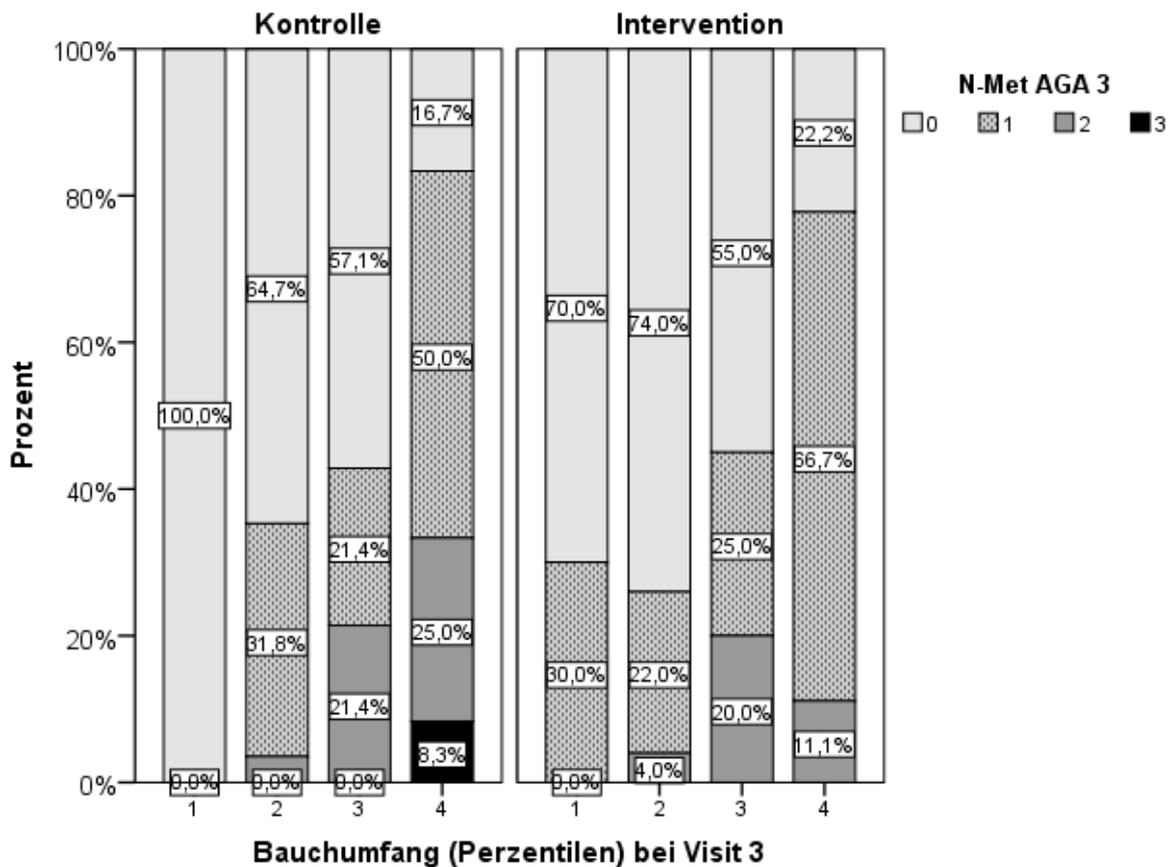
faktor. Bei Visit 3 hatten sechs Kinder (4,1 %) der Interventionsschulen ein metabolisches Syndrom (**Tabelle 30, Abbildung 20**).

Tabelle 30: Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie und Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA bei Visit 3

Studiengruppe			N-Met AGA 3				Gesamt	
			0	1	2	3		
KS	BU-Kat 3	1	N	6	0	0	0	6
			%	100,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
		2	N	55	27	3	0	85
			%	64,7 %	31,8 %	3,5 %	0,0 %	100,0 %
		3	N	8	3	3	0	14
			%	57,1 %	21,4 %	21,4 %	0,0 %	100,0 %
		4	N	2	6	3	1	12
			%	16,7 %	50,0 %	25,0 %	8,3 %	100,0 %
	Gesamt		N	71	36	9	1	117
			%	60,7 %	30,8 %	7,7 %	0,9 %	100,0 %
IS	BU-Kat 3	1	N	7	3	0	0	10
			%	70,0 %	30,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
		2	N	74	22	4	0	100
			%	74,0 %	22,0 %	4,0 %	0,0 %	100,0 %
		3	N	11	5	4	0	20
			%	55,0 %	25,0 %	20,0 %	0,0 %	100,0 %
		4	N	4	12	2	0	18
			%	22,2 %	66,7 %	11,1 %	0,0 %	100,0 %
	Gesamt		N	96	42	10	0	148
			%	64,9 %	28,4 %	6,8 %	0,0 %	100,0 %

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **BU-Kat 3:** Kategorie des Bauchumfangs bei Visit 3; **N:** Anzahl; **%:** innerhalb von BU-Kategorie bei Visit 3; **BU-Kategorie: 1** = untergewichtig (≤ 10 . Perzentile); **2** = normalgewichtig (>10 . – 90. Perzentile); **3** = übergewichtig (>90 . – 97. Perzentile); **4** = adipös (>97 . – 99,5. Perzentile); **N-Met AGA 3:** Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA bei Visit 3; **Grau hinterlegt:** Kinder mit metabolischem Syndrom nach AGA bei Visit 3

Abbildung 20: Graphische Darstellung der Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie und Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA bei Visit 3



BU-Perzentilen-Kategorie: 1 = untergewichtig (≤ 10 . Perzentile); 2 = normalgewichtig (>10 . – 90. Perzentile); 3 = übergewichtig (>90 . – 97. Perzentile); 4 = adipös (>97 . – 99,5. Perzentile); **N-Met AGA 3:** Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA bei Visit 3

Drei Kinder (2,5 %) der Kontrollschulen und ein Kind (0,7 %) der Interventionsschulen hatten zu beiden Studienzeitpunkten ein metabolisches Syndrom. Bei sechs Kindern (5 %) der Kontrollschulen und zehn Kindern (6,7 %) der Interventionsschulen war die Diagnose eines metabolischen Syndroms über beide Visits nicht konstant (**Tabelle 31**).

Tabelle 31: Häufigkeit von Kindern mit metabolischem Syndrom nach AGA zu Studienbeginn und nach 18 Monaten

Studiengruppe				Met-Syn AGA 3		Gesamt	
				Nein	Ja		
KS	Met-Syn AGA 1	Nein	N	111	2	113	
			%	92,5 %	1,7 %	94,2 %	
		Ja	N	4	3	7	
			%	3,3 %	2,5 %	5,8 %	
	Gesamt			N	115	5	120
				%	95,8 %	4,2 %	100,0 %
IS	Met-Syn AGA 1	Nein	N	138	4	142	
			%	92,6 %	2,7 %	95,3 %	
		Ja	N	6	1	7	
			%	4,0 %	0,7 %	4,7 %	
	Gesamt			N	144	5	149
				%	96,6 %	3,4 %	100,0 %

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **N:** Anzahl; **%:** Prozent der Gesamtanzahl; **Met-Syn AGA 1:** Metabolisches Syndrom nach AGA bei Visit 1; **Met-Syn AGA 3:** Metabolisches Syndrom nach AGA bei Visit 3

4.3 Auswirkung der Intervention über den Zeitraum von 42 Monate (Visit 1-5) auf die Studienpopulation

Von den 167 Kindern (80 Mädchen, 47,9 %) waren 96 Schüler in den Interventionsschulen und 71 Schüler in den Kontrollschulen. Kein Kind wurde aus den Analysen ausgeschlossen.

4.3.1 Body-Mass-Index, BMI-SDS und Perzentilen-Kategorie des Body-Mass-Index nach 42-monatiger Intervention

In der Kontrollgruppe stieg der BMI von 19,9 auf 22,7 ($p < 0,001$). Der BMI-SDS stieg von 0,63 auf 0,74 ($p = 0,15$).

In der Interventionsgruppe stieg der BMI von 18,8 auf 21,8 ($p < 0,001$) Der BMI-SDS stieg von 0,25 auf 0,42 ($p = 0,002$).

Die Differenz der mittleren Änderung des Body-Mass-Index zwischen Interventions- und Kontrollgruppe betrug $-0,11 \text{ kg/m}^2$ und war damit in beiden Gruppen vergleichbar ($p =$

0,714). Die Differenz der mittleren Änderung des BMI-SDS zwischen Interventions- und Kontrollgruppe betrug -0,06 ($p = 0,483$) (**Tabelle 32**).

Tabelle 32: Veränderung des Body-Mass-Index und BMI-SDS nach 42-monatiger Intervention

	Gruppe	N	V1 MW \pm SD	V5 MW \pm SD	Diff. V5 – V1 (95%-CI)	p V1-V5	Diff. Grup- pen (95%-CI)	p Δ V5/V1
BMI (kg/m ²)	KS	71	19,9 \pm 3,2	22,7 \pm 3,4	2,8 (2,3; 3,3)	< 0,001	-0,11 (-0,69; 0,48)	0,714
	IS	96	18,8 \pm 3,6	21,8 \pm 4,0	2,9 (2,6; 3,3)	< 0,001		
BMI- SDS	KS	71	0,63 \pm 0,91	0,74 \pm 0,87	0,11 (-0,04; 0,26)	0,15	-0,06 (-0,24; 0,11)	0,483
	IS	96	0,25 \pm 1,11	0,42 \pm 1,10	0,17 (0,06; 0,28)	0,002		

N: Anzahl; **V1:** Visit 1; **V5:** Visit 5; **MW \pm SD:** Mittelwert \pm Standardabweichung; **Diff. V5-V1:** Mittlere Differenz innerhalb der Gruppe zwischen V5 und V1; **p V1-V5:** p innerhalb der Gruppe V1-V5; **Diff. Gruppen:** Differenz der mittleren Änderung zwischen den Gruppen; **p Δ V5/V1:** p zwischen den Gruppen; **CI:** Konfidenzintervall; **KS:** Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **BMI:** Body-Mass-Index

In beiden Studiengruppen bestand eine starke Korrelation des BMI (IS: $r = 0,90$, $p < 0,001$; KS: $r = 0,81$, $p < 0,001$) und des BMI-SDS (IS: $r = 0,89$, $p < 0,001$; KS: $r = 0,75$, $p < 0,001$) zu Projektbeginn und nach 42 Monaten (**Abbildung 21**, **Abbildung 22**).

Abbildung 21: Korrelation des Body-Mass-Index zu Studienbeginn und nach 42 Monaten

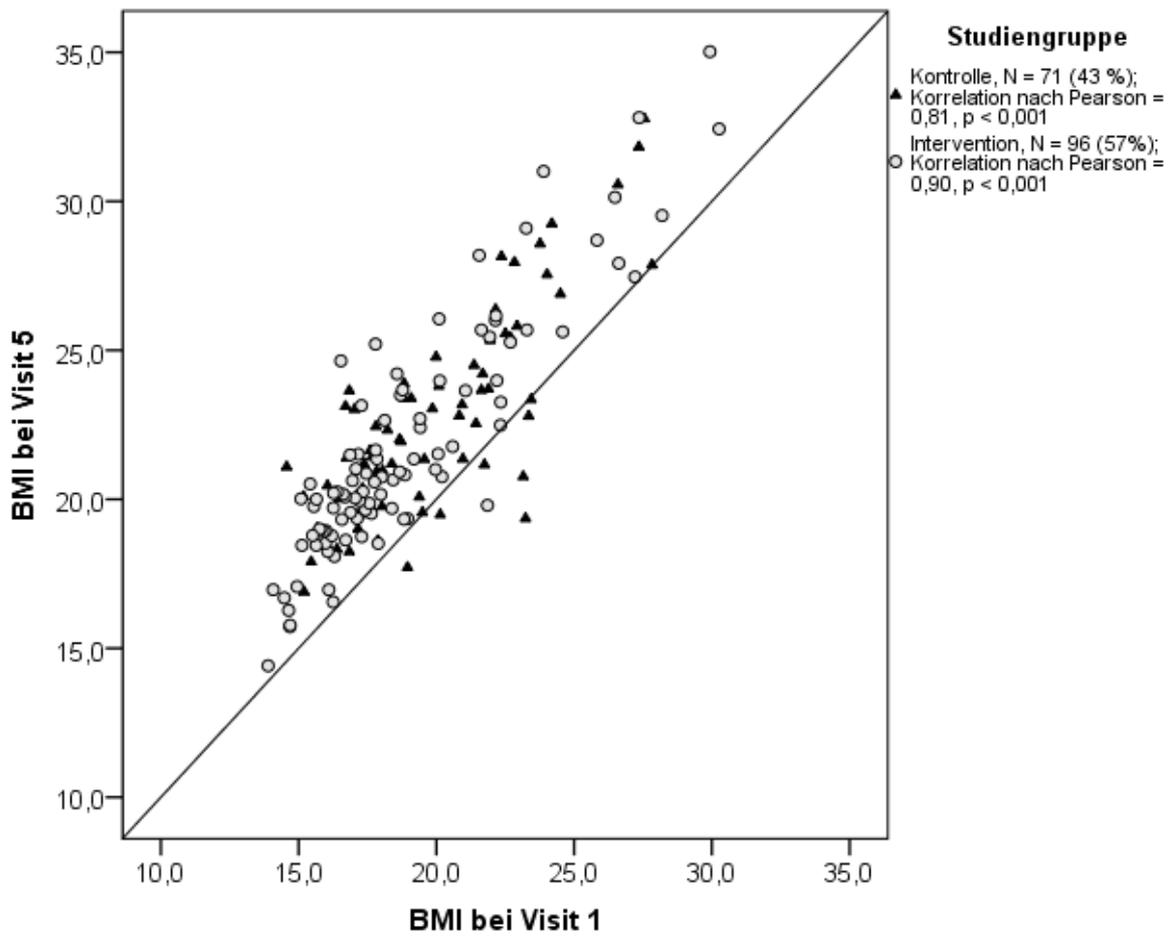
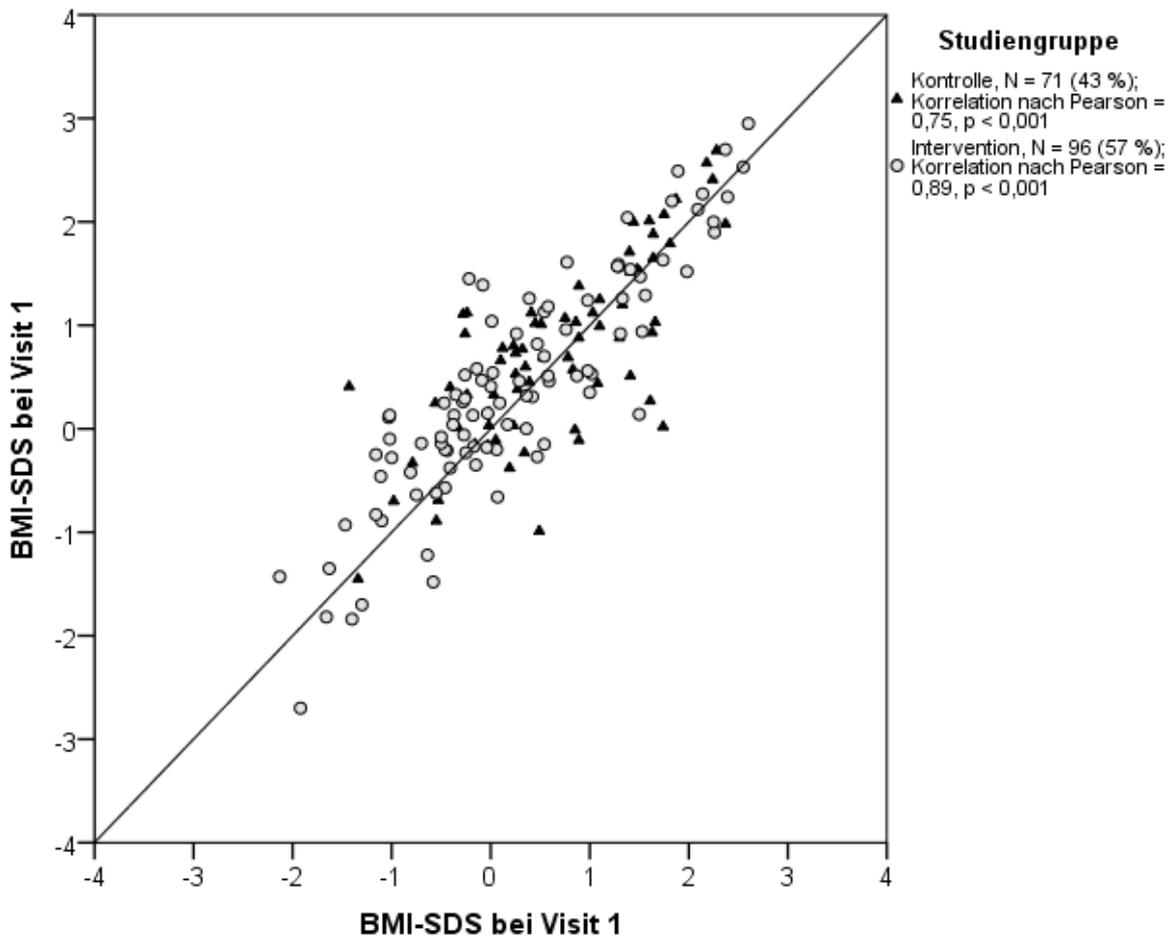


Abbildung 22: Korrelation des BMI-SDS zu Studienbeginn und nach 42 Monaten

Bezogen auf die BMI-Perzentilen-Kategorie änderten in der Kontrollgruppe 57 Kinder (80,3 %) ihre Gewichtsklasse nicht. Bei sieben Kindern (9,9 %) nahm das Gewicht zu. Hiervon war ein Kind anstatt normalgewichtig übergewichtig, vier Kinder anstatt übergewichtig adipös und ein Kind anstatt adipös stark adipös. Sieben Kinder (9,9 %) waren anstatt übergewichtig bei Visit 1 bei Visit 5 normalgewichtig.

In der Interventionsgruppe änderten 80 Kinder (83,3 %) ihre Gewichtsklasse nicht. Bei zehn Kindern (10,4 %) nahm das Gewicht zu. Hiervon waren vier Kinder anstatt normalgewichtig übergewichtig, zwei Kinder anstatt übergewichtig adipös und zwei Kinder anstatt adipös stark adipös. Bei sechs Kindern (6,3 %) nahm das Gewicht ab. Hiervon waren vier Kinder statt übergewichtig normalgewichtig und ein Kind statt adipös übergewichtig.

In beiden Studiengruppen bestand eine positive Korrelation der BMI-Perzentilen-Kategorie (KS: $r = 0,75$; IS: $r = 0,81$) zu Projektbeginn und nach 42 Monaten (**Tabelle 33**).

Tabelle 33: Häufigkeit von Kindern in den einzelnen BMI-Perzentilen-Kategorien zu Studienbeginn und nach 42 Monaten

Studiengruppe			BMI-Kat 5						Gesamt	Korrelation			
			1	2	3	4	5	6					
KS	BMI-Kat 1	1	N	0	0	0	0	0	0	0	Kendall-Tau- b = 0,75		
			%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %		0,0 %	
		2	N	0	1	1	0	0	0	2		P < 0,001	
			%	0,0 %	1,4 %	1,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,8 %			
		3	N	0	0	46	1	0	0	47			
			%	0,0 %	0,0 %	64,8 %	1,4 %	0,0 %	0,0 %	66,2 %			
		4	N	0	0	7	7	4	0	18			
			%	0,0 %	0,0 %	9,9 %	9,9 %	5,6 %	0,0 %	25,4 %			
		5	N	0	0	0	0	3	1	4			
			%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	4,2 %	1,4 %	5,6 %			
		6	N	0	0	0	0	0	0	0			
			%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %			
Gesamt			N	0	1	54	8	7	1	71			
			%	0,0 %	1,4 %	76,1 %	11,3 %	9,9 %	1,4 %	100,0 %			
IS	BMI-Kat 1	1	N	1	1	0	0	0	0	2	Kendall-Tau- b = 0,81		
			%	1,0 %	1,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,1 %			
		2	N	0	4	1	0	0	0	5			
			%	0,0 %	4,2 %	1,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	5,2 %			
		3	N	0	1	62	4	0	0	67			
			%	0,0 %	1,0 %	64,6 %	4,2 %	0,0 %	0,0 %	69,8 %			
		4	N	0	0	4	6	2	0	12			
			%	0,0 %	0,0 %	4,2 %	6,2 %	2,1 %	0,0 %	12,5 %			
		5	N	0	0	0	1	7	2	10			
			%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	1,0 %	7,3 %	2,1 %	10,4 %			
		6	N	0	0	0	0	0	0	0			
			%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %			
		Gesamt			N	1	6	67	11	9		2	96
					%	1,0 %	6,2 %	69,8 %	11,5 %	9,4 %		2,1 %	100,0 %

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **BMI-Kat 1:** Body-Mass-Index-Kategorie bei Visit 1; **BMI-Kat 5:** Body-Mass-Index-Kategorie bei Visit 5; **BMI-Kategorie: 1** = stark untergewichtig (≤ 3 . Perzentile); **2** = untergewichtig (> 3 . – 10. Perzentile); **3** = normalgewichtig (> 10 . – 90. Perzentile); **4** = übergewichtig (> 90 . – 97. Perzentile); **5** = adipös (> 97 . Perzentile); **6** = Adipositas per magna ($> 99,5$. Perzentile) **N:** Anzahl; **%:** Prozent der Gesamtanzahl; **Grau hinterlegt:** Kinder ohne Änderung der BMI Kategorie von Visit 1 zu Visit 5

4.3.2 Bauchumfang und Perzentilen-Kategorie des Bauchumfangs nach 42-monatiger Intervention

In der Kontrollgruppe stieg der Bauchumfangs von 66,2 cm auf 73,8 cm ($p < 0,001$) und in der Interventionsgruppe von 63,7 cm auf 72,5 cm ($p < 0,001$).

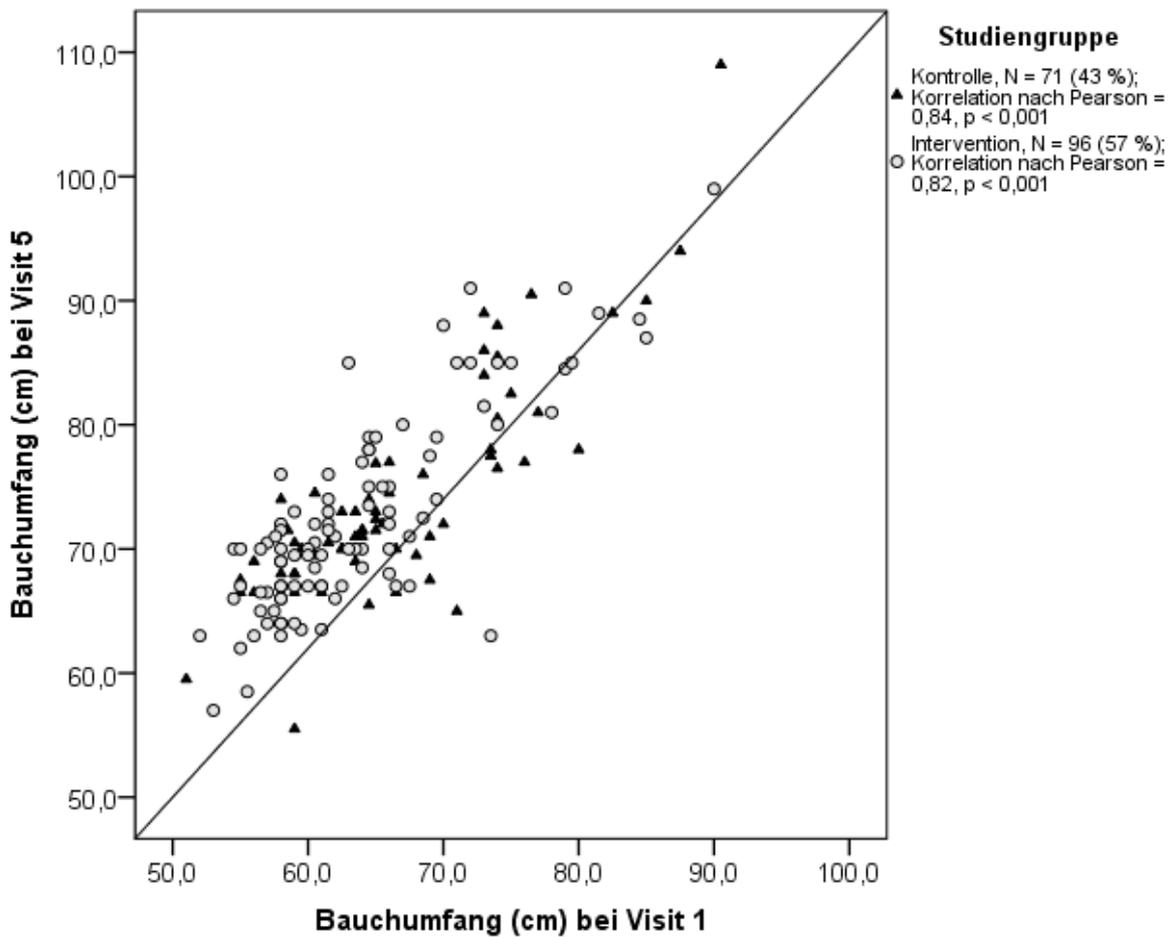
Die Differenz der mittleren Änderung des Bauchumfangs war in der Interventions- und Kontrollgruppe vergleichbar ($p = 0,103$) (**Tabelle 34**).

Tabelle 34: Veränderung des Bauchumfangs nach 42-monatiger Intervention

	Gruppe	N	V1	V5	Diff.	p	Diff. Gruppen	p
			MW \pm SD	MW \pm SD	V5 - V1 (95%-CI)			
BU (cm)	KS	71	66,2 \pm 8,1	73,8 \pm 8,6	7,6 (6,5; 8,8)	<0,001	-1,21 (-2,66; 0,25)	0,103
	IS	96	63,7 \pm 7,6	72,5 \pm 8,1	8,8 (7,9; 9,8)	<0,001		

N: Anzahl; **V1:** Visit 1; **V5:** Visit 5; **MW \pm SD:** Mittelwert \pm Standardabweichung; **Diff. V5-V1:** Mittlere Differenz innerhalb der Gruppe zwischen V5 und V1; **p V1-V5:** p innerhalb der Gruppe V1-V5; **Diff. Gruppen:** Differenz der mittleren Änderung zwischen den Gruppen; **p Δ V5/V1:** p zwischen den Gruppen; **CI:** Konfidenzintervall; **KS:** Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **BU:** Bauchumfang

In beiden Studiengruppen bestand eine starke Korrelation des Bauchumfangs (**KS:** $r = 0,84$, $p < 0,001$; **IS:** $r = 0,82$, $p < 0,001$) zu Projektbeginn und nach 42 Monaten (**Abbildung 23**).

Abbildung 23: Korrelation des Bauchumfangs zu Studienbeginn und nach 42 Monaten

In der Kontrollgruppe änderten nach 42-monatiger Intervention 54 Kinder (76,1 %) ihre Bauchumfang-Kategorie nicht. Bei neun Kindern nahm die Kategorie zu und bei acht Kindern ab.

In der Interventionsgruppe änderten 78 Kinder (81,2 %) ihre Kategorie nicht. Bei 14 Kindern nahm das Gewicht zu und bei vier Kindern ab.

In beiden Studiengruppen bestand eine positive Korrelation der Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie (KS: $r = 0,70$, $p < 0,001$; IS: $r = 0,69$, $p < 0,001$) zu Projektbeginn und nach 42 Monaten (**Tabelle 35**).

Tabelle 35: Häufigkeit von Kindern in den einzelnen Bauchumfang-Perzentilen-Kategorien zu Studienbeginn und nach 42 Monaten

Studiengruppe			BU-Kat 5				Gesamt	Korrelation	
			1	2	3	4			
KS	BU-Kat 1	1	N	0	1	0	0	1	Kendall-Tau-b = 0,70
			%	0,0%	1,4%	0,0%	0,0%	1,4%	
		2	N	1	41	6	0	48	
			%	1,4%	57,7%	8,5%	0,0%	67,6%	
		3	N	0	4	5	2	11	
			%	0,0%	5,6%	7,0%	2,8%	15,5%	
		4	N	0	0	3	8	11	
			%	0,0%	0,0%	4,2%	11,3%	15,5%	
	Gesamt		N	1	46	14	10	71	P < 0,001
			%	1,4%	64,8%	19,7%	14,1%	100,0%	
IS	BU-Kat 1	1	N	1	5	0	0	6	Kendall-Tau-b = 0,69
			%	1,0%	5,2%	0,0%	0,0%	6,2%	
		2	N	0	63	6	1	70	
			%	0,0%	65,6%	6,2%	1,0%	72,9%	
		3	N	0	2	6	2	10	
			%	0,0%	2,1%	6,2%	2,1%	10,4%	
		4	N	0	1	1	8	10	
			%	0,0%	1,0%	1,0%	8,3%	10,4%	
	Gesamt		N	1	71	13	11	96	P < 0,001
			%	1,0%	74,0%	13,5%	11,5%	100,0%	

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **BU-Kat 1:** Bauchumfang-Kategorie bei Visit 1; **BU-Kat 5:** Bauchumfang-Kategorie bei Visit 5; **BU-Kategorie: 1** = untergewichtig ($\leq 10.$ Perzentile); **2** = normalgewichtig ($>10. - 90.$ Perzentile); **3** = übergewichtig ($>90. - 97.$ Perzentile); **4** = adipös ($>97. - 99,5.$ Perzentile); **N:** Anzahl; **%:** Prozent der Gesamtanzahl; **Grau hinterlegt:** Kinder ohne Änderung der BU-Kategorie von Visit 1 zu Visit 5

4.3.3 Der systolische und diastolische Blutdrucks nach 42-monatiger Intervention

In der Kontrollgruppe sank der systolische Blutdruck von 118,3 mm Hg auf 114,5 mm Hg ($p = 0,010$). Der diastolische Blutdruck sank von 70,7 mm Hg auf 68,6 mm Hg ($p = 0,033$). In der Interventionsgruppe sank der systolische Blutdruck von 119,0 mm Hg auf 114,7 mm Hg ($p = 0,003$). Der diastolische Blutdruck sank von 75,8 mm Hg auf 69,9 mm Hg ($p < 0,001$).

4. Ergebnisse

Die Differenz der mittleren Änderung des systolischen Blutdrucks zwischen Interventions- und Kontrollgruppe betrug 0,44 mm Hg ($p = 0,825$). Die Differenz der mittleren Änderung des diastolischen Blutdrucks zwischen Intervention- und Kontrollgruppe betrug 3,79 mm Hg ($p = 0,008$) (**Tabelle 36**).

Tabelle 36: Veränderung des systolischen und diastolischen Blutdrucks nach 42-monatiger Intervention

	Gruppe	N	V1 MW ± SD	V5 MW ± SD	Diff. V5 – V1 (95%-CI)	p V1-V5	Diff. Gruppen (95%-CI)	p Δ V5/V1
SBP (mm Hg)	KS	69	118,3 ± 8,7	114,5 ± 10,6	-3,8 (-6,6; -0,9)	0,010	0,44 (-3,5; 4,4)	0,825
	IS	95	119,0 ± 10,6	114,7 ± 11,8	-4,2 (-6,9; -1,5)	0,003		
DBP (mm Hg)	KS	69	70,7 ± 6,7	68,6 ± 6,9	-2,1 (-4,0; -0,2)	0,033	3,79 (1,0; 6,6)	0,008
	IS	95	75,8 ± 8,4	69,9 ± 6,8	-5,9 (-7,8; -4,0)	<0,001		

N: Anzahl; **V1:** Visit 1; **V5:** Visit 5; **MW ± SD:** Mittelwert ± Standardabweichung; **Diff. V5-V1:** Mittlere Differenz innerhalb der Gruppe zwischen V5 und V1; **p V1-V5:** p innerhalb der Gruppe V1-V5; **Diff. Gruppen:** Differenz der mittleren Änderung zwischen den Gruppen; **p Δ V5/V1:** p zwischen den Gruppen; **CI:** Konfidenzintervall; **KS:** Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **SBP:** systolischer Blutdruck; **DBP:** diastolischer Blutdruck

In beiden Studiengruppen war im Zeitraum von Visit 1 zu Visit 5 eine schwache Korrelation des systolischen sowie diastolischen Blutdrucks feststellbar (**Tabelle 37**).

Tabelle 37: Korrelation des systolischen und diastolischen Blutdrucks zu Studienbeginn und nach 42 Monaten

	Gruppe	N	V1 MW ± SD	V3 MW ± SD	Korrelation nach Spearman	Signifikanz
SBP (mm Hg)	KS	69	118,3 ± 8,7	114,5 ± 10,6	0,22	P = 0,076
	IS	95	119,0 ± 10,6	114,7 ± 11,8	0,24	P = 0,017
DBP (mm Hg)	KS	69	70,7 ± 6,7	68,6 ± 6,9	0,25	P = 0,037
	IS	95	75,8 ± 8,4	69,9 ± 6,8	0,22	P = 0,034

SBP: systolischer Blutdruck; **DBP:** diastolischer Blutdruck; **N:** Anzahl; **KS:** Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen

In der Kontrollgruppe hatten 56 Kinder (81,2 %) zu keinem Zeitpunkt einen erhöhten Blutdruck. Bei vier Kindern (5,8 %) war der Blutdruck bei beiden Visits erhöht.

In der Interventionsgruppe hatten sieben Kinder (7,4 %) sowohl bei Visit 1 als auch bei Visit 5 einen erhöhten Blutdruck. Bei 57 Kindern (60,0 %) war dieser zu keinem Zeitpunkt erhöht (**Tabelle 38**).

Tabelle 38: Häufigkeit von Kindern mit einem Blutdruck ober- und unterhalb der Grenzwerte der IDF zu Studienbeginn und nach 42 Monaten

Studiengruppe				Blutdruck bei Visit 5		Gesamt	
				nicht erhöht	erhöht		
KS	Blutdruck bei Visit1	nicht erhöht	N	56	3	59	
			%	81,2 %	4,3 %	85,5 %	
		Erhöht	N	6	4	10	
			%	8,7 %	5,8 %	14,5 %	
	Gesamt			N	62	7	69
				%	89,9 %	10,1 %	100,0 %
IS	Blutdruck bei Visit1	nicht erhöht	N	57	3	60	
			%	60,0 %	3,2 %	63,2 %	
		Erhöht	N	28	7	35	
			%	29,5 %	7,4 %	36,8 %	
	Gesamt			N	85	10	95
				%	89,5 %	10,5 %	100,0 %

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **N:** Anzahl; **%:** Prozent der Gesamtanzahl

4.3.4 HDL-Cholesterin, Triglyceride und Nüchtern-Glucose nach 42-monatiger Intervention

In der Kontrollgruppe sank das HDL-Cholesterin von 65,4 mg/dl auf 51,3 mg/dl ($p < 0,001$). Die Triglyceride sanken von 83,1 mg/dl auf 79,0 mg/dl ($p = 0,424$). Die Nüchtern-Glucose stieg von 78,0 mg/dl auf 79,7 mg/dl ($p = 0,299$).

In der Interventionsgruppe sank das HDL-Cholesterin von 64,7 mg/dl auf 51,6 mg/dl ($p < 0,001$). Die Triglyceride stiegen von 75,2 mg/dl auf 90,1 ($p = 0,002$). Die Nüchtern-Glucose sank von 81,1 mg/dl auf 75,9 mg/dl ($p < 0,001$).

4. Ergebnisse

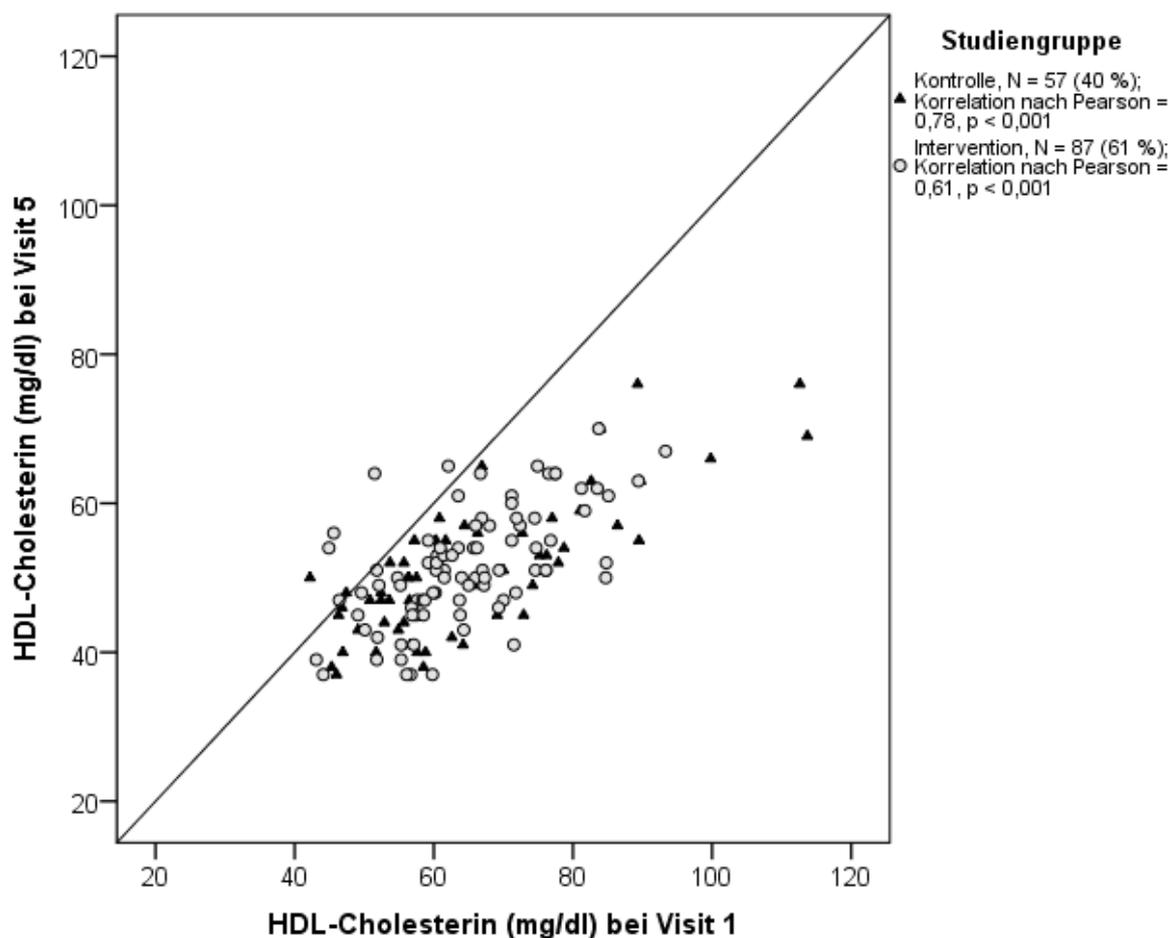
Bei den Triglyceriden konnte ein Gruppenunterschied zugunsten der Kontrollschulen festgestellt werden ($p = 0,008$). Die Nüchtern-Glucose sank in den Interventionsschulen deutlicher als in den Kontrollschulen ($p < 0,001$) (**Tabelle 39**).

Tabelle 39: Veränderung des HDL-Cholesterins, der Triglyceride und der Nüchtern-Glucose nach 42-monatiger Intervention

	Gruppe	N	V1 MW \pm SD	V5 MW \pm SD	Diff. V5 – V1 (95%-CI)	p V1-V5	Diff. Gruppen (95%-CI)	p Δ V5/V1
HDL-C (mg/dl)	KS	57	65,4 \pm 16,3	51,3 \pm 9,2	-14,1 (-17,0; -11,2)	<0,001	-1,05 (-4,44; 2,33)	0,539
	IS	87	64,7 \pm 11,0	51,6 \pm 7,7	-13,1 (-14,9; -11,2)	<0,001		
TAG (mg/dl)	KS	56	83,1 \pm 40,0	79,0 \pm 30,3	-4,1 (-14,3; 6,1)	0,424	-18,91 (-32,88; -4,95)	0,008
	IS	87	75,2 \pm 35,9	90,1 \pm 34,7	14,9 (5,6; 24,0)	0,002		
Glu (mg/dl)	KS	57	78,0 \pm 7,6	79,7 \pm 9,6	1,7 (-1,5; 4,9)	0,299	6,85 (3,17; 10,52)	<0,001
	IS	87	81,1 \pm 7,2	75,9 \pm 10,4	-5,2 (-7,3; -3,0)	<0,001		

N: Anzahl; **V1:** Visit 1; **V5:** Visit 5; **MW \pm SD:** Mittelwert \pm Standardabweichung; **Diff. V5-V1:** Mittlere Differenz innerhalb der Gruppe zwischen V5 und V1; **p V1-V5:** p innerhalb der Gruppe V1-V5; **Diff. Gruppen:** Differenz der mittleren Änderung zwischen den Gruppen; **p Δ V5/V1:** p zwischen den Gruppen; **CI:** Konfidenzintervall; **KS:** Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **HDL-C:** HDL-Cholesterin; **TAG:** Triglyceride; **Glu:** Nüchtern-Glucose

In beiden Studiengruppen bestand beim HDL-Cholesterin eine positive Korrelation (KS: $r = 0,78$, $p < 0,001$; IS: $r = 0,61$, $p < 0,001$) zu Projektbeginn und nach 42 Monaten (**Abbildung 24**).

Abbildung 24: Korrelation des HDL-Cholesterins zu Studienbeginn und nach 42 Monaten

In der Kontrollgruppe hatten 54 Kinder (94,7 %) bei beiden Visits normale HDL-Cholesterinspiegel.

In der Interventionsgruppe hatten 80 Kinder (92,0 %) bei beiden Visits keine HDL-Cholesterin-Dysfunktion.

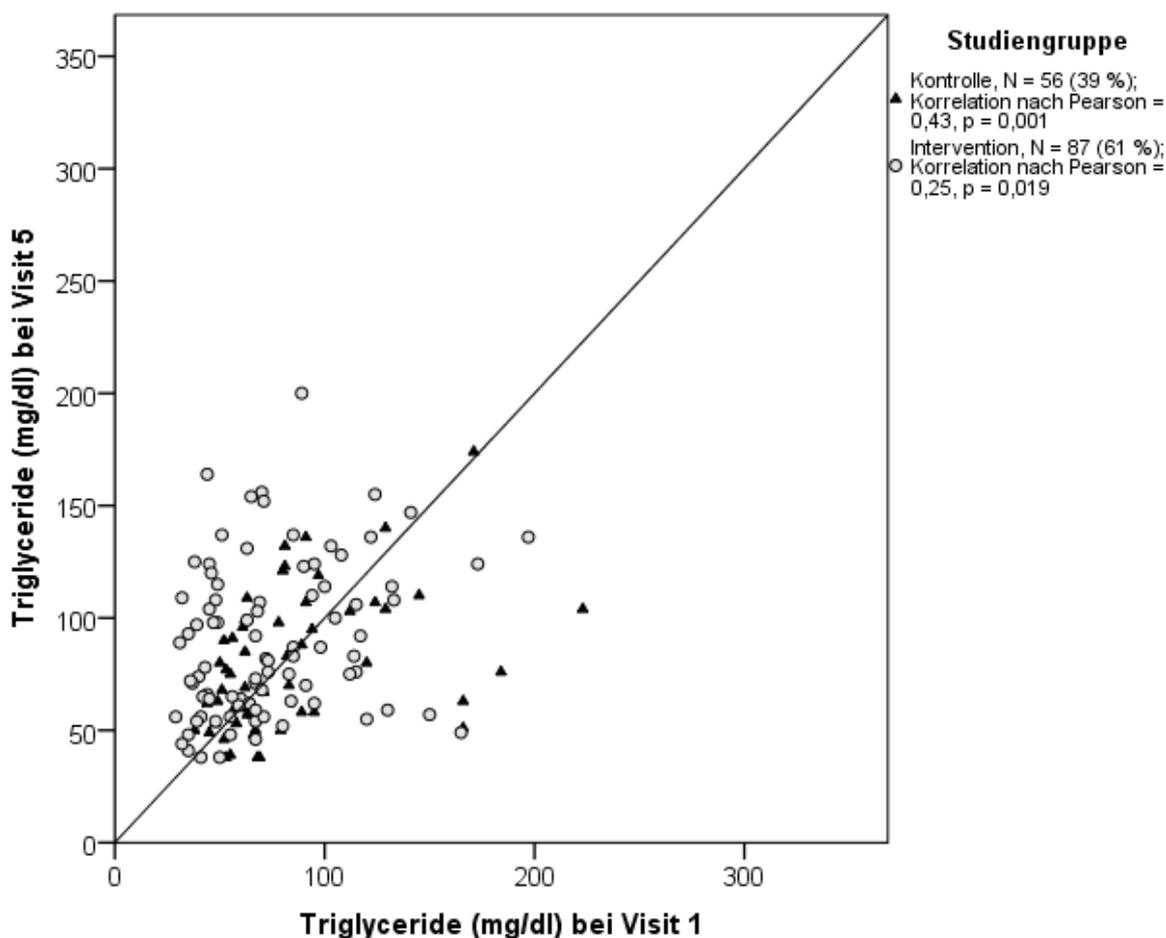
Kein Kind aus der Studienpopulation hatte bei beiden Visits ein erhöhtes HDL-Cholesterin (**Tabelle 40**).

Tabelle 40: Häufigkeit von Kindern mit HDL-Cholesterin-Werten ober- und unterhalb der Grenzwerte der IDF zu Studienbeginn und nach 42 Monaten

Studiengruppe				HDL-C 5		Gesamt	
				≥40 mg/dl	<40 mg/dl		
KS	HDL-C 1	≥40 mg/dl	N	54	3	57	
			%	94,7 %	5,3 %	100,0 %	
		<40 mg/dl	N	0	0	0	
			%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	
	Gesamt			N	54	3	57
				%	94,7 %	5,3 %	100,0 %
IS	HDL-C 1	≥40 mg/dl	N	80	7	87	
			%	92,0 %	8,0 %	100,0 %	
		<40 mg/dl	N	0	0	0	
			%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	
	Gesamt			N	80	7	87
				%	92,0 %	8,0 %	100,0 %

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **N:** Anzahl; **%:** Prozent der Gesamtanzahl; **HDL-C 1:** HDL-Cholesterin bei Visit 1; **HDL-C 5:** HDL-Cholesterin bei Visit 5

In beiden Studiengruppen bestand eine positive Korrelation der Triglyceridspiegel (KS: $r = 0,43$, $p = 0,001$; IS: $r = 0,25$, $p = 0,019$) zu Projektbeginn und nach 42 Monaten (**Abbildung 25**).

Abbildung 25: Korrelation der Triglyceride zu Studienbeginn und nach 42 Monaten

Die Triglyceride waren bei 51 Kindern (91,1 %) der Kontrollgruppe sowohl bei Visit 1 als auch bei Visit 5 unterhalb des Grenzwerts der IDF. Ein Kind (1,8 %) hatte bei beiden Visits erhöhte Triglyceride.

Bei 77 Kindern (88,5 %) der Interventionsgruppe waren die Triglyceridwerte bei beiden Visits normal. Bei sechs Kindern (6,9 %) waren sie nur bei Visit 5 erhöht (**Tabelle 41**).

Tabelle 41: Häufigkeit von Kindern mit Triglycerid-Werten ober- und unterhalb der Grenzwerte der IDF zu Studienbeginn und nach 42 Monaten

Studiengruppe				TAG 5		Gesamt	
				<150 mg/dl	≥150 mg/dl		
KS	TAG 1	<150 mg/dl	N	51	0	51	
			%	91,1 %	0,0 %	91,1 %	
		≥150 mg/dl	N	4	1	5	
			%	7,1 %	1,8 %	8,9 %	
	Gesamt			N	55	1	56
				%	98,2 %	1,8 %	100,0 %
IS	TAG 1	<150 mg/dl	N	77	6	83	
			%	88,5 %	6,9 %	95,4 %	
		≥150 mg/dl	N	4	0	4	
			%	4,6 %	0,0 %	4,6 %	
	Gesamt			N	81	6	87
				%	93,1 %	6,9 %	100,0 %

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **N:** Anzahl; **%:** Prozent der Gesamtanzahl; **TAG 1:** Triglyceride bei Visit 1; **TAG 5:** Triglyceride bei Visit 5

Triglyceride waren bei 40 Kindern (71,4 %) der Kontrollgruppe bei beiden Visits unterhalb des Grenzwerts der AGA. Drei Kinder (5,4 %) hatten bei beiden Visits erhöhte Triglyceride.

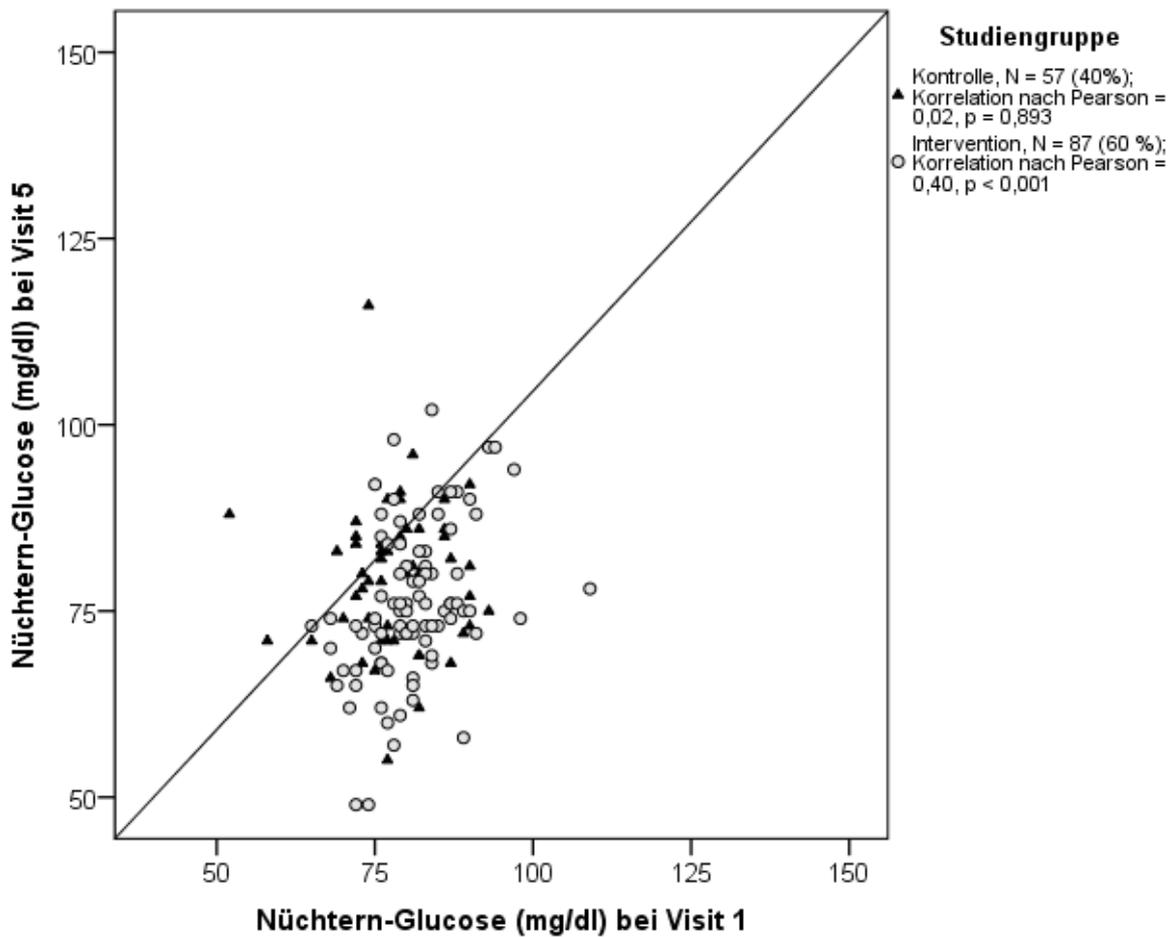
Bei 53 Kindern (60,9 %) der Interventionsgruppe waren die Triglyceridwerte bei beiden Visits normal und bei sechs Kindern (6,9 %) bei beiden Visits erhöht (**Tabelle 42**).

Tabelle 42: Häufigkeit von Kindern mit Triglycerid-Werten ober- und unterhalb der Grenzwerte der AGA zu Studienbeginn und nach 42 Monaten

Studiengruppe				TAG 5		Gesamt	
				<110 mg/dl	≥110 mg/dl		
KS	TAG 1	<110 mg/dl	N	40	5	45	
			%	71,4 %	8,9 %	80,4 %	
		≥110 mg/dl	N	8	3	11	
			%	14,3 %	5,4 %	19,6 %	
	Gesamt			N	48	8	56
				%	85,7 %	14,3 %	100,0 %
IS	TAG 1	<110 mg/dl	N	53	18	71	
			%	60,9 %	20,7 %	81,6 %	
		≥110 mg/dl	N	10	6	16	
			%	11,5 %	6,9 %	18,4 %	
	Gesamt			N	63	24	87
				%	72,4 %	27,6 %	100,0 %

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **N:** Anzahl; **%:** Prozent der Gesamtanzahl; **TAG 1:** Triglyceride bei Visit 1; **TAG 5:** Triglyceride bei Visit 5

In der Kontrollgruppe bestand keine Korrelation der Nüchtern-Glucose zu Projektbeginn und nach 42 Monaten. In den Interventionsschulen war die Korrelation positiv (KS: $r = 0,02$, $p = 0,893$; IS: $r = 0,40$, $p < 0,001$) (**Abbildung 26**).

Abbildung 26: Korrelation der Nüchtern-Glucose zu Studienbeginn und nach 42 Monaten

56 Kinder (98,2 %) der Kontrollgruppe hatten bei beiden Visits normale Nüchtern-Glucose-Werte.

85 Kinder (97,7 %) der Interventionsgruppe hatten bei beiden Visits normale Nüchtern-Glucose-Werte.

Kein Kind aus der Studienpopulation hatte bei beiden Visits eine erhöhte Nüchtern-Glucose (**Tabelle 43**).

Tabelle 43: Häufigkeit von Kindern mit Nüchtern-Glucose-Werten ober- und unterhalb der Grenzwerte der IDF zu Studienbeginn und nach 42 Monaten

Studiengruppe				Glu 5		Gesamt
				<100 mg/dl	≥100 mg/dl	
KS	Glu 1	<100 mg/dl	N	56	1	57
			%	98,2 %	1,8 %	100,0 %
		≥100 mg/dl	N	0	0	0
			%	0,0 %	0,0 %	0,0 %
	Gesamt		N	56	1	57
			%	98,2 %	1,8 %	100,0 %
IS	Glu 1	<100 mg/dl	N	85	1	86
			%	97,7 %	1,1 %	98,9 %
		≥100 mg/dl	N	1	0	1
			%	1,1 %	0,0 %	1,1 %
	Gesamt		N	86	1	87
			%	98,9 %	1,1 %	100,0 %

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **N:** Anzahl; **%:** Prozent der Gesamtanzahl; **Glu 1:** Nüchtern-Glucose bei Visit 1; **Glu 5:** Nüchtern-Glucose bei Visit 5

4.3.5 Das metabolische Syndrom unter Verwendung der IDF-Definition nach 42-monatiger Intervention

In der Kontrollgruppe hatten 38 Kinder (70,4 %) bei Visit 1 und Visit 5 keinen Risikofaktor und ein Kind (1,9 %) einen Risikofaktor für ein metabolisches Syndrom.

In der Interventionsgruppe hatten 41 Kinder (47,4 %) weder bei Visit 1 noch bei Visit 5 und 14 Kinder (16,3 %) bei beiden Visits einen Risikofaktor für ein metabolisches Syndrom.

In den Kontrollschulen blieb bei 39 Kindern (72,2 %) und in den Interventionsschulen bei 55 Kindern (64,0 %) die Anzahl an Risikofaktoren über beide Visits konstant (**Tabelle 44**).

Tabelle 44: Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF zu Studienbeginn und nach 42 Monaten

Studiengruppe			N-Met IDF 5			Gesamt	
			0	1	2		
KS	N-Met IDF 1	0	N	38	4	0	42
			%	70,4 %	7,4 %	0,0 %	77,8 %
		1	N	7	1	3	11
			%	13 %	1,9 %	5,6 %	20,4 %
		2	N	0	1	0	1
			%	0,0 %	1,9 %	0,0 %	1,9 %
	Gesamt		N	45	6	3	54
			%	83,3 %	11,1 %	5,6 %	100,0 %
IS	N-Met IDF 1	0	N	41	7	1	49
			%	47,7 %	8,1 %	1,2 %	57 %
		1	N	22	14	0	36
			%	25,6 %	16,3 %	0,0 %	41,9 %
		2	N	1	0	0	1
			%	1,2 %	0,0 %	0,0 %	1,2 %
	Gesamt		N	64	21	1	86
			%	74,4 %	24,4 %	1,2 %	100,0 %

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **N:** Anzahl; **%:** Prozent der Gesamtanzahl; **N-Met IDF 1:** Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF bei Visit 1; **N-Met IDF 5:** Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF bei Visit 5; **Grau hinterlegt:** Kinder ohne Änderung der Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF von Visit 1 zu Visit 5

In den Kontrollschulen lag bei 9,1 % der Kinder mit einem Bauchumfang im Normbereich ein Risikofaktor für ein metabolisches Syndrom vor. Von den adipösen Kindern hatten 25 % einen Risikofaktor. Hatten bei Visit 1 vier Kinder (2,5 %) nach IDF-Definition ein metabolisches Syndrom, so waren es bei Visit 5 zwei Kinder (3,0 %).

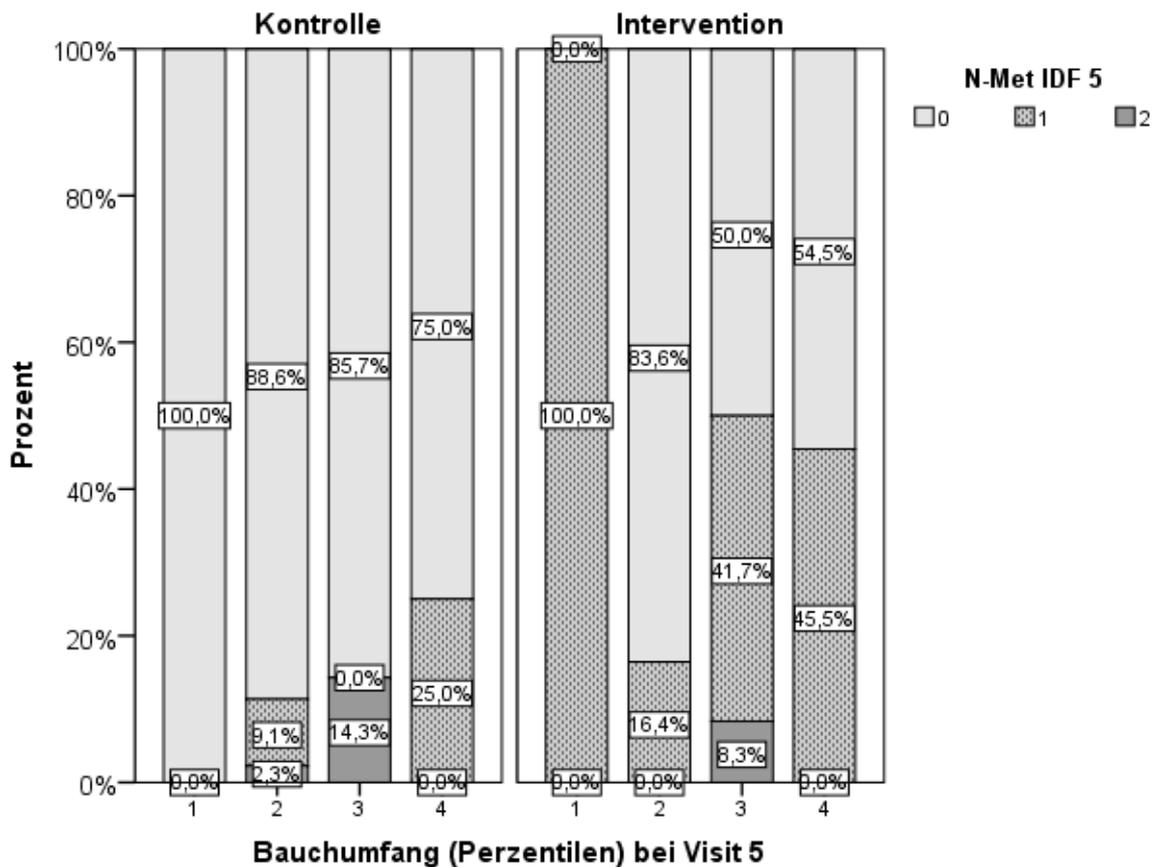
In den Interventionsschulen lag bei 16,4 % der normalgewichtigen Kinder ein Risikofaktor für ein metabolisches Syndrom vor. Von den adipösen Kindern hatten 45,5 % einen Risikofaktor. Hatten bei Visit 1 noch sieben Kinder (3,3 %) nach IDF-Definition ein metabolisches Syndrom, so war es bei Visit 5 ein Kind (1,1 %) (**Tabelle 45, Abbildung 27**).

Tabelle 45: Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie und Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF bei Visit 5

Studiengruppe				N-Met IDF 5			Gesamt	
				0	1	2		
KS	BU-Kat 5	1	N	1	0	0	1	
			%	100,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	
		2	N	39	4	1	44	
			%	88,6 %	9,1 %	2,3 %	100,0 %	
		3	N	12	0	2	14	
			%	85,7 %	0,0 %	14,3 %	100,0 %	
		4	N	6	2	0	8	
			%	75,0 %	25,0 %	0,0 %	100,0 %	
	Gesamt			N	58	6	3	67
				%	86,6 %	9,0 %	4,5 %	100,0 %
IS	BU-Kat 5	1	N	0	1	0	1	
			%	0,0 %	100,0 %	0,0 %	100,0 %	
		2	N	56	11	0	67	
			%	83,6 %	16,4 %	0,0 %	100,0 %	
		3	N	6	5	1	12	
			%	50,0 %	41,7 %	8,3 %	100,0 %	
		4	N	6	5	0	11	
			%	54,5 %	45,5 %	0,0 %	100,0 %	
	Gesamt			N	68	22	1	91
				%	74,7 %	24,2 %	1,1 %	100,0 %

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **BU-Kat 5:** Kategorie des Bauchumfangs bei Visit 5; **N:** Anzahl; **%:** innerhalb von BU-Kategorie bei Visit 5; **BU-Kategorie: 1** = untergewichtig (< 10. Perzentile); **2** = normalgewichtig (10. – 90. Perzentile); **3** = übergewichtig (90. – 97. Perzentile); **4** = adipös (97. – 99,5. Perzentile); **N-Met IDF 5:** Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF bei Visit 5; **Grau hinterlegt:** Kinder mit metabolischem Syndrom nach IDF bei Visit 5

Abbildung 27: Graphische Darstellung der Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie und Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF bei Visit 5



BU-Perzentilen-Kategorie: **1** = untergewichtig (≤ 10 . Perzentile); **2** = normalgewichtig (>10 . – 90. Perzentile); **3** = übergewichtig (>90 . – 97. Perzentile); **4** = adipös (>97 . – 99,5. Perzentile); **N-Met IDF 5:** Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF bei Visit 5

Bei keinem Kind der Studienpopulation war die Diagnose eines metabolischen Syndroms über die Visits 1 bis 5 konstant. Drei Kinder (4,5 %) der Kontrollschulen und zwei Kinder (2,2 %) der Interventionsschulen hatten zu je einem Studienzeitpunkt ein metabolisches Syndrom (**Tabelle 46**).

Tabelle 46: Häufigkeit von Kindern mit metabolischem Syndrom nach IDF zu Studienbeginn und nach 42 Monaten

Studiengruppe				Met-Syn IDF 5		Gesamt
				Nein	Ja	
KS	Met-Syn IDF 1	Nein	N	64	2	66
			%	95,5 %	3,0 %	98,5 %
		Ja	N	1	0	1
			%	1,5 %	0,0 %	1,5 %
	Gesamt		N	65	2	67
			%	97,0 %	3,0 %	100,0 %
IS	Met-Syn IDF 1	Nein	N	90	1	91
			%	97,8 %	1,1 %	98,9 %
		Ja	N	1	0	1
			%	1,1 %	0,0 %	1,1 %
	Gesamt		N	91	1	92
			%	98,9 %	1,1 %	100,0 %

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **N:** Anzahl; **%:** Prozent der Gesamtanzahl; **Met-Syn IDF 1:** Metabolisches Syndrom nach IDF bei Visit 1; **Met-Syn IDF 5:** Metabolisches Syndrom nach IDF bei Visit 5

4.3.6 Das metabolische Syndrom unter Verwendung modifizierter Grenzwerte für Triglyceride der AGA nach 42-monatiger Intervention

In der Kontrollgruppe hatten 29 Kinder (53,7 %) bei beiden Visits keinen Risikofaktor für ein metabolisches Syndrom. Ein Kind (1,9 %) hatte bei beiden Visits einen Risikofaktor.

In der Interventionsgruppe hatten 28 Kinder (32,6 %) weder bei Visit 1 noch bei Visit 5 einen Risikofaktor für ein metabolisches Syndrom. 19 Kinder (22,1 %) hatten bei beiden Visits einen Risikofaktor und ein Kind (1,2 %) zwei Faktoren.

In den Kontrollschulen blieb bei 30 Kindern (56 %) und in den Interventionsschulen bei 48 Kindern (56 %) die Anzahl an Risikofaktoren über beide Visits konstant (**Tabelle 47**).

Tabelle 47: Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA zu Studienbeginn und nach 42 Monaten

Studiengruppe				N-Met AGA 5				Gesamt		
				0	1	2	3			
KS	N-Met AGA 1	0	N	29	8	0	0	37		
			%	53,7 %	14,8 %	0,0 %	0,0 %	68,5 %		
		1	N	11	1	3	0	15		
			%	20,4 %	1,9 %	5,6 %	0,0 %	27,8 %		
		2	N	0	1	0	1	2		
			%	0,0 %	1,9 %	0,0 %	1,9 %	3,7 %		
		3	N	0	0	0	0	0		
			%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %		
		Gesamt			N	40	10	3	1	54
		Gesamt			%	74,1 %	18,5 %	5,6 %	1,9 %	100,0 %
IS		N-Met AGA 1	0	N	28	12	2	0	42	
				%	32,6 %	14 %	2,3 %	0,0 %	48,8 %	
	1		N	19	19	1	0	39		
			%	22,1 %	22,1 %	1,2 %	0,0 %	45,3 %		
	2		N	1	2	1	0	4		
			%	1,2 %	2,3 %	1,2 %	0,0 %	4,7 %		
	3		N	1	0	0	0	1		
			%	1,2 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	1,2 %		
	Gesamt			N	49	33	4	0	86	
	Gesamt			%	57,0 %	38,4 %	4,7 %	0,0 %	100,0 %	

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **N:** Anzahl; **%:** Prozent der Gesamtanzahl; **N-Met AGA 1:** Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA bei Visit 1; **N-Met AGA 5:** Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA bei Visit 5; **Grau hinterlegt:** Kinder ohne Änderung der Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA von Visit 1 zu Visit 5

In den Kontrollschulen lag bei 15,9 % der Kinder mit einem Bauchumfang im Normbereich ein Risikofaktor für ein metabolisches Syndrom vor. Von den adipösen Kindern hatten 37,5 % einen Risikofaktor. Ein Kind (7,1 %) aus der Gruppe der übergewichtigen Kinder hatte drei Risikofaktoren. Bei Visit 5 hatten zwei Kinder (3,0 %) der Kontrollschulen ein metabolisches Syndrom.

In den Interventionsschulen lag bei 32,8 % der Kinder mit einem Bauchumfang im Normbereich ein Risikofaktor für ein metabolisches Syndrom vor. Von den adipösen Kindern

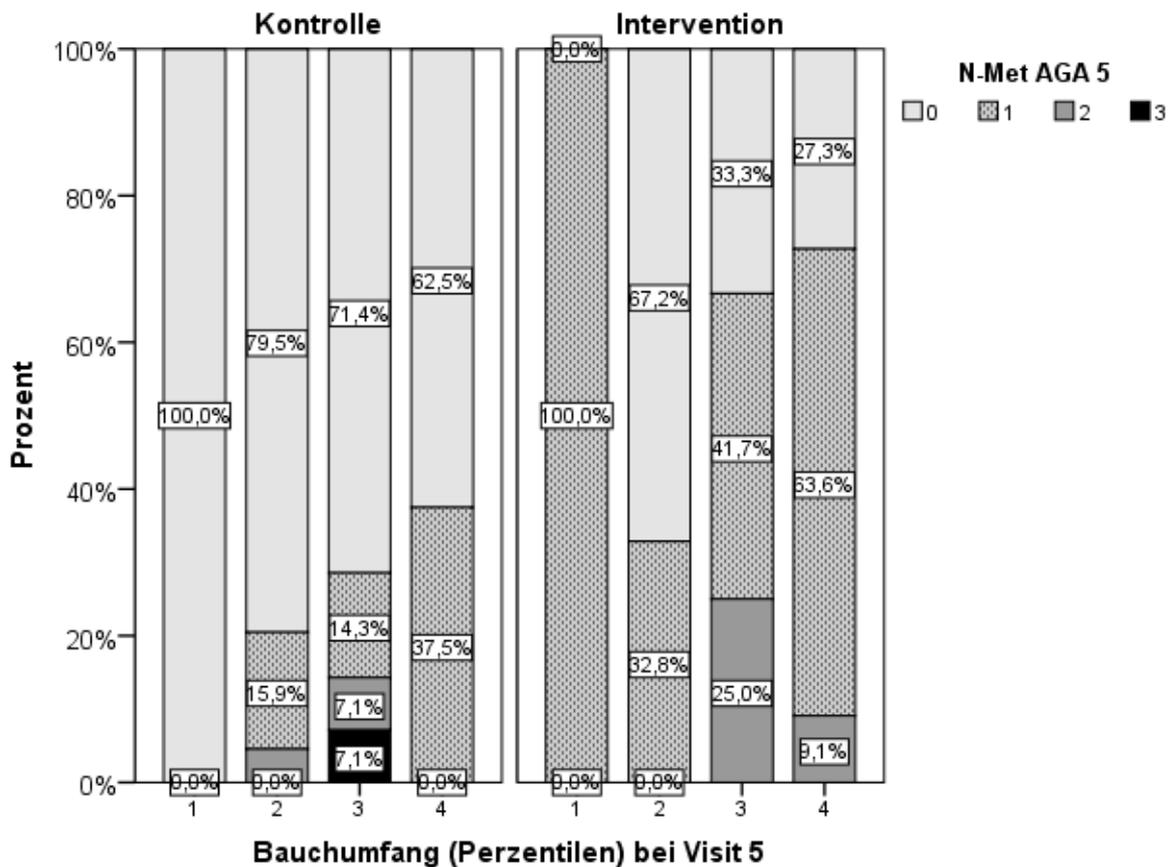
hatten 63,6 % einen Risikofaktor. Bei Visit 5 hatten vier Kinder (4,4 %) der Interventions-
schulen ein metabolisches Syndrom (**Tabelle 48, Abbildung 28**).

Tabelle 48: Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie und Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syn-
drom nach AGA bei Visit 5

Studiengruppe				N-Met AGA 5				Gesamt
				0	1	2	3	
KS	BU-Kat 5	1	N	1	0	0	0	1
			%	100,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
		2	N	35	7	2	0	44
			%	79,5 %	15,9 %	4,5 %	0,0 %	100,0 %
		3	N	10	2	1	1	14
			%	71,4 %	14,3 %	7,1 %	7,1 %	100,0 %
		4	N	5	3	0	0	8
			%	62,5 %	37,5 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
	Gesamt		N	51	12	3	1	67
			%	76,1 %	17,9 %	4,5 %	1,5 %	100,0 %
IS	BU-Kat 5	1	N	0	1	0	0	1
			%	0,0 %	100,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
		2	N	45	22	0	0	67
			%	67,2 %	32,8 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
		3	N	4	5	3	0	12
			%	33,3 %	41,7 %	25,0 %	0,0 %	100,0 %
		4	N	3	7	1	0	11
			%	27,3 %	63,6 %	9,1 %	0,0 %	100,0 %
	Gesamt		N	52	35	4	0	91
			%	57,1 %	38,5 %	4,4 %	0,0 %	100,0 %

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **BU-Kat 5:** Kategorie des Bauchumfangs bei Visit 5; **N:** Anzahl; **%:** innerhalb von BU-Kategorie bei Visit 5; **BU-Kategorie: 1** = untergewichtig (< 10. Perzentile); **2** = normalgewichtig (10. – 90. Perzentile); **3** = übergewichtig (90. – 97. Perzentile); **4** = adipös (97. – 99,5. Perzentile); **N-Met AGA 5:** Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA bei Visit 5; **Grau hinterlegt:** Kinder mit metabolischem Syndrom nach AGA bei Visit 5

Abbildung 28: Graphische Darstellung der Bauchumfang-Perzentile-Kategorie und Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA bei Visit 5



BU-Perzentilen-Kategorie: **1** = untergewichtig (≤ 10 . Perzentile); **2** = normalgewichtig (>10 . – 90. Perzentile); **3** = übergewichtig (>90 . – 97. Perzentile); **4** = adipös (>97 . – 99,5. Perzentile); **N-Met AGA 5:** Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA bei Visit 5

Je ein Kind der Kontroll- und Interventionsschulen hatte bei beiden Visits ein metabolisches Syndrom. Bei zwei Kindern (3,0 %) der Kontrollschulen und sechs Kindern (6,6 %) der Interventionsschulen war die Diagnose des metabolischen Syndroms nicht konstant (**Tabelle 49**).

Tabelle 49: Häufigkeit von Kindern mit metabolischem Syndrom nach AGA zu Studienbeginn und nach 42 Monaten

Studiengruppe				Met-Syn AGA 5		Gesamt	
				Nein	Ja		
KS	Met-Syn AGA 1	Nein	N	64	1	65	
			%	95,5 %	1,5 %	97,0 %	
		Ja	N	1	1	2	
			%	1,5 %	1,5 %	3,0 %	
	Gesamt			N	65	2	67
				%	97,0 %	3,0 %	100,0 %
IS	Met-Syn AGA 1	Nein	N	85	3	88	
			%	92,4 %	3,3 %	95,7 %	
		Ja	N	3	1	4	
			%	3,3 %	1,1 %	4,3 %	
	Gesamt			N	88	4	92
				%	95,7 %	4,3 %	100,0 %

KS: Kontrollschulen; **IS:** Interventionsschulen; **N:** Anzahl; **%:** Prozent der Gesamtanzahl; **Met-Syn AGA 1:** Metabolisches Syndrom bei Visit 1; **N-Met AGA 5:** Metabolisches Syndrom bei Visit 5

5. Diskussion

Die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas von Kindern und Jugendlichen in der Europäischen Union steigt (Jackson-Leach, 2006, 29f). Dies wurde durch die KiGGS-Studie auch für Deutschland festgestellt (Kurth, 2007b, 737). Ein Tracking von Adipositas kann bis ins Erwachsenenalter beobachtet werden (Deshmukh-Taskar, 2006, 54), wobei Übergewicht bereits im Kindesalter mit zahlreichen Veränderungen wie Hypertonie, Diabetes mellitus Typ II, Hyperlipidämie und erhöhten Blutdruckwerten vergesellschaftet ist (Freedman, 1997, 420). Deswegen ist es wichtig, Strategien zu entwickeln, um die Gesundheit und den Lebensstil bereits in jungen Jahren positiv beeinflussen zu können. Die Schule kann hierbei ein geeigneter Ort sein, durch gezielte Intervention Einfluss auf die Entwicklung von Kindern zu nehmen (Brandt, 2010, 208)

Das metabolische Syndrom bezeichnet hierbei einen Cluster an Symptomen, die in besonderer Weise die allgemeine und kardiovaskuläre Gesundheit beeinflussen. Es beinhaltet die zentralen Punkte von mit Adipositas assoziierten Folgeerkrankungen wie eine gestörte Glukose-Toleranz, Hypertriglyceridämie, einen erhöhten Blutdruck sowie ein erniedrigtes HDL-Cholesterin.

Das Ziel dieser Arbeit war, im Zuge des 42-monatigen randomisierten, schulbasierten Präventionsprojekts „Kinder und Jugendliche als Gesundheitsexperten – JuvenTUM Stufe 3“ an acht Interventions- und sieben Kontrollschulen Übergewicht und Adipositas sowie das metabolische Syndrom und seine Parameter im Kindes- und Jugendalter zu untersuchen.

Verglichen mit den Referenzdaten der KiGGS-Studie, welche die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen mit 15 % angibt, ist diese bei der Eingangsuntersuchung an unserem Kollektiv 24,9 %. Auffällig war vor allem die steigende Zahl an adipösen Kindern mit zunehmendem Alter. Kindern an Interventionsschulen hatten nach 42 Monaten niedrigere diastolische Blutdruckwerte, niedrigere Nüchtern-Glucose-Werte und höhere Triglycerid-Werte im Vergleich zur Kontrollgruppe. Die HDL-Cholesterinspiegel zeigten zu keinem Studienzeitpunkt einen Gruppenunterschied. Nach IDF-Definition hatten zwischen 1,9 % und 3,0 % der Kinder und unter Verwendung der Grenzwerte der AGA zwischen 3,8 % und 6,0 % der Kinder ein metabolisches Syndrom. Unabhängig von der Definition war eine niedrige Konstanz der Diagnose festzustellen d.h. nur wenige Kinder hatten zu mehreren Studienzeitpunkten ein metabolisches Syndrom. Ein deutlicher Zusammenhang konnte zwischen dem Grad des Übergewichtes und der Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom beschrieben werden.

Der Body-Mass-Index und BMI-SDS nach 18- und 42-monatiger Intervention

Der Body-Mass-Index wird bei Kindern und Jugendlichen aufgrund seiner guten Reproduzierbarkeit und seiner akzeptablen Korrelation zur Fettmasse als Screening-Methode empfohlen, um Adipositas festzustellen (Bellizzi, 1999, 174).

In den Interventionsschulen waren zu Beginn des Projektes 34 Kinder (13,7 %) übergewichtig und 28 Kinder (11,2 %) adipös. In den Kontrollschulen waren 29 Kinder (15,1 %) übergewichtig und 17 Kinder (8,9 %) adipös. Im Gegensatz dazu lag die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas in der KiGGS-Studie, die Schüler aus allen Schultypen untersuchte, nur bei 15 % (Kurth, 2007a, 737). Bei JuvenTUM wurden nur Kinder aus Mittel- und Realschulen untersucht, welche einen überdurchschnittlich hohen Anteil von Kindern mit Migrationshintergrund und aus niedriger sozialer Schicht aufweisen (Klieme, 2010, 249f). Diese haben ein erhöhtes Risiko für Übergewicht und Adipositas (Kleiser, 2009, 10). Die höheren Prävalenzen von Übergewicht und Adipositas des hier untersuchten Kollektivs verglichen mit der KiGGS-Studie unterstreichen somit die Wichtigkeit von Präventionsmaßnahmen an Brennpunkten wie Mittel- und Realschulen.

Im Studienverlauf stieg in beiden Studiengruppen der BMI nach 18- und 42-monatiger Intervention signifikant an. Dies war aufgrund des zunehmenden Alters und dem damit verbundenen Wachstum sowie der körperlichen Entwicklung der Kinder zu erwarten (Kromeyer-Hauschild, 2001, 808). Darüber hinaus fiel eine starke Korrelation des BMI und des BMI-SDS zwischen Visit 1 und 3 sowie zwischen Visit 1 und 5 auf. Betrachtet man analog die BMI-Perzentilen-Kategorie, so stellt man fest, dass nach 18-monatiger Intervention 87,8 % der Kinder an Kontrollschulen und 87,1 % der Kinder an Interventionsschulen ihre Gewichtsklasse nicht änderten. Nach 42-monatiger Intervention waren es noch 80,3 % der Kinder an Kontrollschulen und 83,3 % der Kinder an Interventionsschulen ohne Veränderung der Gewichtsklasse.

Insgesamt nahm Prävalenz von Übergewicht und Adipositas bei Visit 3 leicht zu und ging bei Visit 5 wieder leicht zurück. Auffällig ist jedoch die hohe Anzahl von adipösen Kindern, also von Kindern mit einem BMI über der 97. Perzentile. Die KiGGS-Studie gibt eine Adipositas-Prävalenz von 6,4 % in der Gruppe sieben- bis zehnjähriger, und 8,8 % in der Gruppe 14 – 17 jähriger Kinder an (Kurth, 2007b, 737). Beim hier untersuchten Kollektiv waren zu Studienbeginn 9 % der Kinder an Kontrollschulen und 11 % der Kinder an Interventionsschulen adipös. Nach 42 Monaten stieg die Prävalenz von Kindern mit einem BMI über der 97. Perzentile auf 11,3 % an den Kontrollschulen und 11,5 % an den Interventi-

onsschulen. Auch waren bei Visit 5 erstmals drei Kinder stark adipös, hatten also ein Gewicht über der 99,5 Perzentile. Betrachtet man nur die Kinder mit einem BMI oberhalb des Normbereiches, so stieg der Anteil der adipösen und stark adipösen Kinder im Vergleich zu den „nur“ übergewichtigen von ca. 40 % auf 50 % an. Verglichen mit übergewichtigen Kindern haben adipöse Kinder höhere systolische und diastolische Blutdruckwerte, ein niedrigeres HDL Cholesterin und höhere Triglyceride, wie Rank 2013 an einer Studie an 463 übergewichtigen und adipösen Kindern zwischen sechs und 19 Jahren zeigen konnte. Die Prävalenz des metabolischen Syndroms nach IDF-Definition war bei adipösen Kindern 25 % verglichen mit 8 % bei übergewichtigen Kindern (Rank, 2013, 3f). Dies unterstreicht die Wichtigkeit einer Prävention, da anscheinend die Extremfälle mit zunehmendem Alter häufiger werden und genau diese Extremfälle schon früh Veränderungen des kardiometabolischen Risikoprofiles zeigen. Zudem beobachtete Deshmuk 2006 im Zuge der Bogalusa Heart Study ein Tracking des Body-Mass-Index bis ins Erwachsenenalter (Deshmukh-Taskar, 2006, 54). Vor allem adipöse Kinder gilt es also früh zu erkennen und durch gezielte Intervention zu beeinflussen, da diese Gruppe zum einen schon in jungen Jahren ein erhöhtes kardiometabolisches Risikoprofil aufweist und zum anderen mit hoher Wahrscheinlichkeit auch im Erwachsenenalter an mit Adipositas assoziierten Folgeerkrankungen leiden wird.

Derzeit wird diskutiert, ob schulbasierte Interventionsprogramme in der Lage sind, einen Beitrag zur Prävention von Übergewicht und Adipositas zu leisten. Eine Meta-Analyse von Harris von schulbasierten Interventionsprojekten beschreibt die Auswirkungen auf die Prävalenz von Übergewicht. Dabei wurden 18 Studien mit 18.141 Kindern im Alter zwischen 15 und 18 Jahren über eine Dauer von sechs Monaten bis zu drei Jahren untersucht. Die Interventionsprogramme der einbezogenen Studien fokussierten sich hierbei auf eine Steigerung der körperlichen Aktivität. Auf den BMI konnte zwar kein Einfluss festgestellt werden (Harris, 2009, 723), jedoch scheint der BMI alleine nicht immer passend, um einen Interventionserfolg zu beschreiben und vielschichtige Interventionseffekte werden durch den BMI nicht unbedingt wiedergegeben (Brandt, 2010, 218).

Der Bauchumfang nach 18- und 42-monatiger Intervention

Der Bauchumfang ist ein geeignetes Maß zur Bestimmung der intraabdominellen Fettmasse (Goran, 1998, 549) und kann als sensitiver Marker für die Einschätzung des kardiovaskulären Risikos genutzt werden (Maffeis, 2001, 179).

In den Interventionsschulen waren zu Beginn des Projektes nach der Bauchumfang-Perzentile 23,6 % der Kinder an Interventionsschulen und 28,6 % der Kinder an Kontrollschulen übergewichtig oder adipös. Bei Visit 3 traf dies auf 22,0 % der Kinder an Kontrollschulen und 25,1 % der Kinder an Interventionsschulen und bei Visit 5 auf 33,5 % der Kinder an Kontrollschulen und 25,0 % der Kinder an Interventionsschulen zu.

Nach 18-monatiger Intervention blieben 102 Kinder (82,9 %) an den Kontrollschulen gemäß ihrem Bauchumfang in der gleichen Perzentilen-Kategorie. An den Interventionsschulen waren es 126 Kinder (81,3 %). Nach 42 Monaten änderten 54 Kinder (76,1 %) an Kontrollschulen und 78 Kinder (81,2 %) an Interventionsschulen ihre Perzentilen-Klasse nicht.

In beiden Studiengruppen stieg der Bauchumfang nach 18- sowie nach 42-monatiger Intervention signifikant an. Dieser Anstieg war in Folge von Wachstum und Alter zu erwarten. Ein Einfluss der Intervention auf den Bauchumfang konnte hierbei nicht festgestellt werden.

In der Literatur sind wenige Daten zum Einfluss von schulbasierten Interventionsprogrammen auf den Bauchumfang vorhanden. Taylor beschrieb jedoch in einer 2007 veröffentlichten Präventionsstudie an sieben Schulen mit insgesamt 730 Kindern zwischen fünf und zwölf Jahren eine signifikante Verringerung des Bauchumfangs nach 2-jährigem Interventionszeitraum, die durch eine Reduktion des Konsums von Softdrinks und eine Steigerung des Konsums von Obst und Gemüse im Zuge einer Ernährungsschulung sowie einer Steigerung der körperlichen Aktivität erreicht wurde. Auch wenn nur geringe Veränderungen erzielt werden konnten, zeigte sich, dass es möglich ist, durch gezielte Intervention an Schulen Einfluss auf den Bauchumfang zu nehmen (Taylor, 2007, 737).

Wichtig ist dies vor dem Hintergrund, dass ein erhöhter Bauchumfang als zentraler Punkt für die Entwicklung eines metabolischen Syndroms angesehen wird. Der Bauchumfang gilt verglichen mit dem BMI als geeigneterer Wert für die Beurteilung der intraabdominellen Fettmasse. Auch ist der Bauchumfang mit dem Blutdruck und einer Dyslipidämie assoziiert, und stellt somit einen starken Marker für ein allgemeines Gesundheitsrisiko dar (Lee, 2006a, 810). Morrison beschreibt, dass jeder Anstieg des Bauchumfanges um einen cm mit einer Erhöhung des Risikos für ein metabolisches Syndrom um 7,4 % vergesellschaftet ist (Morrison, 2005, 1180).

Dass bei Visit 5 beim hier untersuchten Kollektiv bereits 33,5 % der Kinder an Kontrollschulen einen erhöhten Bauchumfang aufwiesen, ist vor diesem Hintergrund ein alarmierender Wert. Diese hohe Prävalenz könnte dadurch erklärt werden, dass beim Bauchumfang

analog zum BMI ein Zusammenhang mit niedrigem sozioökonomischem Status und Migrationshintergrund festzustellen ist (Stolzenberg, 2007, 667), weshalb die Auswahl von ausschließlich Mittel- und Realschulen Einfluss auf die gemessenen Werte des Bauchumfangs nehmen könnte. Unabhängig davon muss jedoch registriert werden, dass jedes vierte Kind an Mittel- oder Realschulen einen erhöhten Bauchumfang und damit ein erhöhtes Risiko für ein metabolisches Syndrom aufweist, was den Stellenwert einer frühzeitigen Adipositasprävention weiter unterstreicht.

Der systolische und diastolische Blutdruck nach 18- und 42-monatiger Intervention

Ein erhöhter Blutdruck gilt als wichtiger kardiovaskulärer Risikofaktor und ist mit dem Grad des Übergewichtes verbunden. So steigt der mittlere Blutdruck und der Prozentsatz von Kindern mit erhöhtem Blutdruck mit steigender BMI-Kategorie (Flechtner-Mors, 2012, 21).

Im Rahmen des Projekts wurde bei jeder Untersuchung der Blutdruck der teilnehmenden Kinder gemessen. Dieser war bei Visit 1 in der Kontrollgruppe bei 47 Kindern (24,6 %) und in der Interventionsgruppe bei 78 Kindern (31,6 %) erhöht, d. h. war bei einer standardisierten Einmalmessung $\geq 130/85$ mm Hg. Vergleicht man Visit 1 und 3, so hatten 13 Kinder (10,7 %) der Kontrollschulen und 18 Kinder (11,8 %) der Interventionsschulen bei beiden Visits einen erhöhten Blutdruck. Bei vier Kindern (5,8 %) der Kontrollschulen und 7 Kindern (7,4 %) der Interventionsschulen war der Blutdruck bei Visit 1 und 5 erhöht.

Nach 18-monatiger Intervention zeigte sich kein signifikanter Gruppenunterschied in der Entwicklung des Blutdrucks. Nach 42-monatiger Intervention war der systolische Blutdruck ebenfalls nicht beeinflusst. Der diastolische Blutdruck sank jedoch in den Interventionsschulen deutlicher (-5,9 mm Hg) als in den Kontrollschulen (-2,1 mm Hg) ($p = 0,008$).

Ähnliche Ergebnisse wurden in den vergangenen Jahren publiziert. Im Rahmen eines Grundschulprojekts mit 730 Kindern, welches unter anderem eine Steigerung der körperlichen Aktivität umfasste, konnte Taylor nach einem Jahr eine Reduktion des systolischen Blutdrucks um -2,9 mm Hg feststellen, welche sich im 2. Beobachtungsjahr nicht mehr zeigte (Taylor, 2007, 373). Knowles fand in seiner 2012 veröffentlichten Studie an 512 Kindern zwischen fünf und acht Jahren einen niedrigeren diastolischen Blutdruck bei aktiven Kindern, während keine Veränderung des systolischen Blutdrucks beobachtet wurde (Knowles, 2012, 4).

Beim hier untersuchten Kollektiv hatten an den Interventionsschulen 28 (29,5 %) Kinder, deren Blutdruck bei Visit 1 erhöht war, bei Visit 5 normale Blutdruckwerte. An den Kontrollschulen waren es 6 (8,7 %) Kinder. Bei 4 Kindern (5,8 %) der Kontrollschulen und 7 Kindern (7,4 %) der Interventionsschulen war der Blutdruck sowohl bei Visit 1 als auch bei Visit 5 erhöht. Diese Zahlen sind von klinischer Relevanz, da der Blutdruck maßgeblich die kardiovaskuläre Gesundheit beeinflusst. So fand Sun 2007 bei insgesamt 493 Jungen und Mädchen von fünf bis 18 Jahren mit wiederholt erhöhten Blutdruckwerten ein erhöhtes Risiko für Bluthochdruck im Erwachsenenalter. Auch steigt bei diesen Kindern das Risiko, später im Leben ein metabolisches Syndrom zu entwickeln (Sun, 2007, 242).

Mit Blick auf die vorhandene Literatur und die hier beschriebenen Ergebnisse scheint es also durchaus möglich und wichtig, durch Interventionsprogramme an der Schule den Blutdruck und das kardiovaskuläre Risiko frühzeitig positiv zu beeinflussen.

Die Blutwerte nach 18- und 42-monatiger Intervention

Das HDL-Cholesterin, die Nüchtern-Glucose und die Triglyceride sind die Blutwerte, welche in der Definition des metabolischen Syndroms im Kindes und Jugendalter Verwendung finden. Übergewichtige und adipöse Kinder haben signifikant häufiger Werte außerhalb des Normbereiches als normalgewichtige (Falaschetti, 2010, 3)

In den Kontrollschulen lässt sich nach 18-monatiger Intervention beim HDL-Cholesterin ein Abfall von 66,3 mg/dl auf 55,3 mg/dl ($p < 0,001$) und an den Interventionsschulen von 64,2 mg/dl auf 57,0 mg/dl ($p < 0,001$) feststellen. Hierbei besteht ein Gruppenunterschied zugunsten der Interventionsschulen ($p = 0,008$). Auch nach 42-monatiger Intervention ist in beiden Studiengruppen ein Abfall des HDL-Cholesterins festzustellen, jedoch ohne signifikanten Gruppenunterschied.

Bereits 2009 ist durch Cook für Kinder im Alter von 10 – 18 Jahren beschrieben worden, dass das HDL-Cholesterin vor allem bei Jungen im Alter zwischen elf und 13 Jahren deutlich abfällt (Cook, 2009, 21). Dies scheint auch auf deutsche Kinder zuzutreffen. Im Rahmen der KiGGS-Studie steigt bei Jungen das HDL-Cholesterin bis zum zehnten Lebensjahr linear an, um dann mit Beginn der Pubertät bis zum 15ten Lebensjahr abzufallen. Bei Mädchen fallen die Werte zwischen dem neunten und elften Lebensjahr nur leicht ab, um danach wieder anzusteigen (Thierfelder, 2007, 765). Die Veränderungen des HDL-Cholesterins am hier untersuchten Kollektiv sind also am ehesten physiologisch.

Vor dem Hintergrund dieser physiologischen Veränderungen bei Heranwachsenden muss man die Sinnhaftigkeit von fixierten Cut-Off-Werten für das HDL-Cholesterin diskutieren. Auch die Frage, welcher Wert bei Kindern und Jugendlichen als pathologisch anzusehen ist, ist nicht hinreichend beantwortet. Perzentilen basierte Grenzwerte sind jedoch in der täglichen Praxis unpraktischer zu handhaben. Auch scheint durch Verwendung von Cut-Off-basierten Grenzwerten ein longitudinaler Vergleich einfacher. Deswegen wurden in der IDF-Definition für das metabolische Syndrom im Kindes- und Jugendalter die Cut-Off-Werte für das Erwachsenenalter berücksichtigt (Zimmet, 2007, 303).

Insgesamt waren die HDL-Cholesterinwerte überwiegend im Normbereich. Grund hierfür könnte sein, dass das hier untersuchte Kollektiv nicht nur übergewichtige und adipöse, sondern auch normalgewichtige Kinder beinhaltet. Bei nur einem Kind der Kontrollschulen, welches zur Gruppe der adipösen Kinder gehörte, fiel ein zu niedriger Wert zu zwei Studienzeitpunkten auf. Treten beim HDL-Cholesterin Veränderungen auf, so trifft dies überwiegend übergewichtige und adipöse Kinder. Bereits 1999 wurde im Zuge der Bogalusa Heart Study durch Freedman ein Zusammenhang zwischen niedrigem HDL-Cholesterin und dem Grad des Übergewichtes bei Kindern und Jugendlichen beschrieben (Freedman, 1999, 1178). Bei adipösen Kindern konnte Reinehr 2006 signifikant niedrigere HDL-Cholesterinwerte, verglichen mit Normalgewichtigen, feststellen. Eine Reduktion der BMI-SDS Werte führt hierbei auch zu einem Anstieg des HDL-Cholesterins (Reinehr, 2006a, 492). Korsten-Reck fand 2008 an einem Kollektiv von 546 übergewichtigen Kindern einen Zusammenhang zwischen niedrigem HDL-Cholesterin und niedrigem Fitnessgrad (Korsten-Reck, 2008, 1091).

Die Triglyceride waren bei Visit 1 bei zehn Kindern (6,3 %) der Kontrollgruppe und 16 Kindern (7,5 %) der Interventionsgruppe nach Grenzwerten der IDF (Triglyceride \geq 150 mg/dl) erhöht. Drei Kinder (2,9 %) der Kontrollschulen und zwei Kinder (1,4 %) der Interventionsschulen hatten sowohl bei Visit 1 als auch bei Visit 3 erhöhte Werte. Nach 42 Monaten waren nur noch bei einem Kind der Kontrollschulen (1,8 %) weiterhin erhöhte Werte vorhanden. Insgesamt konnte man durch den Cut-Off-Wert der IDF-Klassifikation nur wenige Kinder mit erhöhten Triglyceriden detektieren.

Unter Verwendung der Grenzwerte der AGA (Triglyceride \geq 110 mg/dl) hatten 22 Kinder (13,8 %) der Kontrollgruppe und 45 Kinder (21,0 %) der Interventionsschule zu Beginn erhöhte Werte. Bei acht Kindern (7,6 %) der Kontrollschulen und zehn Kindern (7,2 %) der Interventionsschulen waren diese auch nach 18 Monaten und bei drei Kindern (5,4 %) der

Kontrollschulen und sechs Kindern (6,9 %) der Interventionsschulen auch nach 42 Monaten erhöht.

Durch Verwendung der Grenzwerte der AGA fallen deutlich mehr Kinder mit erhöhten Werten auf. Die AGA empfiehlt, Werte außerhalb der angegebenen Bereiche langfristig zu beobachten. Die Bewertung veränderter Lipidwerte kann nur unter Berücksichtigung aller kardiovaskulären Risikofaktoren erfolgen (Wabitsch, 2011, 61).

Im hier untersuchten Kollektiv waren bei Visit 1 27,8 % der Kinder mit Triglyceriden ≥ 110 mg/dl adipös und 20,8 % übergewichtig. Bei Visit 3 waren 38,9 % der Kinder mit wiederholt auffälligen Werten adipös und 22,2 % übergewichtig. Bei einem Drittel der Kinder mit Adipositas per magna fielen nach 42 Monaten wiederholt erhöhte Werte auf, während dies bei den Normalgewichtigen nur bei 1,9 % der Kinder der Fall war. Es ist also ein deutlicher Zusammenhang zwischen Veränderungen der Triglyceride und dem Grad der Adipositas festzustellen. Reinehr beschrieb bereits 2005 eine deutliche Korrelation von Dyslipidämie und dem Grad des Übergewichts an einem deutschen Studienkollektiv von 1004 übergewichtigen und adipösen Kindern und Jugendlichen (Reinehr, 2005b, 183). Auch untersuchte Korsten-Reck 2008 546 adipöse Kinder. Nur 54,2 % wiesen hierbei ein normales Lipidprofil auf. Kinder mit höchstem BMI-SDS und niedrigstem Fitnessgrad hatten die niedrigsten HDL-Cholesterin- und höchsten Triglycerid-Werte (Korsten-Reck, 2008, 1091).

Betrachtet man die Entwicklung der Blutparameter der Kinder im Studienverlauf, so ist bezüglich der Triglycerid-Werte nach 18 Monaten kein Gruppenunterschied feststellbar. Nach 42 Monaten hatte jedoch die Kontrollgruppe signifikant niedrigere Triglycerid-Werte als die Interventionsgruppe ($p = 0,008$). Der Grund hierfür könnte sein, dass die Triglyceriden die größten Standardabweichungen aller hier untersuchten Werte aufweisen (bis zu 40 mg/dl). Dies macht eine isolierte Interpretation der Triglyceride bezogen auf einen Interventionserfolg schwierig. Auch unterliegen die Werte für Triglyceride großen Schwankungen, wobei die Dauer der Nahrungskarenz vor der Blutentnahme eine große Rolle spielt (Thierfelder, 2007, 767). So ist bei einem Mädchen der Interventionsschulen ein Anstieg der Triglyceride von 89 mg/dl bei Visit 1 auf 200 mg/dl bei Visit 5 festzustellen, ohne dass hierbei ein Anstieg der sonstigen Parameter (BMI, BU, SBP, DBP, HDL-Cholesterin, Glucose) vorliegt. Dieses Beispiel unterstreicht die Wichtigkeit, die Triglyceridwerte nie isoliert zu betrachten, sondern immer im Kontext aller kardiovaskulären Risikofaktoren zu interpretieren und gegebenenfalls durch wiederholte Messungen zu verifizieren.

In dem untersuchten Kollektiv gab es kaum Kinder mit erhöhter Nüchtern-Glucose. Kein Kind hatte zu zwei Studienzeitpunkten erhöhte Werte. Jedoch waren 50,0 % der Kinder mit einer erhöhten Nüchtern-Glucose bei Visit 1, 28,6 % bei Visit 3 und 60,0 % bei Visit 5 übergewichtig oder adipös. Die Nüchtern-Glucose scheint sich jedoch auch bei adipösen Kindern erst spät zu verändern. Reinehr untersuchte im Jahr 2006 96 adipöse Kinder mit einem BMI über der 97. Perzentile und fand nur bei 6 % erhöhte Glucose-Werte, während bei 17 % das LDL-Cholesterin und bei 45 % der Blutdruck erhöht waren (Reinehr, 2006b, 114). Ist die Nüchtern-Glucose jedoch erhöht, so kann dies bereits Ausdruck eines durch Übergewicht gestörten Glucose-Metabolismus sein.

Betrachtet man die Absolutwerte, so sinkt an den Interventionsschulen die Nüchtern-Glucose nach 18 Monaten um 3,6 mg/dl ($p < 0,001$) und nach 42 Monaten um 5,2 mg/dl ($p < 0,001$), während sie an den Kontrollschulen nach 18 Monaten um 0,5 mg/dl sinkt ($p = 0,685$) und nach 42 Monaten um 1,7 mg/dl steigt ($p = 0,299$). Hierbei ist ein Gruppenunterschied sowohl nach 18 Monaten ($p = 0,014$) als auch nach 42 Monaten ($p < 0,001$) zugunsten der Interventionsschulen festzustellen. Da sich dieser Unterschied jedoch im Bereich der Normalwerte bewegt ist die klinische Relevanz in Frage zu stellen. Analog zum verbesserten Blutdruck könnte jedoch ein gesteigerter Fitnessgrad auch Einfluss auf die Nüchtern-Glucose nehmen.

Für alle hier untersuchten und beschriebenen Parameter lässt sich festhalten, dass die Anzahl von Kindern mit Blutparametern außerhalb des Normbereiches in einem Kollektiv von Normalgewichtigen gering ist. Die Frage nach sinnvollen Grenzwerten kann hierbei noch nicht zufriedenstellend beantwortet werden. Verwendet man z.B. die Grenzwerte der AGA für die Triglyceride, so erhält man mehr Kinder mit erhöhten Werten. Jedoch muss man die Frage stellen, ob dies auch tatsächlich mit einem Krankheitswert im Kindesalter oder im späteren Erwachsenenalter verbunden ist. Hierfür wären groß angelegte Längsschnittuntersuchungen nötig, welche die Kinder und Jugendlichen bis ins Erwachsenenalter beobachten. Anhand von Daten aus der Bogalusa Heart Study konnte Nguyen jedoch im Jahr 2010 zeigen, dass z.B. erhöhte Glucose-Werte im Kindesalter nach 17 Jahren persistieren und einen unabhängigen Risikofaktor für Diabetes Mellitus Typ 2 und ein metabolisches Syndrom darstellen (Nguyen, 2010, 674). Für das LDL-Cholesterin wurde ebenfalls 2002 von Nicklas eine Persistenz von in der Kindheit erhöhten Werten bis ins Erwachsenenalter beschrieben, wobei der Effekt bei den Triglyceriden und dem HDL-Cholesterin zwar vorhanden, jedoch weniger deutlich war (Nicklas, 2002, 41).

Durch eine einmalige Messung im Rahmen eines Schulprojekts können folglich Kinder mit erhöhtem Risiko erkannt werden. Hierbei ist es jedoch wichtig, pathologische Werte immer im Kontext zu betrachten, und gegebenenfalls durch wiederholte Messungen zu verifizieren. Die Frage nach sinnvollen Grenzwerten im Kindes- und Jugendalter ist noch nicht abschließend geklärt und sollte Gegenstand weiterer Forschung sein.

Das metabolische Syndrom im Kindes- und Jugendalter nach 18- und 42-monatiger Intervention

Das metabolische Syndrom beschreibt einen Cluster an Symptomen, welche in besonderem Maße die kardiovaskuläre Gesundheit beeinflussen. Es umfasst die bisher beschriebenen Parameter, also den Bauchumfang, den Blutdruck, das HDL-Cholesterin, die Triglyceride und die Nüchtern-Glucose.

In dem hier untersuchten Kollektiv waren nur wenige Kinder von einem metabolischen Syndrom betroffen. Betrachtet man die absoluten Zahlen zu einem Studienzeitpunkt, so wurden nach IDF-Definition Prävalenzen zwischen 1,9 % und 3,0 % gefunden, während unter Verwendung der Grenzwerte der AGA zwischen 3,8 % und 6,0 % der Kinder ein metabolisches Syndrom aufwiesen. Die von uns gefundenen Prävalenzen nach IDF Definition, sind vergleichbar mit Zahlen von Haas, der in den Jahren 2000 – 2007 3667 Jugendliche zwischen zehn und 16 Jahren untersuchte und nach IDF-Kriterien bei 2,8 % der Jungen sowie 1,7 % der Mädchen ein metabolisches Syndrom fand (Haas, 2012, 3). Durch die Existenz unterschiedlicher Definitionen und Grenzwerte für ein metabolisches Syndrom im Kindesalter (**Tabelle 2**) gestaltet sich jedoch oft ein Vergleich unterschiedlicher Studien als schwierig. Die Definitionen von Cook und de Ferranti, welche beide die NCEP/ATP III Definition für ein metabolisches Syndrom im Erwachsenenalter modifizieren, weisen gute Übereinstimmungen bezüglich der Prävalenz des metabolischen Syndroms auf (Mirmiran, 2010, 330). Wendet man jedoch die modifizierte IDF-Definition von Zimmet und die modifizierte NCEP/ATP III-Definition von Cook an, so erhält man am gleichen Kollektiv eine Prävalenz des metabolischen Syndroms von 1,9 % nach Zimmet und 6,5 % nach Cook (Matsha, 2009, 363).

Unabhängig von der verwendeten Definition steigt jedoch die Prävalenz des metabolischen Syndroms mit dem Grad des Übergewichtes. So fand Matsha 2009 in einer Studie an 1272 Kindern zwischen zehn und 16 Jahren nach IDF Definition bei 5,6 % der übergewichtigen und 13,2 % der adipösen Kinder ein metabolisches Syndrom (Matsha, 2009, 364). Auch

Calcaterra fand 2008 bei einer Studie an 267 Kindern und Jugendlichen ein mit dem Grad des Übergewichtes progressiv wachsendes Risiko für ein metabolisches Syndrom, wobei hier eine Modifikation der NCEP-ATP III und WHO Definition für ein metabolisches Syndrom im Kindes- und Jugendalter verwendet wurde (Calcaterra, 2008, 869). Bereits 2004 beschrieb Weiss einen ähnlichen Zusammenhang. In seiner Studie an 439 übergewichtigen Kindern und Jugendlichen zwischen vier und 20 Jahren geht die Häufigkeit des metabolischen Syndroms mit dem Grad des Übergewichtes und wachsender Insulin-Resistenz einher (Weiss, 2004, 2368f). Beim hier untersuchten Kollektiv sank die Anzahl der Kinder ohne Risikofaktor für ein metabolisches Syndrom mit dem Grad des Übergewichtes deutlich. Nach IDF-Kriterien war zu Studienbeginn bei 70 – 80 % der normalgewichtigen Kinder kein Risikofaktor für ein metabolisches Syndrom zu beobachten, während von den adipösen Kindern nur 33,3 % normale Werte aufwiesen. Nach AGA-Kriterien hatten 70 % der normalgewichtigen Kinder keine Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom, während von den adipösen Kindern nur ca. 20 % normale Blutwerte und einen normalen Blutdruck hatten.

Es ist also unstrittig, dass der Grad des Übergewichtes die Häufigkeit des Auftretens von kardiovaskulären Risikofaktoren und metabolischem Syndrom beeinflusst. Einige Studien beobachten zudem ein Tracking ins Erwachsenenalter. So fand Morrison über einen 30-jährigen Zeitraum eine Assoziation des metabolischen Syndroms vom Kindes- zum Erwachsenenalter (Morrison, 2008, 201). Auch Huang beschreibt in einer 2008 veröffentlichten Studie, dass Kinder mit metabolischem Syndrom im Erwachsenenalter ein neunfach erhöhtes kardiovaskuläres Risiko und ein vierfach erhöhtes Risiko für Diabetes Mellitus Typ 2 aufweisen. Erwachsene mit metabolischem Syndrom hatten im Kindesalter einen höheren BMI sowie eine höhere Nüchtern-Glucose, höhere Triglyceride und einen höheren systolischen Blutdruck sowie niedrigeres HDL-Cholesterin (Huang, 2008, 186f). Anhand von Daten der Bogalusa Heart Study beschreibt Magnussen 2010, dass Kinder mit metabolischem Syndrom 2,7 – 3,4-mal häufiger im Erwachsenenalter ein metabolisches Syndrom als Kinder ohne Auffälligkeiten. Allerdings ist hierbei der BMI im Kindesalter ein ebenso guter Prädiktor für ein erhöhtes Risiko im Erwachsenenalter wie die Diagnose eines metabolischen Syndroms (Magnussen, 2010, 1606f).

Wenn Kinder mit erhöhtem kardiovaskulärem Risiko bereits durch den BMI erkannt werden können, so muss man auch die Frage nach der klinischen Relevanz der Diagnose eines metabolischen Syndroms im Kindesalter stellen. Betrachtet man zudem isoliert das Kindesalter, so weist die Diagnose eines metabolischen Syndroms eine hohe Variabilität auf. Am

hier untersuchten Kollektiv konnte keine relevante Konstanz der Diagnose eines metabolischen Syndroms über den Studienzeitraum festgestellt werden. Unter Verwendung der IDF-Definition hatte nach 18-monatiger Intervention ein Kind (0,4 %) wiederholt ein metabolisches Syndrom, während das metabolische Syndrom nach 42 Monaten bei keinem Kind wiederholt festgestellt werden konnte. Nach AGA war nach 18-monatiger Intervention bei vier Kindern (1,5 %) und nach 42-monatiger Intervention bei zwei Kindern (1,3 %) die Diagnose eines metabolischen Syndroms konstant. Alle Kinder mit der wiederholten Diagnose eines metabolischen Syndroms hatten zu Studienbeginn einen BMI über der 90. Perzentile, waren also übergewichtig oder adipös. Goodman untersuchte dazu 1098 Kinder und Jugendliche zwischen 15 und 19 Jahren. Unter Verwendung der IDF Definition war bei 53,3 % die Diagnose nicht stabil. Das Wachstum und die Entwicklung der Kinder macht eine Festlegung von diagnostischen Grenzwerten schwierig. Eine Klassifikation ist deswegen möglicherweise keine effektive Methode zum Abschätzen eines Risikos (Goodman, 2007, 2320). Gustafson postuliert in seiner 2009 veröffentlichten Studie zur Stabilität der Diagnose des metabolischen Syndroms, dass es schwierig sei, aufgrund einer Untersuchung mit Cut-Off basierten Grenzwerten die Diagnose „Metabolisches Syndrom“ zu stellen. So waren z. B. erhöhte Triglyceride in 70 % der Fälle bei einer zweiten Messung nicht mehr vorhanden. Ein hoher Blutdruck war in 40 % der Fälle instabil. Deswegen sollte Werte außerhalb der Referenzbereiche, welche auf ein metabolisches Syndrom hinweisen, durch weitere Untersuchungen bestätigt werden (Gustafson, 2009, 4832).

Die in dieser Untersuchung erfolgte Gegenüberstellung von Definitionen mit unterschiedlichen Grenzwerten (IDF und AGA) unterstreicht die Abhängigkeit der Definitionen von Cut-Off-Werten. Hierbei wird deutlich, dass die Veränderung nur eines Cut-Off-Wertes (Triglyceride) erhebliche Veränderungen der Prävalenz des metabolischen Syndroms zur Folge hat. Welche Grenzwerte im Kindes- und Jugendalter hierbei mit einem tatsächlichen Krankheitswert verbunden sind, bleibt Gegenstand zukünftiger Forschung.

Limitationen und Stärken

Das Schulprojekt „Kinder und Jugendliche als Gesundheitsexperten – JuvenTUM Stufe 3“ verbesserte sowohl den diastolischen Blutdruck als auch die Nüchtern-Glucose der untersuchten Kinder. Die Inzidenz des metabolischen Syndroms fiel niedrig aus, und war mit ähnlichen Untersuchungen vergleichbar. Ein bereits durch andere Studien beschriebenen

Anstieg des kardiovaskulären Risikos durch den Grad des Übergewichtes konnte bestätigt werden.

Eine Stärke der Arbeit ist, dass nun in Deutschland, aufbauend auf den Erfahrungen von KiGGS, ein Projekt an Schulen mit erhöhtem Förderbedarf, nämlich Mittel- und Realschulen, durchgeführt wurde. Hierbei konnte versucht werden, gezielt Einfluss zu nehmen auf Kinder mit niedrigerem sozioökonomischem Status. Auch der Interventionszeitraum von dreieinhalb Jahren scheint lang genug, um interventionsspezifische Unterschiede aufzudecken. Darüber hinaus ist auch die Anzahl der untersuchten Kinder ausreichend, statistisch signifikante Aussagen zu treffen. Insgesamt konnten bei Visit 1 von 441 Kindern sowohl anthropometrische Parameter als auch Blutwerte erhoben werden. Diese Arbeit gehört zu den wenigen in Deutschland, welche über einen längeren Zeitraum eine normale Stichprobe anhand von anthropometrischen Parametern und Blutwerten untersucht, und es so ermöglicht, die Prävalenz des metabolischen Syndroms an diesem Normal-Kollektiv zu beurteilen. Der Einbezug des Bauchumfangs zusätzlich zum BMI bringt hierbei einen deutlichen Zugewinn an Information. Eine weitere Stärke ist die Untersuchung der erhobenen Daten anhand unterschiedlicher Grenzwerte. Insgesamt unterstreichen die Ergebnisse die Wichtigkeit einer frühzeitigen Prävention von Übergewicht und Adipositas. Hierbei wird deutlich, dass die Schule ein geeigneter Ort sein kann, Kinder mit erhöhtem Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen zu erkennen und durch gezielte Intervention zu beeinflussen.

Eine Schwäche dieser Studie ist die einmalige Blutdruckmessung. In den Leitlinien der Arbeitsgemeinschaft Adipositas im Kindes- und Jugendalter wird empfohlen, die Blutdruckmessung mindestens dreimal an unterschiedlichen Tagen durchzuführen und einen Mittelwert zu bilden, um erhöhten Blutdruck diagnostizieren zu können (Wabitsch, 2011, 63). Diese Empfehlung der Leitlinien konnte aufgrund der zeitlichen Begrenzung nicht durchgeführt werden. Zu jedem Messzeitpunkt gab es pro Schule nur einen Untersuchungstag. Somit konnten auch Kinder, welche am Untersuchungstermin krank waren, aufgrund von zeitlichen und personellen Ressourcen nicht nachuntersucht werden. Auch mussten viele Kinder aus den Untersuchungen ausgeschlossen werden, weil sie während des Interventionszeitraumes die Schule wechselten. So waren von den ursprünglich 441 untersuchten Kindern bei Visit 1 nur von 167 Kindern Daten über Visit 1 und Visit 5 vorhanden. Dieser Drop-Out ist jedoch rein organisatorisch bedingt, und hat nichts mit der Intervention zu tun, sodass hierdurch die Studienergebnisse nicht beeinflusst werden.

6. Zusammenfassung

Mit der steigenden Prävalenz von Übergewicht und Adipositas von Kindern und Jugendlichen in der Europäischen Union (Jackson-Leach, 2006, 29f) steigt auch der Anteil an Adipositas-assoziierten Folgeerkrankungen, welche bereits im Kindesalter auftreten können (Lobstein, 2006, 39). Im Rahmen des 42 Monate dauernden, randomisierten, schulbasierten Präventionsprojekts „Kinder und Jugendliche als Gesundheitsexperten – JuvenTUM Stufe 3“ an 15 Münchner Mittel- und Realschulen wurden 441 Kinder hinsichtlich anthropometrischer Parameter und metabolischem Syndrom untersucht. Zu Beginn der Studie betrug das durchschnittliche Alter der Mädchen $11,2 \pm 0,6$ Jahre und das der Jungen $11,1 \pm 0,6$ Jahre.

Verglichen mit den Referenzdaten der KiGGS-Studie, welche die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen mit 15 % angibt, ist diese bei der Eingangsuntersuchung an unserem Kollektiv 24,9 %. Unter Verwendung der Perzentilenkurven von Kromeyer-Hauschild war auffällig, dass mit steigendem Alter Extremfälle, also Kinder mit einem BMI über der 97. Perzentile, häufiger werden. Jedes vierte Kind hatte zu Studienbeginn einen Bauchumfang über der 90. Perzentile. Betrachtet man die kardiovaskulären Risikofaktoren, so konnte ein positiver Effekt des Interventionsprogramms auf den Blutdruck und die Nüchtern-Glucose gezeigt werden. Beim HDL-Cholesterin zeigte sich ein physiologischer Abfall im Studienverlauf ohne Gruppenunterschied. Die Triglyceride wiesen von allen untersuchten Parametern die größte Streuung auf und hatten sich nach 42 Monaten zugunsten der Kontrollschulen verändert. Für die Nüchtern-Glucose und die Triglyceride konnte ein Zusammenhang mit dem Grad des Übergewichtes bestätigt werden.

Nach IDF-Definition hatten zu Studienbeginn 3,0 % der Kinder und unter Verwendung der Grenzwerte der AGA 6,0 % der Kinder ein metabolisches Syndrom. Alle Kinder, welche zu mehreren Studienzeitpunkten ein metabolisches Syndrom hatten, waren zu Beginn des Projektes übergewichtig oder adipös, wobei die Konstanz der Diagnose niedrig war. Ein deutlicher Zusammenhang konnte für den Grad des Übergewichts und der Häufigkeit kardiovaskulärer Risikofaktoren gezeigt werden.

Der Prävention von Übergewicht und Adipositas kommt damit eine wachsende Bedeutung zu. Die Schule scheint ein geeigneter Ort, Kinder mit erhöhtem Risiko frühzeitig zu erkennen und gezielt zu fördern. Die Frage nach im Kindes- und Jugendalter sinnvollen Grenzwerten ist nicht abschließend geklärt.

7. Abstract

Einleitung

Mit der steigenden Prävalenz von Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen in der Europäischen Union steigt auch der Anteil an Adipositas-assoziierten Folgeerkrankungen, welche bereits im Kindesalter auftreten können. Das metabolische Syndrom bezeichnet hierbei einen Cluster an Parametern, die in besonderer Weise die allgemeine und kardiovaskuläre Gesundheit beeinflussen. Es beinhaltet die zentrale Fettmasse erfasst über den Bauchumfang sowie mit Adipositas assoziierte Folgeerkrankungen wie eine gestörte Glukose-Toleranz, Hypertriglyceridämie, einen erhöhten Blutdruck sowie ein erniedrigtes HDL-Cholesterin. Diese Arbeit untersucht die Prävalenz des metabolischen Syndroms im Kindes- und Jugendalter an einem Normalkollektiv und stellt interventionsspezifische Veränderungen der einzelnen Parameter dar.

Material und Methodik

Im Rahmen des 42 Monate dauernden, randomisierten, schulbasierten Präventionsprojekts „Kinder und Jugendliche als Gesundheitsexperten – JuvenTUM Stufe 3“ an 15 Münchner Mittel- und Realschulen wurden 441 Kinder untersucht. Zu Beginn der Studie betrug das durchschnittliche Alter der Mädchen $11,2 \pm 0,6$ Jahre und das der Jungen $11,1 \pm 0,6$ Jahre. In dieser Arbeit wurden der Body-Mass-Index, der Bauchumfang, der systolische und diastolische Blutdruck, das HDL-Cholesterin, die Triglyceride und die Nüchtern-Glucose im Quer- und Längsschnitt statistisch ausgewertet. Der Body-Mass-Index und der Bauchumfang wurden nach den jeweiligen für Deutschland gültigen Perzentilen-Kurven von Kromeyer Hauschild in Kategorien eingeteilt (Normalgewicht: >10. – 90. Perzentile; Übergewicht: >90. – 97. Perzentile; Adipositas: >97. – 99,5. Perzentile; Adipositas per magna: >99,5. Perzentile).

Der Bauchumfang gilt derzeit als geeigneteres Maß, ein durch Übergewicht bedingtes kardiovaskuläres Risiko zu beschreiben, als der BMI. Deswegen wurde für die Untersuchung des metabolischen Syndroms und seiner Parameter die Definition der International Diabetes Federation herangezogen. Diese spricht von einem metabolischen Syndrom im Kindes- und Jugendalter, wenn ein Bauchumfang über der 90. Perzentile vorliegt, und gleichzeitig mindestens zwei weitere Parameter des metabolischen Syndroms, also Blutdruck, Nüchtern-Glucose, Triglyceride oder HDL-Cholesterin Veränderungen außerhalb der Normbereiche aufweisen. Dabei gelten folgende Werte als erhöht, bzw.

erniedrigt: Systolischer Blutdruck ≥ 130 mm Hg oder diastolischer Blutdruck ≥ 85 mm Hg, Triglyceride ≥ 150 mg/dl, Nüchtern-Glucose ≥ 100 mg/dl und HDL-Cholesterin < 40 mg/dl.

Diese in der IDF-Definition verwendeten Grenzwerte decken sich mit denen, welche die Arbeitsgemeinschaft für Adipositas im Kindes und Jugendalter für Deutschland vorschlägt. Nur die Triglyceride gelten bei der AGA bereits ab einem Wert von 110 mg/dl als erhöht. Deswegen wurde in einem weiteren Schritt die IDF-Definition anhand des für Deutschland gültigen Grenzwertes für Triglyceride modifiziert und die gefundenen Prävalenzen verglichen.

Um weitere Aussagen darüber treffen zu können, welche Kinder ein erhöhtes Risiko für metabolisches Syndrom aufweisen, wurde die Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie hinsichtlich des Vorliegens von Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom untersucht. Hierzu wurde für jeden grenzwertüberschreitenden Wert des Blutdruckes, der Triglyceride und der Nüchtern-Glucose ein Punkt vergeben. Beim HDL-Cholesterin erhielten Kinder mit einer Grenzwertunterschreitung einen Punkt. Somit konnte jedes Kind in der Summe zwischen null und vier Punkte erhalten. Darauf wurden Zusammenhänge zwischen der erhaltenen Zahl und der Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie sowie die Verteilung des metabolischen Syndroms in den Studiengruppen deskriptiv beschrieben.

Ergebnisse

Die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen betrug bei der Eingangsuntersuchung an diesem Kollektiv 24,9 %. Jedes 4. Kind hatte zu diesem Zeitpunkt einen Bauchumfang über der 90. Perzentile. Anhand der BMI-Perzentilen-Werte von Kromeyer-Hauschild waren zu Studienbeginn 9 % der Kinder an Kontrollschulen und 11 % der Kinder an Interventionsschulen adipös. Nach 42 Monaten waren 11,3 % an den Kontrollschulen und 11,5 % an den Interventionsschulen adipös.

Betrachtet man die kardiovaskulären Risikofaktoren, so konnte ein positiver Effekt des Interventionsprogramms auf den diastolischen Blutdruck gezeigt werden. Dieser sank nach 42-monatiger Intervention bei den Kindern an den Interventionsschulen deutlicher (-5,9 mm Hg) als bei den Kindern an den Kontrollschulen (-2,1 mm Hg) ($p = 0,008$). Die Nüchtern-Glucose sank bei den Kindern an den Interventionsschulen nach 18 Monaten um 3,6 mg/dl ($p < 0,001$) und nach 42 Monaten um 5,2 mg/dl ($p < 0,001$), während sie bei den Kindern an den Kontrollschulen nach 18 Monaten um 0,5 mg/dl sank ($p = 0,685$) und nach 42 Monaten um 1,7 mg/dl stieg ($p = 0,299$). Hierbei war ein Grup-

penunterschied sowohl nach 18 Monaten ($p = 0,014$) als auch nach 42 Monaten ($p < 0,001$) zugunsten der Kinder an Interventionsschulen festzustellen. Beim HDL-Cholesterin zeigte sich ein Abfall im Studienverlauf ohne Gruppenunterschied, der vermutlich eher altersbedingt verursacht wurde. Die Triglyceride wiesen von allen untersuchten Parametern die größte Streuung auf und hatten sich nach 42 Monaten zugunsten der Kontrollschulen verändert ($p = 0,008$). Für die Nüchtern-Glucose und die Triglyceride konnte ein Zusammenhang mit dem Grad des Übergewichtes bestätigt werden. So waren zu Studienbeginn 50 % der Kinder mit einer erhöhten Nüchtern-Glucose und 48,6 % der Kinder mit erhöhten Triglyceriden (nach AGA) übergewichtig oder adipös.

Nach IDF-Definition hatten zu Studienbeginn 3,0 % der Kinder und unter Verwendung der Grenzwerte der AGA 6,0 % der Kinder ein metabolisches Syndrom. Alle Kinder, welche zu mehreren Studienzeitpunkten ein metabolisches Syndrom aufwiesen, waren zu Beginn des Projektes übergewichtig oder adipös, wobei die Konstanz der Diagnose insgesamt niedrig war. Ein deutlicher Zusammenhang konnte zwischen dem Grad des Übergewichtes und der Häufigkeit kardiovaskulärer Risikofaktoren gezeigt werden. Nach IDF-Kriterien hatten 72,3 % der normalgewichtigen Kinder zu Studienbeginn keine Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom, während die adipösen Kinder nur in 32,7 % der Fälle weder einen erhöhten Blutdruck, erhöhte Triglyceride, eine erhöhte Nüchtern-Glucose noch ein niedriges HDL-Cholesterin aufwiesen. Nach AGA-Kriterien war zu Studienbeginn bei 66,4 % der normalgewichtigen Kinder kein Risikofaktor für ein metabolisches Syndrom zu beobachten, während dies bei den adipösen Kindern nur in 28,6 % der Fälle vorkam.

Diskussion und Schlussfolgerung

Verglichen mit den Referenzdaten der KiGGS-Studie, welche die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen mit 15 % angibt, war diese bei der Eingangsuntersuchung an unserem Kollektiv 24,9 %. Unter Verwendung der Perzentilenkurven für den BMI von Kromeyer-Hauschild war auffällig, dass mit steigendem Alter Extremfälle, also Kinder mit einem BMI über der 97. Perzentile, häufiger wurden. Bei adipösen Kindern waren häufiger kardiovaskuläre Risikofaktoren wie ein erhöhter Blutdruck, erhöhte Triglycerid- und Nüchtern-Glucosespiegel sowie ein erniedrigtes HDL-Cholesterin zu beobachten als bei gleichaltrigen Normalgewichtigen.

Auf den BMI und den Bauchumfang konnte durch die Intervention kein Einfluss genommen werden, jedoch wird ein Interventionserfolg nicht unbedingt durch anthropo-

metrische Messgrößen wiedergegeben. Betrachtet man die kardiovaskulären Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom so ließ sich ein positiver Effekt des schulbasierten Präventionsprogramms auf den diastolischen Blutdruck sowie die Nüchtern-Glucose nachweisen, während die Veränderung der HDL-Cholesterinspiegel in beiden Gruppen vergleichbar war. Die Triglycerid-Werte waren nach 42-monatiger Intervention an den Kontrollschulen niedriger als an den Interventionsschulen. Für die untersuchten Blutwerte lässt sich festhalten, dass die Anzahl von Kindern mit Werten außerhalb des Normbereiches an diesem Kollektiv von Normalgewichtigen gering war. Auch waren bei dieser Normalpopulation nur wenige Kinder von einem metabolischen Syndrom betroffen. Der Grad des Übergewichtes beeinflusst jedoch die Häufigkeit des Auftretens von kardiovaskulären Risikofaktoren.

Die hier erfolgte Gegenüberstellung von Definitionen mit unterschiedlichen Grenzwerten (AGA und IDF) unterstreicht die Abhängigkeit der Definitionen von Cut-Off-Werten. Hierbei wird deutlich, dass die Veränderung nur eines Cut-Off-Wertes (Triglyceride) erhebliche Veränderungen der Prävalenz des metabolischen Syndroms zur Folge hat. Welche Grenzwerte im Kindes- und Jugendalter hierbei mit einem tatsächlichen Krankheitswert verbunden sind, bleibt Gegenstand zukünftiger Forschung.

Insgesamt unterstreichen die Ergebnisse die Wichtigkeit einer frühzeitigen Prävention von Übergewicht und Adipositas. Hierbei wird deutlich, dass die Schule ein geeigneter Ort sein kann, Kinder mit erhöhtem Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen zu erkennen und durch gezielte Intervention zu beeinflussen, da erste positive Effekte beobachtbar waren.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über Klassifikationen des metabolischen Syndroms im Erwachsenenalter.....	9
Tabelle 2: Übersicht über Klassifikationen des metabolischen Syndroms im Kindesalter	11
Tabelle 3: Body-Mass-Index-Kategorie-Einteilung nach Perzentilen.....	14
Tabelle 4: Bauchumfang-Kategorie-Einteilung nach Perzentilen	15
Tabelle 5: Vorgeschlagene Cut-Off-Werte für HDL-Cholesterin, Triglyceride und Nüchtern-Glucose der Arbeitsgemeinschaft Adipositas im Kindes- und Jugendalter und der International Diabetes Federation	18
Tabelle 6: Überblick über die durchgeführten Untersuchungen bei den Visits.....	23
Tabelle 7: Überblick über die Basisdaten zu Studienbeginn	28
Tabelle 8: BMI und BMI-SDS zu Studienbeginn	29
Tabelle 9: Bauchumfang zu Studienbeginn.....	31
Tabelle 10: Systolischer Blutdruck und diastolischer Blutdruck zu Studienbeginn	33
Tabelle 11: HDL-Cholesterin, Triglyceride und Nüchtern-Glucose zu Studienbeginn	35
Tabelle 12: Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie und Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF zu Studienbeginn	41
Tabelle 13: Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie und Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA zu Studienbeginn.....	44
Tabelle 14: Veränderung des Body-Mass-Index und BMI-SDS nach 18-monatiger Intervention.....	46
Tabelle 15: Häufigkeit von Kindern in den einzelnen BMI-Perzentilen-Kategorien zu Studienbeginn und nach 18 Monaten	49
Tabelle 16: Veränderung des Bauchumfangs nach 18-monatiger Intervention	50
Tabelle 17: Häufigkeit von Kindern in den einzelnen Bauchumfang-Perzentilen-Kategorien zu Studienbeginn und nach 18 Monaten.....	52
Tabelle 18: Veränderung des systolischen und diastolischen Blutdrucks nach 18-monatiger Intervention	53
Tabelle 19: Korrelation des systolischen und diastolischen Blutdrucks zu Studienbeginn und nach 18 Monaten	53
Tabelle 20: Häufigkeit von Kindern mit einem Blutdruck ober- und unterhalb der Grenzwerte der IDF zu Studienbeginn und nach 18 Monaten	54
Tabelle 21: Veränderung des HDL-Cholesterins, der Triglyceride und der Nüchtern-Glucose nach 18-monatiger Intervention	55
Tabelle 22: Häufigkeit von Kindern mit HDL-Cholesterin-Werten ober- und unterhalb der Grenzwerte der IDF zu Studienbeginn und nach 18 Monaten	57
Tabelle 23: Häufigkeit von Kinder mit Triglycerid-Werten ober- und unterhalb der Grenzwerte der IDF zu Studienbeginn und nach 18 Monaten	59
Tabelle 24: Häufigkeit von Kindern mit Triglycerid-Werten ober- und unterhalb der Grenzwerte der AGA zu Studienbeginn und nach 18 Monaten	60
Tabelle 25: Häufigkeit von Kindern mit Nüchtern-Glucose-Werten ober- und unterhalb der Grenzwerte der IDF zu Studienbeginn und nach 18 Monaten	62
Tabelle 26: Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF zu Studienbeginn und nach 18 Monaten	63
Tabelle 27: Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie und Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF bei Visit 3	64
Tabelle 28: Häufigkeit von Kindern mit metabolischem Syndrom nach IDF zu Studienbeginn und nach 18 Monaten	66

Tabelle 29: Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA zu Studienbeginn und nach 18 Monaten	67
Tabelle 30: Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie und Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA bei Visit 3	68
Tabelle 31: Häufigkeit von Kindern mit metabolischem Syndrom nach AGA zu Studienbeginn und nach 18 Monaten	70
Tabelle 32: Veränderung des Body-Mass-Index und BMI-SDS nach 42-monatiger Intervention.....	71
Tabelle 33: Häufigkeit von Kindern in den einzelnen BMI-Perzentilen-Kategorien zu Studienbeginn und nach 42 Monaten	74
Tabelle 34: Veränderung des Bauchumfangs nach 42-monatiger Intervention	75
Tabelle 35: Häufigkeit von Kindern in den einzelnen Bauchumfang-Perzentilen-Kategorien zu Studienbeginn und nach 42 Monaten.....	77
Tabelle 36: Veränderung des systolischen und diastolischen Blutdrucks nach 42-monatiger Intervention	78
Tabelle 37: Korrelation des systolischen und diastolischen Blutdrucks zu Studienbeginn und nach 42 Monaten	78
Tabelle 38: Häufigkeit von Kindern mit einem Blutdruck ober- und unterhalb der Grenzwerte der IDF zu Studienbeginn und nach 42 Monaten	79
Tabelle 39: Veränderung des HDL-Cholesterins, der Triglyceride und der Nüchtern-Glucose nach 42-monatiger Intervention	80
Tabelle 40: Häufigkeit von Kindern mit HDL-Cholesterin-Werten ober- und unterhalb der Grenzwerte der IDF zu Studienbeginn und nach 42 Monaten	82
Tabelle 41: Häufigkeit von Kindern mit Triglycerid-Werten ober- und unterhalb der Grenzwerte der IDF zu Studienbeginn und nach 42 Monaten	84
Tabelle 42: Häufigkeit von Kindern mit Triglycerid-Werten ober- und unterhalb der Grenzwerte der AGA zu Studienbeginn und nach 42 Monaten	85
Tabelle 43: Häufigkeit von Kindern mit Nüchtern-Glucose-Werten ober- und unterhalb der Grenzwerte der IDF zu Studienbeginn und nach 42 Monaten	87
Tabelle 44: Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF zu Studienbeginn und nach 42 Monaten	88
Tabelle 45: Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie und Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF bei Visit 5	89
Tabelle 46: Häufigkeit von Kindern mit metabolischem Syndrom nach IDF zu Studienbeginn und nach 42 Monaten	91
Tabelle 47: Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA zu Studienbeginn und nach 42 Monaten	92
Tabelle 48: Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie und Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA bei Visit 5	93
Tabelle 49: Häufigkeit von Kindern mit metabolischem Syndrom nach AGA zu Studienbeginn und nach 42 Monaten	95

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematischer Ablauf der Studie	22
Abbildung 2: Häufigkeit von Kindern in den einzelnen Body-Mass-Index-Perzentilen-Kategorien zu Studienbeginn	30
Abbildung 3: Häufigkeit von Kindern in den einzelnen Bauchumfang-Perzentilen-Kategorien zu Studienbeginn	32
Abbildung 4: Häufigkeit von Kindern mit Blutdruckwerten ober- und unterhalb der Grenzwerte der IDF zu Studienbeginn	34
Abbildung 5: Häufigkeit von Kindern mit HDL-Cholesterin-Werten ober- und unterhalb der Grenzwerte der IDF zu Studienbeginn.....	36
Abbildung 6: Häufigkeit von Kindern mit Triglycerid-Werten ober- und unterhalb der Grenzwerte der IDF zu Studienbeginn	37
Abbildung 7: Häufigkeit von Kindern mit Triglycerid-Werten ober- und unterhalb der Grenzwerte der AGA zu Studienbeginn.....	38
Abbildung 8: Häufigkeit von Kindern mit Nüchtern-Glucose-Werten ober- und unterhalb der Grenzwerte der IDF zu Studienbeginn.....	39
Abbildung 9: Häufigkeit von Kindern mit Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF zu Studienbeginn.....	40
Abbildung 10: Graphische Darstellung der Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie und Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF zu Studienbeginn	42
Abbildung 11: Häufigkeit von Kindern mit Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA zu Studienbeginn	43
Abbildung 12: Graphische Darstellung der Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie und Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA zu Studienbeginn	45
Abbildung 13: Korrelation des Body-Mass-Index zu Studienbeginn und nach 18 Monaten	47
Abbildung 14: Korrelation des BMI-SDS zu Studienbeginn und nach 18 Monaten....	48
Abbildung 15: Korrelation des Bauchumfangs zu Studienbeginn und nach 18 Monaten	51
Abbildung 16: Korrelation des HDL-Cholesterins zu Studienbeginn und nach 18 Monaten.....	56
Abbildung 17: Korrelation der Triglyceride zu Studienbeginn und nach 18 Monaten.	58
Abbildung 18: Korrelation der Nüchtern-Glucose zu Studienbeginn und nach 18 Monaten.....	61
Abbildung 19: Graphische Darstellung der Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie und Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF bei Visit 3	65
Abbildung 20: Graphische Darstellung der Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie und Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA bei Visit 3	69
Abbildung 21: Korrelation des Body-Mass-Index zu Studienbeginn und nach 42 Monaten	72
Abbildung 22: Korrelation des BMI-SDS zu Studienbeginn und nach 42 Monaten....	73
Abbildung 23: Korrelation des Bauchumfangs zu Studienbeginn und nach 42 Monaten	76
Abbildung 24: Korrelation des HDL-Cholesterins zu Studienbeginn und nach 42 Monaten.....	81
Abbildung 25: Korrelation der Triglyceride zu Studienbeginn und nach 42 Monaten.	83
Abbildung 26: Korrelation der Nüchtern-Glucose zu Studienbeginn und nach 42 Monaten.....	86

Abbildung 27: Graphische Darstellung der Bauchumfang-Perzentilen-Kategorie und Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach IDF bei Visit 5	90
Abbildung 28: Graphische Darstellung der Bauchumfang-Perzentile-Kategorie und Anzahl an Risikofaktoren für ein metabolisches Syndrom nach AGA bei Visit 5	94

Literaturverzeichnis

- Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III) final report, *Circulation*; 106 (2002), 3143-3421.
- Alberti KG, Zimmet PZ: Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part 1: diagnosis and classification of diabetes mellitus provisional report of a WHO consultation, *Diabet Med*; 15 (1998), 539-553.
- Arslan N, Buyukgebiz B, Ozturk Y, Cakmakci H: Fatty liver in obese children: prevalence and correlation with anthropometric measurements and hyperlipidemia, *Turk J Pediatr*; 47 (2005), 23-27.
- Bao W, Threefoot SA, Srinivasan SR, Berenson GS: Essential hypertension predicted by tracking of elevated blood pressure from childhood to adulthood: the Bogalusa Heart Study, *Am J Hypertens*; 8 (1995), 657-665.
- Bellizzi MC, Dietz WH: Workshop on childhood obesity: summary of the discussion, *Am J Clin Nutr*; 70 (1999), 173S-175S.
- Brandt S, Moss A, Berg S, Wabitsch M: [School-based obesity prevention. How can it be realized?], *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*; 53 (2010), 207-220.
- Calcaterra V, Klersy C, Muratori T, Telli S, Caramagna C, Scaglia F, Cisternino M, Larizza D: Prevalence of metabolic syndrome (MS) in children and adolescents with varying degrees of obesity, *Clin Endocrinol (Oxf)*; 68 (2008), 868-872.
- Cook S, Auinger P, Huang TT: Growth curves for cardio-metabolic risk factors in children and adolescents, *J Pediatr*; 155 (2009), S6 e15-26.
- Cook S, Weitzman M, Auinger P, Nguyen M, Dietz WH: Prevalence of a metabolic syndrome phenotype in adolescents: findings from the third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994, *Arch Pediatr Adolesc Med*; 157 (2003), 821-827.
- de Ferranti SD, Gauvreau K, Ludwig DS, Neufeld EJ, Newburger JW, Rifai N: Prevalence of the metabolic syndrome in American adolescents: findings from the Third National Health and Nutrition Examination Survey, *Circulation*; 110 (2004), 2494-2497.
- Deshmukh-Taskar P, Nicklas TA, Morales M, Yang SJ, Zakeri I, Berenson GS: Tracking of overweight status from childhood to young adulthood: the Bogalusa Heart Study, *Eur J Clin Nutr*; 60 (2006), 48-57.
- Ebbeling CB, Pawlak DB, Ludwig DS: Childhood obesity: public-health crisis, common sense cure, *Lancet*; 360 (2002), 473-482.
- Eisenberg ME, Neumark-Sztainer D, Story M: Associations of weight-based teasing and emotional well-being among adolescents, *Arch Pediatr Adolesc Med*; 157 (2003), 733-738.
- Falaszetti E, Hingorani AD, Jones A, Charakida M, Finer N, Whincup P, Lawlor DA, Davey Smith G, Sattar N, Deanfield JE: Adiposity and cardiovascular risk factors in a large contemporary population of pre-pubertal children, *Eur Heart J*; (2010),
- Figuroa-Munoz JI, Chinn S, Rona RJ: Association between obesity and asthma in 4-11 year old children in the UK, *Thorax*; 56 (2001), 133-137.
- Flechtner-Mors M, Thamm M, Wiegand S, Reinehr T, Schwab KO, Kiess W, Widhalm K, Holl RW: Comorbidities related to BMI category in children and adolescents: German/Austrian/Swiss Obesity Register APV compared to the German KiGGS Study, *Horm Res Paediatr*; 77 (2012), 19-26.

- Fredriks AM, van Buuren S, Fekkes M, Verloove-Vanhorick SP, Wit JM: Are age references for waist circumference, hip circumference and waist-hip ratio in Dutch children useful in clinical practice?, *Eur J Pediatr*; 164 (2005), 216-222.
- Freedman DS, Dietz WH, Srinivasan SR, Berenson GS: The relation of overweight to cardiovascular risk factors among children and adolescents: the Bogalusa Heart Study, *Pediatrics*; 103 (1999), 1175-1182.
- Freedman DS, Srinivasan SR, Valdez RA, Williamson DF, Berenson GS: Secular increases in relative weight and adiposity among children over two decades: the Bogalusa Heart Study, *Pediatrics*; 99 (1997), 420-426.
- Fry J, Finley W: The prevalence and costs of obesity in the EU, *Proc Nutr Soc*; 64 (2005), 359-362.
- Goodman E, Daniels SR, Meigs JB, Dolan LM: Instability in the diagnosis of metabolic syndrome in adolescents, *Circulation*; 115 (2007), 2316-2322.
- Goodman E, Daniels SR, Morrison JA, Huang B, Dolan LM: Contrasting prevalence of and demographic disparities in the World Health Organization and National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III definitions of metabolic syndrome among adolescents, *J Pediatr*; 145 (2004), 445-451.
- Goran MI, Gower BA, Treuth M, Nagy TR: Prediction of intra-abdominal and subcutaneous abdominal adipose tissue in healthy pre-pubertal children, *Int J Obes Relat Metab Disord*; 22 (1998), 549-558.
- 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*; 139 (2001), 509-515.
- Goulding A, Cannan R, Williams SM, Gold EJ, Taylor RW, Lewis-Barned NJ: Bone mineral density in girls with forearm fractures, *J Bone Miner Res*; 13 (1998), 143-148.
- Grundty SM, Cleeman JI, Daniels SR, Donato KA, Eckel RH, Franklin BA, Gordon DJ, Krauss RM, Savage PJ, Smith SC, Jr., Spertus JA, Costa F: Diagnosis and management of the metabolic syndrome: an American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute Scientific Statement, *Circulation*; 112 (2005), 2735-2752.
- Gustafson JK, Yanoff LB, Easter BD, Brady SM, Keil MF, Roberts MD, Sebring NG, Han JC, Yanovski SZ, Hubbard VS, Yanovski JA: The stability of metabolic syndrome in children and adolescents, *J Clin Endocrinol Metab*; 94 (2009), 4828-4834.
- Haas GM, Liepold E, Schwandt P: Metabolic risk factors, leisure time physical activity, and nutrition in German children and adolescents, *Cholesterol*; 2012 (2012), 370850.
- Harris KC, Kuramoto LK, Schulzer M, Retallack JE: Effect of school-based physical activity interventions on body mass index in children: a meta-analysis, *CMAJ*; 180 (2009), 719-726.
- Huang TT, Nansel TR, Belsheim AR, Morrison JA: Sensitivity, specificity, and predictive values of pediatric metabolic syndrome components in relation to adult metabolic syndrome: the Princeton LRC follow-up study, *J Pediatr*; 152 (2008), 185-190.
- Jackson-Leach R, Lobstein T: Estimated burden of paediatric obesity and co-morbidities in Europe. Part 1. The increase in the prevalence of child obesity in Europe is itself increasing, *Int J Pediatr Obes*; 1 (2006), 26-32.
- Katzmarzyk PT, Janssen I, Ross R, Church TS, Blair SN: The importance of waist circumference in the definition of metabolic syndrome: prospective analyses of mortality in men, *Diabetes Care*; 29 (2006), 404-409.

- Kleiser C, Schaffrath Rosario A, Mensink GB, Prinz-Langenohl R, Kurth BM: Potential determinants of obesity among children and adolescents in Germany: results from the cross-sectional KiGGS Study, *BMC Public Health*; 9 (2009), 46.
- Klieme E, Artelt C, Hartig J, Jude N, Köller O, Prenzel M, Schneider W, Stanat P: PISA 2009: Bilanz nach einem Jahrzehnt, Waxmann Münster; (2010), 1 - 309.
- Knowles G, Pallan M, Thomas GN, Ekelund U, Cheng KK, Barrett T, Adab P: Physical Activity and Blood Pressure in Primary School Children: A Longitudinal Study, *Hypertension*; (2012),
- Korsten-Reck U, Kromeyer-Hauschild K, Korsten K, Baumstark MW, Dickhuth HH, Berg A: Frequency of secondary dyslipidemia in obese children, *Vasc Health Risk Manag*; 4 (2008), 1089-1094.
- Kromeyer-Hauschild K, Gläßer K, Zellner K: Perzentile für den Taillenumfang von Jenaer Kindern im Alter von 6 bis 18 Jahren, *Aktuel Ernaehr Med*; 33 (2008), 116-122.
- Kromeyer-Hauschild K, Wabitsch M, Kunze D, Geller F, Geiß HC, Hesse V, von Hippel A, Jaeger U, Johnson D, Korte W, Menner K, Müller G, Müller JM, Niemann-Pilatus A, Remer T, Schaefer F, Wittchen H-U, Zabransky S, Zellner K, Zieger A, Hebebrand J: Perzentile für den Body-mass-Index für das Kindes und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben, *Monatsschr Kinderheilkd*; 149 (2001), 807-818.
- Kropfski JA, Keckley PH, Jensen GL: School-based obesity prevention programs: an evidence-based review, *Obesity (Silver Spring)*; 16 (2008), 1009-1018.
- Kurth BM: [The German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS): an overview of its planning, implementation and results taking into account aspects of quality management], *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*; 50 (2007a), 533-546.
- Kurth BM, Schaffrath Rosario A: [The prevalence of overweight and obese children and adolescents living in Germany. Results of the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS)], *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*; 50 (2007b), 736-743.
- Lee S, Bacha F, Arslanian SA: Waist circumference, blood pressure, and lipid components of the metabolic syndrome, *J Pediatr*; 149 (2006a), 809-816.
- Lee S, Bacha F, Gungor N, Arslanian SA: Waist circumference is an independent predictor of insulin resistance in black and white youths, *J Pediatr*; 148 (2006b), 188-194.
- Lobstein T, Jackson-Leach R: Estimated burden of paediatric obesity and co-morbidities in Europe. Part 2. Numbers of children with indicators of obesity-related disease, *Int J Pediatr Obes*; 1 (2006), 33-41.
- Maffeis C, Pietrobelli A, Grezzani A, Provera S, Tato L: Waist circumference and cardiovascular risk factors in prepubertal children, *Obes Res*; 9 (2001), 179-187.
- Magnussen CG, Koskinen J, Chen W, Thomson R, Schmidt MD, Srinivasan SR, Kivimaki M, Mattsson N, Kahonen M, Laitinen T, Taittonen L, Ronnema T, Viikari JS, Berenson GS, Juonala M, Raitakari OT: Pediatric metabolic syndrome predicts adulthood metabolic syndrome, subclinical atherosclerosis, and type 2 diabetes mellitus but is no better than body mass index alone: the Bogalusa Heart Study and the Cardiovascular Risk in Young Finns Study, *Circulation*; 122 (2010), 1604-1611.
- Matsha T, Hassan S, Bhata A, Yako Y, Fanampe B, Somers A, Hoffmann M, Mohammed Z, Erasmus RT: Metabolic syndrome in 10-16-year-old learners from the Western Cape, South Africa: Comparison of the NCEP ATP III and IDF criteria, *Atherosclerosis*; 205 (2009), 363-366.

- Mirmiran P, Sherafat-Kazemzadeh R, Farahani SJ, Asghari G, Niroomand M, Momenan A, Azizi F: Performance of different definitions of metabolic syndrome for children and adolescents in a 6-year follow-up: Tehran Lipid and Glucose Study (TLGS), *Diabetes Res Clin Pract*; 89 (2010), 327-333.
- Morrison JA, Friedman LA, Gray-McGuire C: Metabolic syndrome in childhood predicts adult cardiovascular disease 25 years later: the Princeton Lipid Research Clinics Follow-up Study, *Pediatrics*; 120 (2007), 340-345.
- Morrison JA, Friedman LA, Wang P, Glueck CJ: Metabolic syndrome in childhood predicts adult metabolic syndrome and type 2 diabetes mellitus 25 to 30 years later, *J Pediatr*; 152 (2008), 201-206.
- Morrison JA, Friedman LA, Harlan WR, Harlan LC, Barton BA, Schreiber GB, Klein DJ: Development of the metabolic syndrome in black and white adolescent girls: a longitudinal assessment, *Pediatrics*; 116 (2005), 1178-1182.
- Muller-Riemenschneider F, Reinhold T, Berghofer A, Willich SN: Health-economic burden of obesity in Europe, *Eur J Epidemiol*; 23 (2008), 499-509.
- Nguyen QM, Srinivasan SR, Xu JH, Chen W, Kieley L, Berenson GS: Utility of childhood glucose homeostasis variables in predicting adult diabetes and related cardiometabolic risk factors: the Bogalusa Heart Study, *Diabetes Care*; 33 (2010), 670-675.
- Nicklas TA, von Duvillard SP, Berenson GS: Tracking of serum lipids and lipoproteins from childhood to dyslipidemia in adults: the Bogalusa Heart Study, *Int J Sports Med*; 23 Suppl 1 (2002), S39-43.
- Pouliot MC, Despres JP, Lemieux S, Moorjani S, Bouchard C, Tremblay A, Nadeau A, Lupien PJ: Waist circumference and abdominal sagittal diameter: best simple anthropometric indexes of abdominal visceral adipose tissue accumulation and related cardiovascular risk in men and women, *Am J Cardiol*; 73 (1994), 460-468.
- Raitakari OT, Porkka KV, Ronnema T, Knip M, Uhari M, Akerblom HK, Viikari JS: The role of insulin in clustering of serum lipids and blood pressure in children and adolescents. The Cardiovascular Risk in Young Finns Study, *Diabetologia*; 38 (1995), 1042-1050.
- Rank M, Siegrist M, Wilks DC, Langhof H, Wolfarth B, Haller B, Koenig W, Halle M: The cardio-metabolic risk of moderate and severe obesity in children and adolescents, *J Pediatr*; 163 (2013), 137-142.
- Redline S, Tishler PV, Schluchter M, Aylor J, Clark K, Graham G: Risk factors for sleep-disordered breathing in children. Associations with obesity, race, and respiratory problems, *Am J Respir Crit Care Med*; 159 (1999), 1527-1532.
- Reilly JJ, Kelly J, Wilson DC: Accuracy of simple clinical and epidemiological definitions of childhood obesity: systematic review and evidence appraisal, *Obes Rev*; 11 (2010), 645-655.
- Reinehr T, de Sousa G, Andler W: Longitudinal analyses among overweight, insulin resistance, and cardiovascular risk factors in children, *Obes Res*; 13 (2005a), 1824-1833.
- Reinehr T, de Sousa G, Toschke AM, Andler W: Long-term follow-up of cardiovascular disease risk factors in children after an obesity intervention, *Am J Clin Nutr*; 84 (2006a), 490-496.
- Reinehr T, Kiess W, de Sousa G, Stoffel-Wagner B, Wunsch R: Intima media thickness in childhood obesity: relations to inflammatory marker, glucose metabolism, and blood pressure, *Metabolism*; 55 (2006b), 113-118.
- Reinehr T, Andler W, Denzer C, Siegried W, Mayer H, Wabitsch M: Cardiovascular risk factors in overweight German children and adolescents: relation to gender, age and degree of overweight, *Nutr Metab Cardiovasc Dis*; 15 (2005b), 181-187.

- Rosario AS, Kurth BM, Stolzenberg H, Ellert U, Neuhauser H: Body mass index percentiles for children and adolescents in Germany based on a nationally representative sample (KiGGS 2003-2006), *Eur J Clin Nutr*; 64 (2010), 341-349.
- Savino A, Pelliccia P, Chiarelli F, Mohn A: Obesity-related renal injury in childhood, *Horm Res Paediatr*; 73 (2010), 303-311.
- Siegrist M, Hanssen H, Lammel C, Haller B, Halle M: A cluster randomised school-based lifestyle intervention programme for the prevention of childhood obesity and related early cardiovascular disease (JuvenTUM 3), *BMC Public Health*; 11 (2011), 258.
- Stolzenberg H, Kahl H, Bergmann KE: [Body measurements of children and adolescents in Germany. Results of the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS)], *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*; 50 (2007), 659-669.
- Strauss RS, Barlow SE, Dietz WH: Prevalence of abnormal serum aminotransferase values in overweight and obese adolescents, *J Pediatr*; 136 (2000), 727-733.
- Sun SS, Grave GD, Siervogel RM, Pickoff AA, Arslanian SS, Daniels SR: Systolic blood pressure in childhood predicts hypertension and metabolic syndrome later in life, *Pediatrics*; 119 (2007), 237-246.
- Taylor RW, McAuley KA, Barbezat W, Strong A, Williams SM, Mann JI: APPLE Project: 2-y findings of a community-based obesity prevention program in primary school age children, *Am J Clin Nutr*; 86 (2007), 735-742.
- Thierfelder W, Dortschy R, Hintzpeter B, Kahl H, Scheidt-Nave C: [Biochemical measures in the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS)], *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*; 50 (2007), 757-770.
- Tracy RE, Newman WP, 3rd, Wattigney WA, Berenson GS: Risk factors and atherosclerosis in youth autopsy findings of the Bogalusa Heart Study, *Am J Med Sci*; 310 Suppl 1 (1995), S37-41.
- Wabitsch M, Kunze D: Leitlinien der Arbeitsgemeinschaft für Adipositas im Kindes und Jugendalter. Verabschiedet auf der Konsensus-Konferenz der AGA am 08.10.2011, *Deutsche Adipositas-Gesellschaft 2011*; (2011),
- Weiss R, Dziura J, Burgert TS, Tamborlane WV, Taksali SE, Yeckel CW, Allen K, Lopes M, Savoye M, Morrison J, Sherwin RS, Caprio S: Obesity and the metabolic syndrome in children and adolescents, *N Engl J Med*; 350 (2004), 2362-2374.
- Zimmet P, Magliano D, Matsuzawa Y, Alberti G, Shaw J: The metabolic syndrome: a global public health problem and a new definition, *J Atheroscler Thromb*; 12 (2005), 295-300.
- Zimmet P, Alberti KG, Kaufman F, Tajima N, Silink M, Arslanian S, Wong G, Bennett P, Shaw J, Caprio S: The metabolic syndrome in children and adolescents - an IDF consensus report, *Pediatr Diabetes*; 8 (2007), 299-306.

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt habe und die den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen entsprechend gekennzeichnet habe. Weder diese noch eine andere Dissertation wurde von mir an einer anderen Fakultät zum Zwecke der Promotion eingereicht.

Danksagung

Besonderer Dank gilt Frau Dr. phil. Monika Siegrist. Sie hat mich bei der Durchführung der Arbeit stets Unterstützt und diese auch mit konstruktiven Anmerkungen und durch hilfreiche Diskussionen bereichert.

Auch danke ich Herrn Univ.-Prof. Dr. med. M. Halle für die Möglichkeit, an seinem Lehrstuhl meine Doktorarbeit durchführen zu können und für die Überlassung des Themas.