

Aus der

Universitätsklinik für Kinder- und Jugendmedizin Tübingen

Abteilung Kinderheilkunde IV

(Schwerpunkt: Neonatologie, neonatologische Intensivmedizin)

**Analyse der Körperzusammensetzung von Kindern mittels
Air Displacement Plethysmography – Generierung von
Referenzdaten unter Bezugnahme postnataler Werte und
Evaluation potenzieller Einflussfaktoren**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen**

vorgelegt von

Harnack, Marleen

2025

Dekan: Professor Dr. B. Pichler

1. Berichterstatter: Professor Dr. A. Franz

2. Berichterstatter: Professor Dr. G. Binder

Tag der Disputation: 25.03.2025

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	v
Tabellenverzeichnis.....	vii
Abkürzungsverzeichnis	ix
1 Einleitung.....	1
1.1 Übergewicht bei Kindern	1
1.1.1 Definition des kindlichen Übergewichts	2
1.1.2 Prävalenz des kindlichen Übergewichts	4
1.1.3 Ursachen des kindlichen Übergewichts	6
1.1.4 Developmental Origins of Health and Disease-Hypothese	7
1.1.5 Unmittelbare und langfristige Effekte des kindlichen Übergewichts	8
1.2 Bestimmung der kindlichen Körperzusammensetzung.....	10
1.2.1 Bedeutung der Körperzusammensetzungsmessung bei Kindern	10
1.2.2 Kompartimentmodelle der Körperzusammensetzung	11
1.2.3 Methoden zur Bestimmung der Körperzusammensetzung	12
1.2.4 Anthropometrische Messmethoden	12
1.2.4.1 Vor- und Nachteile anthropometrischer Methoden	13
1.2.5 Apparative Messmethoden	14
1.2.5.1 Vor- und Nachteile apparativer Methoden	14
1.3 Einflussfaktoren auf die kindliche Körperzusammensetzung	16
1.3.1 Stillen.....	16
1.3.2 Gestationsdiabetes mellitus (GDM)	17
1.3.3 Elterlicher BMI	18
1.3.4 Geburtsgewicht.....	19
1.3.5 Geschlecht.....	20
1.4 Forschungsfragen	20
2 Methoden.....	21
2.1 Ethik und Registrierung	21
2.2 Studiendesign und Zielparameter	21
2.3 Rekrutierung und Studienpopulation	22
2.3.1 Rekrutierung	22

2.3.2	Studienpopulation	23
2.3.2.1	Einschlusskriterien	23
2.3.2.2	Ausschlusskriterien	23
2.4	Studienablauf	24
2.5	Eingesetzte Messinstrumente	24
2.5.1	Fragebogen	24
2.5.2	BodPod® zur Messung der Körperzusammensetzung	25
2.5.3	Zusätzliche Messinstrumente	25
2.6	Datenerhebung	26
2.6.1	Messung des Blutdrucks	26
2.6.2	Messung der Hautfaltendicken	26
2.6.3	Messung von Schlaf- und Bewegungsmustern	26
2.6.4	Durchführung der Messung mit dem BodPod®	27
2.6.4.1	Vorbereitung der Kinder	27
2.6.4.2	Präparation und Kalibrierung des BodPod®	27
2.6.4.3	Messung des Körpergewichts	27
2.6.4.4	Messung des Körpervolumens	27
2.7	Technische und physikalische Grundlagen der BodPod®-Messung	29
2.7.1	Systemkomponenten und Aufbau des BodPod®	29
2.7.2	Physikalische Grundlagen zur Bestimmung der Körperzusammensetzung mittels BodPod®	30
2.7.3	Software	31
2.7.4	Sicherheit des Kindes im BodPod®	31
2.8	Weitere Berechnungen	32
2.8.1	Berechnung des BMI	32
2.8.2	Berechnung des BF% anhand von Hautfaltendicken	32
2.8.3	Berechnung der Standardabweichung (Gewicht, Länge, BMI)	33
2.9	Statistische Auswertung und Datensicherung	34
2.9.1	Analyse von Ausreißern	35
2.9.2	Normalverteilung	35
2.9.3	Signifikanz	35
3	Ergebnisse	36
3.1	Deskription der Studienkohorte	36

3.1.1	Repräsentativität der Studienkohorte.....	38
3.2	Demographische und anthropometrische Parameter	39
3.2.1	Deskription demographischer und anthropometrischer Parameter.....	39
3.2.2	Kategorisierung des BMI	41
3.2.3	Analyse der Hautfaltendicken	42
3.3	Körperzusammensetzung mittels ADP (BodPod®).....	44
3.3.1	Messergebnisse des BodPod®	44
3.3.2	Graphische Darstellung von BF% und FFM% mittels ADP.....	45
3.4	Vergleich der Methoden zur Beurteilung der Körperkonstitution	46
3.4.1	Zusammenhang von BF% und BMI	46
3.4.2	Zusammenhang von BF% (ADP) und BF% (Hautfaltendicken)....	47
3.5	Entwicklung der Körperzusammensetzung vom Neugeborenenalter bis zum sechsten bis siebten Lebensjahr.....	50
3.5.1	Entwicklung der Körperzusammensetzung.....	50
3.5.1.1	Zusammenhang des postnatalen BF% mit dem BF% mit sechs bis sieben Lebensjahren	51
3.6	Korrelation der untersuchten Einflussparameter mit dem BF%	53
3.6.1	Stilldauer.....	53
3.6.1.1	Deskription der exklusiven Stilldauer der Studienkohorte	53
3.6.1.2	Zusammenhang zwischen dem BF% und der Stilldauer in Wochen....	54
3.6.1.3	Kategorisierung der Stilldauer	55
3.6.2	Gestationsdiabetes mellitus	56
3.6.2.1	Deskription der Studienkohorte hinsichtlich eines GDM.....	56
3.6.3	BMI der Eltern.....	57
3.6.3.1	Deskription der Studienkohorte hinsichtlich des elterlichen BMI	57
3.6.3.2	Kindlicher BMI in Abhängigkeit vom elterlichen BMI	58
3.6.3.3	Kindlicher BF% in Abhängigkeit vom elterlichen BMI	58
3.6.4	Geburtsgewicht.....	59
3.6.5	Geschlecht.....	60
3.6.6	Ernährung, Aktivität und Schlaf.....	60
3.7	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	61
4	Diskussion	62
4.1	Diskussion der Studienergebnisse	64

4.1.1	Repräsentativität der Ergebnisse der Studienkohorte.....	64
4.1.2	Erhebung des geschlechtsspezifischen BF% zur Ermittlung von Normwerten der Körperzusammensetzung	65
4.1.2.1	Ethnische Diversität in der Körperzusammensetzung.....	68
4.1.3	Konsequenzen des postnatalen für den kindlichen BF%.....	69
4.1.4	Diskussion von Alternativmethoden zur Beurteilung der Körperzusammensetzung und des Ernährungszustandes	71
4.1.4.1	BMI	71
4.1.4.2	Hautfaltendicken.....	73
4.1.5	Diskussion potenzieller Einflussparameter auf die kindliche Körperzusammensetzung	77
4.1.5.1	Der Einfluss des Stillens auf den kindlichen Körperfettanteil	78
4.1.5.2	Der Einfluss eines mütterlichen GDM auf den kindlichen BF%.....	80
4.1.5.3	Der Einfluss des elterlichen BMI auf den kindlichen BF%.....	83
4.1.5.4	Der Einfluss des Geburtsgewichts auf den kindlichen BF%.....	85
4.1.5.5	Der Einfluss des Geschlechts auf den kindlichen BF%	87
4.1.5.6	Kombination von Einflussfaktoren auf den kindlichen BF%.....	89
4.1.6	Zusammenfassung	90
4.2	Beurteilung des BodPod® – Reliabilität und Validität der ADP-Methode bei Kindern im Vergleich mit anderen Messverfahren .	91
4.3	Methodenkritik.....	94
4.4	Schlussfolgerung und Ausblick	97
5	Zusammenfassung	99
6	Literaturverzeichnis.....	101
7	Erklärung zum Eigenanteil der Dissertationsschrift.....	113
8	Danksagung.....	114
9	Anhang	115
9.1	Votum der Ethikkommission vom 23.04.2021	115
9.2	Elterninformationsschreiben und Einverständniserklärung zur Studienteilnahme	116
9.3	Fragebogen	124
9.4	Poster-Vortrag: Jahrestagung der Gesellschaft für Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin (GNPI) (Hamburg, 2023).....	136

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Perzentilenkurven für den Body-Mass-Index bei Jungen im Alter von 0 - 18 Jahren [10]	3
Abbildung 2: Perzentilenkurven für den Body-Mass-Index bei Mädchen im Alter von 0 - 18 Jahren [10]	3
Abbildung 3: Kind während eines Testdurchlaufs bei der Erhebung des Körpergewichts (links), in der Testkammer vor der Messung (Mitte) und während des Messvorgangs (rechts) im BodPod® (Universitätsklinikum für Kinder- und Jugendmedizin, Tübingen).....	28
Abbildung 4: Aufbau und Systemkomponenten des BodPod®	29
Abbildung 5: Studienkohorte	37
Abbildung 6: Boxplots zu Körpergröße [cm] und Körpergewicht [kg] in der Studienkohorte (n = 92).....	40
Abbildung 7: Verteilung der BMI-Kategorien in der Studienkohorte (n = 92)....	41
Abbildung 8: Boxplots zur geschlechtsspezifischen Darstellung der Hautfaldendicken an Abdomen, Trizeps und Skapula (n = 92)	43
Abbildung 9: Boxplots zur graphischen Darstellung des Körperfettanteils (BF%) sowie des Anteils der fettfreien Körpermasse (FFM%), (n = 92)	45
Abbildung 10: Streudiagramm zur Darstellung des Zusammenhangs zwischen dem Body Mass Index [kg/m ²] und dem Körperfettanteil [%], (n = 92)	46
Abbildung 11: Boxplots zum Körperfettanteil (BF%) anhand der Air Displacement Plethysmography (ADP) und anhand der Hautfaldendicken nach Slaughter et al. [101], (n = 92)	48
Abbildung 12: Zusammenhang zwischen dem Körperfettanteil (BF%) anhand von Hautfaldendicken (Slaughter, M. H. et al. [101]) und dem BF% mittels Air Displacement Plethysmography (ADP), (n = 92).....	48
Abbildung 13: Bland-Altman-Plot zur Visualisierung der Differenzen zwischen dem BF% mittels ADP und dem errechneten BF% anhand der Hautfaldendicken, (n = 92)	49
Abbildung 14: Boxplots zur Entwicklung des Körperfettanteils [%] von postnatal bis zum Alter von 6 – 7 Lebensjahren, (n = 92)	50

Abbildung 15: Streudiagramm zum Zusammenhang zwischen dem Körperfettanteil [%] postnatal und dem Körperfettanteil [%] mit sechs bis sieben Lebensjahren (LJ.).....	51
Abbildung 16: Liniendiagramm zur Entwicklung des Körperfettanteils [%] Links Mädchen (n = 53), rechts Jungen (n = 39).....	52
Abbildung 17: Individuelle Differenz des Körperfettanteils [%] (BF% 6 – 7 LJ. minus BF% NG), (n = 92).....	52
Abbildung 18: Exklusive Stilldauer in der Studienkohorte in Wochen, (n = 78)	53
Abbildung 19: Streudiagramm zur Stilldauer in Wochen in Abhängigkeit vom Körperfettanteil [%], (n = 78)	54
Abbildung 20: Boxplots zum kindlichen Körperfettanteil [%] in Abhängigkeit vom GDM der Mutter, (n = 92)	56
Abbildung 21: BMI-Kategorien der Eltern. Links Mütter (n = 89), rechts Väter (n = 85).....	57
Abbildung 22: Streudiagramme zur Korrelation des elterlichen BMI mit dem BF% der Kinder Links: Mütter (n = 89), rechts: Väter (n = 85).....	58
Abbildung 23: Streudiagramm zur Darstellung des Geburtsgewichts [kg] der Kinder in Abhängigkeit von ihrem Körperfettanteil [%], (n = 92).....	59
Abbildung 24: Geschlechtsspezifische Perzentilen zum prozentualen Körperfettanteil (Body fat %) anhand einer Referenzpopulation deutscher Jungen und Mädchen nach Platcha-Danielzik, S. et al. [107]	66
Abbildung 25: „Körperfett-Referenzkurven für türkische Kinder und Jugendliche. 3., 5., 10., 25., 50., 75., 85., 90., 95., 97. Perzentil“, Kurtoglu, S. et al. [109].....	67
Abbildung 26: „Perzentilenkurven des Körperfettanteils kaukasischer Jungen und Mädchen im Alter von 5 – 18 Jahren, geglättet durch die LMS-Methode“, McCarthy, H. D. et al. [110]	67

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassifizierung des Ernährungszustands von Erwachsenen anhand des BMI [4]	2
Tabelle 2: Grenzwerte für Übergewicht und Adipositas im Kindes- und Jugendalter (AGA, 2019) [6, 10]	4
Tabelle 3: Exemplarische Ursachen für Übergewicht im Kindesalter [18, 19]	6
Tabelle 4: Unmittelbare und langfristige Folgen von Übergewicht und Adipositas im Kindesalter	9
Tabelle 5: Kompartimentmodelle der Körperzusammensetzung	11
Tabelle 6: Vor- und Nachteile anthropometrischer Messmethoden der Körperzusammensetzung	13
Tabelle 7: Apparative Verfahren zur Bestimmung der Körperzusammensetzung [5, 49, 55-62]	14
Tabelle 8: Vor- und Nachteile apparativer Messmethoden der Körperzusammensetzung	15
Tabelle 9: Grenzwerte des 75-g-oGTT im venösen Plasma zur Diagnostik eines GDM - Konsensus Empfehlung der IADPSG [73]	17
Tabelle 10: Grenzwerte zur Beurteilung des Geburtsgewichts bei Reifgeburtlichkeit [88, 89]	19
Tabelle 11: Verwendete Messinstrumente inklusive Gerätenamen, Firma und Hauptsitz	25
Tabelle 12: Statistische Methoden und deren Anwendungsgebiete	34
Tabelle 13: Vergleich stellvertretender Geburtsparameter der Geburtskohorte und der Studienkohorte	38
Tabelle 14: Demographische und anthropometrische Parameter der Studienkohorte (n = 92)	39
Tabelle 15: Geschlechtsspezifische Darstellung demographischer und anthropometrischer Parameter	40
Tabelle 16: Kategorisierung des BMI nach Kromeyer-Hauschild, K. et al. [10]	41
Tabelle 17: Hautfaldendicken von Abdomen, Trizeps, Skapula und „Sum of Skinfold“ (n = 92)	42

Tabelle 18: Körperfettanteil der Studienkohorte anhand von Hautfaltendicken (n = 92).....	43
Tabelle 19: Messergebnisse der Air Displacement Plethysmography (ADP) mittels BodPod®, (n = 92)	44
Tabelle 20: Gegenüberstellung von Körperfettanteil und BMI der 6 – 7 Jahre alten Kinder (n = 92).....	46
Tabelle 21: Spearman-Korrelation zum Zusammenhang zwischen dem BMI und dem BF%.....	47
Tabelle 22: Gegenüberstellung von BF% mittels ADP und BF% mittels Hautfaltendicken (n = 92)	47
Tabelle 23: Spearman-Korrelation zur Assoziation zwischen BF% (ADP) und BF%* (Hautfaltendicken)	49
Tabelle 24: Gegenüberstellung von BF% der NG-Kohorte und BF% der Studienkohorte (6 – 7 LJ.)	50
Tabelle 25: Spearman-Korrelation zum Zusammenhang zwischen dem BF% im Neugeborenenalter und dem BF% mit sechs bis sieben Lebensjahren	51
Tabelle 26: Spearman-Korrelation zwischen der Stilldauer in Wochen und dem BF%.....	54
Tabelle 27: Körpergewicht und BF% im Alter von 6 – 7 LJ in Abhängigkeit von der exklusiven Stilldauer.....	55
Tabelle 28: BF% von Kindern mit und ohne Gestationsdiabetes mellitus der Mutter	56
Tabelle 29: Darstellung des BMI der Mütter, der Väter und ihrer Kinder	57
Tabelle 30: Spearman-Korrelation zwischen elterlichem BMI und kindlichem BMI.....	58
Tabelle 31: Spearman-Korrelation zwischen elterlichem BMI und kindlichem BF%	58
Tabelle 32: Spearman-Korrelation zum Zusammenhang zwischen dem Geburtsgewicht und dem postnatalen BF%, dem BF% mit sechs bis sieben Lebensjahren, dem Körpergewicht und dem BMI.....	59

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ADP	Air Displacement Plethysmography (Luftverdrängungsplethysmographie)
AGA	Arbeitsgemeinschaft Adipositas im Kindes- und Jugendalter
AWMF	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e. V.
BF	Body Fat (Körperfett)
BF%	Body Fat Percentage (Körperfettanteil)
BIA	Bioelektrische Impedanz-Analyse
BM	Body Mass (Körpermasse, Körpergewicht)
BMI	Body-Mass-Index (Körpermasseindex)
BV	Body Volume (Körpervolumen)
bzw.	beziehungsweise
cm	Zentimeter
CT	Computertomographie
DOHaD	“Developmental Origins of Health and Disease”
D _x	Dichte einer Variablen (x)
DXA	Dual-Röntgen-Absorptiometrie
FFM%	Fat Free Mass Percentage (Anteil fettfreier Körpermasse)
FM	Fat Mass (Fettmasse)
FFM	Fat Free Mass (fettfreie Masse)
g	Gramm
GA	Gestationsalter
GCT	50-g-Glukose Challenge Test
h	Stunde / Stunden
IADPSG	International Association of Diabetes and Pregnancy Study Groups
IDF	International Diabetes Federation
IQR	Interquartile Range / Interquartilsabstand

kg	Kilogramm
KIGGS	Kinder- und Jugendgesundheitssurvey
LGA	Large for Gestational Age
LJ	Lebensjahre
MODY	Maturity Onset Diabetes of the Young
MRT	Magnetresonanztomographie
oGTT	oraler Glukosetoleranz-Test
RKI	Robert Koch-Institut
SDS	Standard deviation score
SGA	Small for Gestational Age
SoS	Sum of Skinfold
SSW	Schwangerschaftswoche
WHO	World Health Organization
z. B.	zum Beispiel
% fat	prozentualer Körperfettanteil
% fat free mass	prozentualer Anteil der fettfreien Körpermasse

1 Einleitung

1.1 Übergewicht bei Kindern

Innerhalb der vergangenen vier Jahrzehnte konnte eine weltweite, rasche und stete Zunahme der Prävalenz von Übergewicht und Adipositas sowohl bei Erwachsenen als auch bei Kindern beobachtet werden [1-3]. Epidemiologische Daten der *World Health Organization* (WHO) zeigten, dass sich seit 1990 die globale Prävalenz mehr als verdoppelt hat und Adipositas vermehrt auch in Staaten mit niedrigem und mittlerem Einkommen verbreitet ist [3]. Bereits im Jahr 2000 konstatierte die WHO, dass die weltweite Gewichtszunahme und die Ausbreitung von Adipositas zunehmende medizinische Herausforderungen für die Gesellschaft darstellen und klassifizierte die Adipositas in ihrem Bericht als eine „globale Epidemie“ [4]. Ihre Verbreitung hat demzufolge mittlerweile ein derart hohes Niveau erreicht, dass sie Unterernährung und Infektionskrankheiten als zwei der bedeutendsten globalen Gesundheitsrisiken übertrifft [4]. Daraus resultiert, dass Übergewicht und Adipositas mit ihren potenziell schwerwiegenden Konsequenzen für eine hohe Anzahl von Todesfällen verantwortlich sind [3]. In Anbetracht dieser Entwicklungen besteht die Notwendigkeit, die Ursachen und auslösenden Faktoren für Übergewicht und Adipositas zu identifizieren, um daraufhin adäquate präventive Maßnahmen zu initiieren. Insbesondere im Kontext des kindlichen Übergewichts stellt die Prävention die essentiellste Option dar, da viele Behandlungsmethoden zur Reduktion von Adipositas wie Diäten, medikamentöse oder operative Therapien bei Kindern nicht praktikabel sind [5]. Darüber hinaus ist es relevant, geeignete Erhebungsmethoden zu konzipieren, die den Entwicklungs- und Ernährungszustand erfassen und die Körperzusammensetzung als aussagekräftiges Beurteilungskriterium der körperlichen Konstitution einbeziehen. Dies ist entscheidend, da präventive Maßnahmen bereits bei der Identifikation gefährdeter Kinder ansetzen sollten [5]. Des Weiteren sind Normwerte und präzise Grenzwerte für die Definition von Übergewicht und Adipositas im pädiatrischen Kontext erforderlich. Sie ermöglichen Vergleiche innerhalb und zwischen Bevölkerungsgruppen, identifizieren Personen mit erhöhtem Morbiditäts- und Mortalitätsrisiko und helfen bei der Festlegung von Interventionsprioritäten [4].

1.1.1 Definition des kindlichen Übergewichts

Adipositas wird definiert als ein "pathologisch erhöhter Anteil von Körperfett an der Gesamtkörpermasse, der zu einer Gesundheitsbeeinträchtigung führen kann" [3, 6]. Die WHO verwendet zur Klassifizierung von Übergewicht und Adipositas bei Erwachsenen den Body-Mass-Index (BMI) [4]. Tabelle 1 zeigt diese, auf dem BMI basierende, Einteilung des Ernährungszustandes.

Tabelle 1: Klassifizierung des Ernährungszustands von Erwachsenen anhand des BMI [4]

Kategorie	BMI [kg/m ²]
Untergewicht	≤ 18,4
Normalgewicht	18,5 – 24,9
Übergewicht	≥ 25
Prä-Adipositas	25,0 – 29,9
Adipositas Grad 1	30,0 – 34,9
Adipositas Grad 2	35,0 – 39,9
Adipositas Grad 3	≥ 40,0

BMI: Body-Mass-Index

Die hier beschriebene Klassifikation des BMI zur Definition von Übergewicht ist bei Kindern allerdings nicht anwendbar, da der BMI in jungen Entwicklungsstadien altersabhängig variiert. Im Säuglingsalter steigt der BMI im Allgemeinen aufgrund der raschen Gewichtszunahme im Verhältnis zur Körpergröße zunächst stark an, nimmt anschließend bis zum Vorschulalter ab und steigt erneut bis zum Beginn des Erwachsenenalters an [7, 8]. Daher ist es von hoher Relevanz, das Alter der Kinder bei der Definition von Übergewicht und Adipositas zu berücksichtigen [3]. Eine allgemeingültige Klassifikation von kindlichem Übergewicht wird darüber hinaus durch die kontinuierliche Veränderung der Körperzusammensetzung im Entwicklungsverlauf erschwert [4]. Diese Veränderungen treten in verschiedenen Populationsgruppen zu unterschiedlichen Zeitpunkten und mit einer variablen Geschwindigkeit auf [4].

Um die Variabilität der Körperzusammensetzung im Rahmen der kindlichen Entwicklung miteinzubeziehen, existieren auf nationaler und internationaler Ebene alters- und geschlechtsspezifische BMI-Perzentilenkurven [9, 10].

Mit dem Ziel der Erstellung repräsentativer und standardisierter Referenzkurven für Kinder wurden von Kromeyer-Hauschild, K. et al. BMI-Untersuchungen aus verschiedenen Regionen in Deutschland herangezogen ($n = 34.422$) [10]. Die Ergebnisse wurden von der *Arbeitsgemeinschaft Adipositas im Kindes- und Jugendalter (AGA)* der *Deutschen Adipositas-Gesellschaft* in ihrer Leitlinie 2019 zur Bewertung von Übergewicht und Adipositas als Standardwerte empfohlen [6]. Diese geschlechtsspezifischen, in Abbildung 1 und 2 dargestellten Perzentilenkurven dienen im Verlauf der Arbeit als Referenz für die Beurteilung des BMI der Kinder in der Studienkohorte [6, 10].

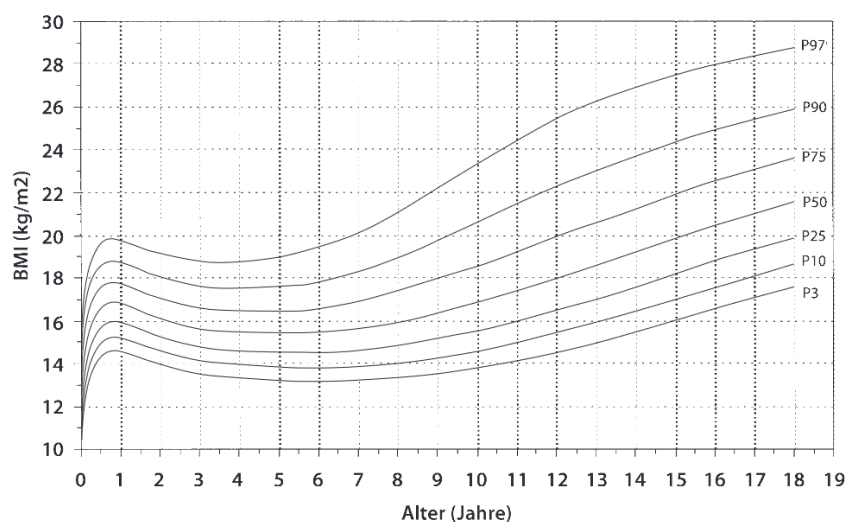


Abbildung 1: Perzentilenkurven für den Body-Mass-Index bei Jungen im Alter von 0 - 18 Jahren [10]

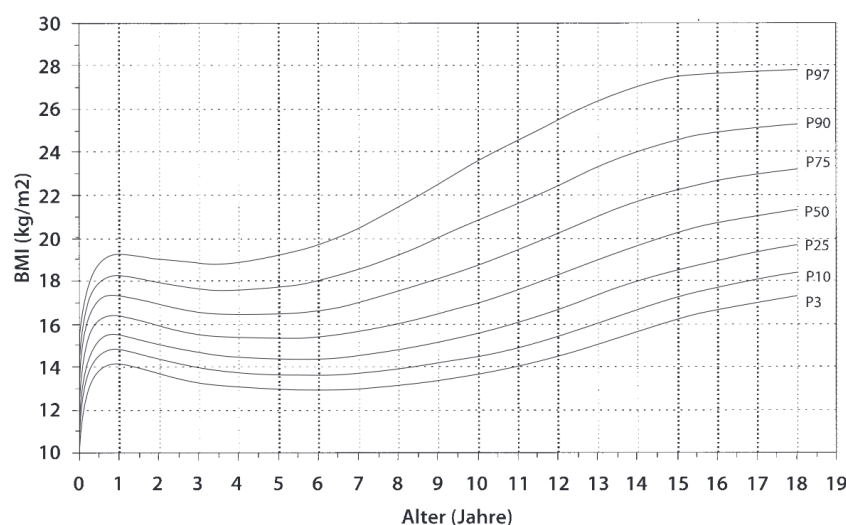


Abbildung 2: Perzentilenkurven für den Body-Mass-Index bei Mädchen im Alter von 0 - 18 Jahren [10]

Als Grenzwert für die Definition von Übergewicht und Adipositas bei Kindern anhand des BMI wurde durch die AGA die 90.- bzw. 97. alters- und geschlechtsspezifische Perzentile empfohlen sowie für eine extreme Adipositas die 99,5. Perzentile [6]. Die nachfolgende Tabelle 2 stellt diese Grenzwerte dar.

Tabelle 2: Grenzwerte für Übergewicht und Adipositas im Kindes- und Jugendalter (AGA, 2019) [6, 10]

Klassifizierung	Alters- und geschlechtsspezifische BMI-Perzentile
Übergewicht	> 90 – 97
Adipositas	> 97 – 99,5
Extreme Adipositas	> 99,5

BMI: Body-Mass-Index, AGA: Arbeitsgemeinschaft Adipositas im Kindes- und Jugendalter

1.1.2 Prävalenz des kindlichen Übergewichts

Die Angaben zur globalen Prävalenz von Übergewicht und Adipositas variieren erheblich in verschiedenen Quellen, dennoch zeichnet sich seit einigen Jahren ein Anstieg der Prävalenz von kindlichem Übergewicht nicht nur in Deutschland, sondern auch in zahlreichen weiteren Ländern ab [2, 3, 5, 6, 11]. Länder mit hohem sozioökonomischen Niveau verzeichnen eine gesteigerte Prävalenz von kindlicher Adipositas im Vergleich zu Ländern mit niedrigem sozioökonomischen Niveau [12]. Bei Letzteren wiederum manifestiert sich die prozentual stärkste Zunahme der Prävalenz im Verlauf der vergangenen Jahre [2].

Im Jahr 2024 veröffentlichte die WHO epidemiologische Daten, aus denen hervorgeht, dass die Anzahl übergewichtiger und adipöser Kinder und Jugendlicher im Alter von fünf bis neunzehn Jahren im Jahr 2022 weltweit 390 Millionen betrug [3]. Die sich daraus ergebende Prävalenz von Übergewicht, einschließlich Adipositas, lag in diesem Altersspektrum bei 20 %. Während sie bei weiblichen Personen zwischen fünf und neunzehn Jahren 21 % betrug, lag sie bei gleichaltrigen männlichen Personen bei 19 % [3]. Seit 1990 wurde von der WHO bei Kindern und Jugendlichen zwischen dem fünften und neunzehnten Lebensjahr ein deutlicher Anstieg der Adipositasprävalenz verzeichnet [3]. Die WHO schätzte diese für das Jahr 2022 auf 8 %, was einer Anzahl von etwa 160 Millionen Personen entspricht, während sie 1990 noch bei ungefähr 2 % lag [3].

Eine umfassende Auswertung bevölkerungsbasierter Daten der vergangenen Jahrzehnte aus verschiedenen Ländern von Abarca-Gómez, L. et al. bestätigte die globale Zunahme der Zahl übergewichtiger und adipöser Kinder und Jugendlicher [2]. Sie schätzten die Anzahl der weltweit von Adipositas betroffenen Menschen zwischen dem fünften und neunzehnten Lebensjahr für das Jahr 2016 auf 124 Millionen und die globale Prävalenz damit auf etwa 5,6 % der Mädchen und 7,8 % der Jungen [2].

Das Robert Koch Institut (RKI) erhob im Rahmen einer Studienreihe ab 2003 in Deutschland umfassende Daten sowohl von Kindern und Jugendlichen als auch von ihren Eltern (sogenannte *Kinder- und Jugendgesundheits surveys*, *KIGGS-Studie*). Die Studienreihe verfolgte das Ziel, systematisch umfassende und bundesweit repräsentative Entwicklungsparameter von Kindern und Jugendlichen zu ermitteln [13]. Die Querschnittstudien wurden in den Jahren 2003 bis 2006 („Basiserhebung“), 2009 bis 2012 („Erste KIGGS-Welle“) und 2014 bis 2017 („Zweite KIGGS-Welle“) erhoben. Die „Basiserhebung“ (n = 14.747) ergab eine Übergewichtsprävalenz von 8,7 % sowie eine Adipositasprävalenz von 6,3 % bei deutschen Kindern und Jugendlichen im Alter zwischen drei und siebzehn Jahren. Es wurde ein Anstieg der Prävalenz mit steigendem Alter festgestellt, signifikante Geschlechterunterschiede wurden hingegen nicht beobachtet [13]. Die erhobenen Daten zeigten im Vergleich zu einer deutschen Referenzpopulation aus den Jahren 1980 bis 1990 einen deutlichen Prävalenzanstieg von Übergewicht und Adipositas um etwa 50 % [13]. Im Vergleich zur Basiserhebung wurden sowohl in der ersten als auch in der zweiten KIGGS-Welle leicht ansteigende Prävalenzen von Übergewicht inklusive Adipositas festgestellt, wobei die Stärke des Anstiegs stagnierte [14-16]. In der zweiten KIGGS-Welle (n = 3.561) wurde beispielsweise bei 15,4 % der Kinder und Jugendlichen zwischen drei und siebzehn Jahren Übergewicht inklusive Adipositas festgestellt, während bei 5,9 % eine Adipositas bestand [16].

1.1.3 Ursachen des kindlichen Übergewichts

Es gibt Evidenz dafür, dass adipöse Kinder die stärkste Gewichtszunahme im Vorschulalter zwischen dem zweiten und sechsten Lebensjahr erfahren [17]. Daher ist neben der Erfassung der Adipositasprävalenz die Evaluierung der zugrundeliegenden Ursachen von Bedeutung, um adäquate therapeutische Maßnahmen und Handlungsempfehlungen ableiten zu können. Die Ursachen für Übergewicht im Kindes- und Jugendalter sind multifaktoriell. Spezifische Zuordnungen sowie der Nachweis einer Kausalität sind isoliert schwer ermittelbar [18]. Die WHO betrachtet als Hauptursache vorrangig ein Ungleichgewicht zwischen Kalorienaufnahme und -verbrauch [3]. Zusammenfassende Übersichtsarbeiten zu potenziell begünstigenden Faktoren wurden unter anderem von Güngör, N. K. und Smith, J. D. et al. erstellt [18, 19]. Eine exemplarische Auflistung der in den wissenschaftlichen Arbeiten benannten Einflussfaktoren hinsichtlich der zunehmenden Prävalenz von Übergewicht findet sich in der nachfolgenden Tabelle 3.

Tabelle 3: Exemplarische Ursachen für Übergewicht im Kindesalter [18, 19]

Ursachen für Übergewicht im Kindesalter	
Ernährung	<ul style="list-style-type: none">• zuckerhaltige Getränke• kalorienreiche Nahrungsmittel
Aktivität	<ul style="list-style-type: none">• geringe körperliche Bewegung• viel sitzende Tätigkeit
Schlaf	<ul style="list-style-type: none">• verkürzte Schlafdauer
Erkrankungen	<ul style="list-style-type: none">• endokrine Störungen, z. B. Hypothyreose• Veränderungen der Darmflora, z. B. infektiös bedingt
Genetik	<ul style="list-style-type: none">• genetische Variationen• genetische Syndrome
Familiärer Kontext	<ul style="list-style-type: none">• niedriges sozioökonomisches Niveau• mütterlicher Gestationsdiabetes mellitus• mütterliche Adipositas
Medikamente	<ul style="list-style-type: none">• z. B. Psychotherapeutika, Chemotherapeutika

1.1.4 Developmental Origins of Health and Disease-Hypothese

Die *Developmental Origins of Health and Disease (DOHaD)-Hypothese* liefert einen weiteren theoretischen Erklärungsansatz für die Entstehung von Übergewicht im Kindesalter. Sie beschreibt, dass die Exposition gegenüber epigenetischen Einflüssen und Umwelteinflüssen in frühen Entwicklungsstadien Stoffwechselprozesse im gesamten Lebensverlauf maßgeblich beeinflussen können [20]. Ein wesentlicher Bestandteil dieses Konzeptes ist die Annahme, dass sowohl die Über- als auch die Unterversorgung mit Nährstoffen in der Perinatalperiode und in der frühen Kindheit mit epigenetischen Veränderungen beispielsweise der hypothalamischen Hormonproduktion einhergehen [21]. Forschungsergebnisse zeigen, dass Einflüsse der mütterlichen Umwelt während der Schwangerschaft Anpassungen an der fetalen DNA bewirken, insbesondere in Bezug auf Prozesse der Zellproliferation und Zelldifferenzierung [22]. Eine ungünstige intrauterine Umgebung, bedingt durch Über- oder Unterversorgung mit Nährstoffen sowie verschiedene weitere Umweltfaktoren, kann langfristige Stoffwechselveränderungen der Nachkommen bewirken, infolgedessen es zu einer Dysregulation des Energiehaushaltes und damit zu Über- oder Untergewicht in späteren Lebensphasen kommen kann [21, 23, 24]. Relevante Faktoren stellen unter anderem der präkonzeptionelle BMI der Eltern und auch die Körperzusammensetzung und die Ernährung der Mütter sowie ihre Gewichtszunahme während der Schwangerschaft dar [24]. Während kritischer pränataler Wachstumsperioden können jedoch auch Energie- oder Nährstoffrestriktionen hormonelle oder biochemische Prozesse initiieren, die in Verbindung mit einer postnatal erhöhten Exposition gegenüber energiereichen Lebensmitteln die Einlagerung von Fett begünstigen [23].

Angesichts dieser hypothetischen Erklärungsansätze der Entstehung von Übergewicht im Kindesalter besteht zusätzlich ein verstärktes Interesse daran, die Zusammenhänge zwischen Schwangerschaftseinflüssen und frühkindlicher Ernährung sowie der Körperzusammensetzung in der Kindheit genau und longitudinal im Rahmen von Studien zu beschreiben.

1.1.5 Unmittelbare und langfristige Effekte des kindlichen Übergewichts

Mit dem Anstieg der Prävalenz von Übergewicht und Adipositas hat auch die Häufigkeit der mit Adipositas verbundenen gesundheitlichen Konsequenzen zugenommen, wodurch Übergewicht derzeit einen wichtigen Risikofaktor für Mortalität und Morbidität darstellt [12]. Es ist evident, dass kindliche Fettleibigkeit nicht nur als Prädispositionsfaktor für Erkrankungen im Erwachsenenalter fungiert, sondern bereits in der Kindheit mit einer erhöhten Prävalenz von gesundheitlichen Problemen bis hin zu schwerwiegenden Krankheitsbildern einhergehen kann [25]. Beobachtungsstudien legen nahe, dass Übergewicht und Adipositas im Kindesalter oft persistieren und bis ins Jugend- und Erwachsenenalter fortbestehen [17, 26]. Adipositas korreliert zudem beispielsweise mit einem reduzierten allgemeinen Gesundheitszustand, einer erhöhten Anzahl an Hausarztbesuchen und vermehrtem krankheitsbedingtem Schulabsentismus [25]. Darüber hinaus zeigt sich eine relevante Assoziation mit Asthma, Atemwegsinfektionen wie Bronchitiden und einer vermehrten Verabreichung von Antibiotika [25, 27]. In wissenschaftlichen Untersuchungen wurde außerdem eine positive Korrelation zwischen dem Ausmaß des kindlichen Übergewichts und der Höhe des Blutdrucks nachgewiesen [28, 29]. Die WHO benannte darüber hinaus noch weitere unmittelbare Konsequenzen, darunter Glukosestoffwechselstörungen, gastrointestinale Erkrankungen, Schlafapnoe, orthopädische Komplikationen und kardiovaskuläre Risikofaktoren wie Dyslipidämien [3, 4]. Neben den direkten physischen Auswirkungen von Übergewicht und Adipositas manifestiert sich ebenfalls ein erheblicher Einfluss auf die psychische Gesundheit und die Lebensqualität von Kindern und Jugendlichen [3]. Eine auf den Daten der KIGGS-Studie aus den Jahren 2014 bis 2017 basierende Studie von Meixner, L. et al. untersuchte das Wohlbefinden von normalgewichtigen sowie übergewichtigen und adipösen Kindern und Jugendlichen [30]. In der Studie wurde sowohl ein reduziertes körperliches Wohlbefinden übergewichtiger Kinder im Vergleich zu normalgewichtigen Kindern als auch Beeinträchtigungen im psychologischen und elternbezogenen Wohlbefinden ermittelt [30]. Auch die langfristigen Auswirkungen des persistierenden Übergewichts wurden in verschiedenen Langzeitbeobachtungsstudien untersucht.

Es wurde beispielsweise eine erhöhte Inzidenz des Auftretens von Hypertonie, koronarer Herzkrankheit, Schlaganfällen, metabolischem Syndrom, nichtalkoholischer Lebererkrankungen und Cholezystolithiasis beobachtet [27, 31-34]. Zudem zeigte sich ein gesteigertes Risiko für die Entwicklung von Krebserkrankungen wie Kolon-, Leber- und Lungenkarzinomen [3, 35]. Langzeitbeobachtungsstudien ergaben ebenfalls eine vermehrte Prävalenz von Diabetes mellitus Typ 2 bei Erwachsenen mit kindlichem Übergewicht in der Vorgeschichte [36]. In Tabelle 4 sind einige der Konsequenzen kindlichen Übergewichts dargestellt.

Tabelle 4: Unmittelbare und langfristige Folgen von Übergewicht und Adipositas im Kindesalter

Unmittelbare Folgen [4, 25, 27-29]	
allgemein	<ul style="list-style-type: none"> • verminderter allgemeiner Gesundheitszustand • vermehrte Hausarztbesuche und Antibiotikaeinnahmen • krankheitsbedingter Schulabsentismus • reduziertes Wohlbefinden (körperlich, psychologisch)
organspezifisch	<ul style="list-style-type: none"> • Atemwegsinfektionen, Schlafapnoe, Asthma • Hypertonie, Dyslipidämie • Glukosestoffwechselstörungen • gastrointestinale Erkrankungen • orthopädische Erkrankungen
Langfristige Folgen [3, 27, 31-36]	
allgemein	<ul style="list-style-type: none"> • erhöhtes Risiko für adultes Übergewicht
organspezifisch	<ul style="list-style-type: none"> • koronare Herzkrankheit, Hypertonie, Schlaganfall • Diabetes mellitus Typ 2, metabolisches Syndrom • Karzinome (z. B. Kolon-, Lungen-, Leberkarzinom) • nichtalkoholische Lebererkrankung • Cholezystolithiasis

Die zuvor genannten unmittelbaren und langfristigen Konsequenzen kindlichen Übergewichts verdeutlichen die Relevanz einer detaillierten Untersuchung der Entwicklung der Körperzusammensetzung im Kindesalter. Frühzeitige Interventionen, die darauf abzielen, ungesunden Lebensweisen vorzubeugen und gesunde Lebensweisen zu fördern, können langfristige Folgen reduzieren [37].

1.2 Bestimmung der kindlichen Körperzusammensetzung

1.2.1 Bedeutung der Körperzusammensetzungsmessung bei Kindern

Definitionen zur Bewertung des kindlichen Ernährungs- und Entwicklungszustands basieren aus Gründen der Praktikabilität derzeit hauptsächlich auf anthropometrischen Methoden wie dem BMI. Da Adipositas jedoch bei verschiedenen ethnischen Gruppen mit identischem BMI unterschiedlich stark ausgeprägt sein kann und der BMI nicht zwangsläufig mit der Höhe des Körperfettanteils übereinstimmt, kann seine Verwendung zu Fehlinterpretationen führen [38, 39]. Folglich bietet die Bestimmung der Körperzusammensetzung bei Kindern und Jugendlichen bedeutsame Vorteile, um die Zusammenhänge zwischen dem Ausmaß des individuellen Übergewichts, den resultierenden gesundheitlichen Folgen und erforderlichen Präventionsmaßnahmen verstehen zu können. Weitere Gründe für die Ermittlung und Einordnung der Komposition der Körperbestandteile sind die Bewertung des Wachstums- und Ernährungszustandes zu einem bestimmten Zeitpunkt oder im Verlauf der Entwicklung, sowie die funktionelle Bedeutung der Körperzusammensetzung unter anderem in Bezug auf die Pharmakokinetik von Arzneimitteln [40]. Es mangelt derzeit an Referenzwerten zur Körperzusammensetzung im Verlauf mehrerer kindlicher Entwicklungsjahre anhand einer präzisen und verbreiteten Messmethode für eine deutsche Referenzkohorte. Obwohl Normwerte der Körperzusammensetzung bereits in Ländern wie Großbritannien erstellt wurden [41], ist aufgrund ihrer Variabilität zwischen verschiedenen Populationen und Ethnien die Generierung universell gültiger internationaler Referenzwerte nicht uneingeschränkt möglich [39]. Unter anderem der Mangel an Referenzdaten zur Körperzusammensetzung von Kindern, insbesondere in verschiedenen Altersstufen und bei verschiedenen Ethnien, bedingt derzeit, dass dieser Parameter in der Pädiatrie nicht routinemäßig zur Bewertung des Ernährungszustands herangezogen werden kann [39]. Problematisch ist in diesem Zusammenhang zudem, dass Verfahren und Technologien zur Bestimmung von Referenzwerten der Körperzusammensetzung zwischen verschiedenen Studien variieren und ein adäquater Vergleich der Ergebnisse somit nicht möglich ist [39].

1.2.2 Kompartimentmodelle der Körperzusammensetzung

Die unterschiedlichen Methoden zur Bestimmung der Körperzusammensetzung basieren auf verschiedenen theoretischen Modellen, die den Körper in mehrere Kompartimente untergliedern. In dieser Studie wurde die *Luftverdrängungsplethysmographie* (auch *Air Displacement Plethysmography*, ADP) angewandt, welche auf dem sogenannten „Zwei-Kompartiment-Modell“ basiert. Dieses Modell unterteilt den Körper in zwei Hauptkompartimente. Es handelt sich einerseits um die fettfreie Masse (*Fat Free Mass*, FFM), bestehend aus dem gesamten Körperwasser, den Knochenmineralien und den Eiweißen und andererseits die Fettmasse (*Fat Mass*, FM), die den Energiespeicher in Form des chemischen Fettes darstellt [42]. Bei „Zwei-Kompartiment-Modellen“ wird von einer konstanten Zusammensetzung der FFM und der FM ausgegangen. In der Pädiatrie erfordert ihre Anwendung Korrekturfaktoren, da sich die Komposition der FFM während der körperlichen Entwicklung bis ins Erwachsenenalter erheblich verändert, indem hauptsächlich der Anteil an Gesamtkörperwasser abnimmt, während die Knochenmineraldichte zunimmt [40]. Das „Zwei-Kompartiment-Modell“ unterscheidet sich vom „Drei-Kompartiment-Modell“ und verschiedenen „Mehr-Kompartiment-Modellen“, welche die Einzelkomponenten der FFM separat erfassen. Obgleich sie somit die Fehlerquelle der Annahme einer konstanten FFM verringern, erweist sich die Umsetzung dieser Modelle als technisch anspruchsvoller. Das „Drei-Kompartiment-Modell“ untergliedert die FFM in ein Kompartiment aus Wasser und ein Kompartiment aus Proteinen und Mineralstoffen, welches im „Vier-Kompartiment-Modell“ noch einmal gesondert unterteilt wird [43]. Die Aufschlüsselung der Kompartimente in den verschiedenen Modellen ist in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Kompartimentmodelle der Körperzusammensetzung

Modell	Kompartimente
Zwei-Kompartiment-Modell	Fett, fettfreie Masse
Drei-Kompartiment-Modell	Fett, Wasser, Proteine + Mineralstoffe
Vier-Kompartiment-Modell	Fett, Wasser, Proteine, Mineralstoffe

1.2.3 Methoden zur Bestimmung der Körperzusammensetzung

Es existieren sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen vielfältige Verfahren zur Bestimmung des Körperfettanteils (BF%) sowie des Anteils der fettfreien Körpermasse an der Gesamtkörpermasse (FFM%). Ein ideales Messinstrument sollte eine hohe Präzision aufweisen, Zugänglichkeit in Bezug auf Einfachheit, Kosten und Benutzerfreundlichkeit gewährleisten, über ein ausreichendes Maß an Referenzwerten verfügen sowie für die Probandinnen und Probanden akzeptabel sein [44]. Die Auswahl der geeigneten Messmethode hängt unter anderem von der Zielsetzung der Messung ab und davon, ob es sich um eine Messung in der klinischen Routine oder im Kontext eines Forschungsumfeldes handelt. Einzelne Methoden unterscheiden sich beispielsweise in Bezug auf ihre Präzision, ihre Anwendbarkeit, ihre potenziellen Nebenwirkungen und ihre Kosten. Darüber hinaus eignet sich nicht jede existierende Methode gleichermaßen für die Ermittlung der Körperzusammensetzung bei Kindern. Eine Unterscheidung besteht zwischen anthropometrischen Methoden mit anschließender Berechnung des Körperfettanteils und technisch aufwendigeren Messverfahren zur Messung der Körperzusammensetzung.

1.2.4 Anthropometrische Messmethoden

Die anthropometrischen Maße zur Beurteilung der Körperkonstitution umfassen neben dem Körpergewicht und der Körpergröße auch Umfänge an Körperregionen wie der Taille oder der Hüfte, Hautfaltendicken und Indizes, die aus der Größe und dem Gewicht abgeleitet werden, wie der BMI [5]. Aufgrund ihrer einfachen und nichtinvasiven Anwendbarkeit, den geringen Kosten und einer breiten Verfügbarkeit erweisen sich diese Methoden als adäquat für den Einsatz in der klinischen Praxis und in wissenschaftlichen Studien mit großen Kohorten. Zur Minimierung der Interobserver-Variabilität wird eine gründliche Schulung der Untersuchenden als essenzielle Voraussetzung für valide anthropometrische Messungen betrachtet [45].

1.2.4.1 Vor- und Nachteile anthropometrischer Methoden

Anthropometrische Messmethoden zeichnen sich durch ihre Nichtinvasivität aus und bieten den Vorteil einer unkomplizierten, schnellen sowie kosteneffizienten Datenerhebung. Spezifische Vor- und Nachteile dieser anthropometrischen Messmethoden werden beispielhaft in der folgenden Tabelle 6 dargestellt. Die Relevanz des BMI sowie der Hautfaltendickenmessung als Instrumente zur Abschätzung des Körperfettanteils und des Entwicklungs- und Ernährungszustands werden in dieser Dissertation gesondert diskutiert.

Tabelle 6: Vor- und Nachteile anthropometrischer Messmethoden der Körperzusammensetzung

BMI [46-48]	
Vorteile	<ul style="list-style-type: none">• viele Referenzdaten• gute Wiederhol- und Reproduzierbarkeit im Verlauf
Nachteile	<ul style="list-style-type: none">• geringe Sensitivität für die Identifikation von Adipositas• keine Rückschlüsse auf die Verhältnisse von Fett-, Muskel- und Knochenmasse möglich

Hautfaltendickenmessung [49-51]	
Vorteile	<ul style="list-style-type: none">• Rückschlüsse auf die Körperzusammensetzung möglich
Nachteile	<ul style="list-style-type: none">• beeinflusst durch den Hydratationszustand (Ödeme)• hohe Interrater-Variabilität• Fehlerquellen: Adipositas, Ödeme

Umfangsmessung, Waist-to-Hip-Ratio [52-54]	
Vorteile	<ul style="list-style-type: none">• identifiziert abdominelles Fett• Rückschlüsse auf eine ungünstige Fettverteilung als kardiovaskulärer Risikofaktor möglich
Nachteile	<ul style="list-style-type: none">• lediglich Messung des abdominalen Fettes• starke ethnische und geschlechtsspezifische Unterschiede• Mangel an Normwerten• Fehlerquellen: Variabilität in der knöchernen Beckenbreite und der Muskelmasse im Gesäßbereich

BMI: Body-Mass-Index

1.2.5 Apparative Messmethoden

Die primäre Zielsetzung apparativer Messmethoden besteht in der präzisen Bestimmung der Körperzusammensetzung, um eine genaue Schätzung sowohl der Körperfettmasse als auch der fettfreien Körpermasse zu ermöglichen [5]. Diese Methoden sind in der wissenschaftlichen Forschung weit verbreitet und teilweise auch in der klinischen Praxis verfügbar, jedoch sind sie nicht für jede Kohorte gleichermaßen anwendbar. Tabelle 7 präsentiert apparative Verfahren zur Messung der Körperzusammensetzung entsprechend der Kompartiment-Modelle.

Tabelle 7: Apparative Verfahren zur Bestimmung der Körperzusammensetzung [5, 49, 55-62]

Zwei-Kompartiment-Modelle	<ul style="list-style-type: none">• Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA)• Hydrodensitometrie• Luftverdrängungsplethysmographie (ADP)• Isotopenverdünnungstechnik• Magnetresonanztomographie (MRT)
Drei-Kompartiment-Modell	<ul style="list-style-type: none">• Dual Röntgen Absorptiometrie (DXA)
Mehr-Kompartiment-Modelle	<ul style="list-style-type: none">• Neutronenaktivierungsanalyse• Ganzkörperkalium• Quantitative Magnetresonanz
Neue Methoden	<ul style="list-style-type: none">• Dreidimensionale optische Scanner• D3-Kreatin-Verdünnungsmethode• Bioimpedanzspektroskopie

1.2.5.1 Vor- und Nachteile apparativer Methoden

Apparative Verfahren zur Erfassung der Körperzusammensetzung sind im Vergleich zu anthropometrischen Verfahren meist präziser, sie sind jedoch in der Regel mit höheren Kosten und einem erhöhten Erhebungsaufwand verbunden. Tabelle 8 stellt exemplarisch spezifische Vor- und Nachteile häufig verwendeter apparativer Methoden dar. Die Methode der ADP wird in dieser Dissertation detailliert untersucht und hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit bei Kindern kritisch geprüft (*siehe Abschnitt 2.7 und Abschnitt 4.2*).

Tabelle 8: Vor- und Nachteile apparativer Messmethoden der Körperzusammensetzung

ADP [45, 63, 64] (siehe auch Abschnitt 2.7 und Abschnitt 4.2)	
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • breite Anwendbarkeit bei minimal notwendiger Compliance • kurze Messdauer (< 5 Minuten), nichtinvasiv • hohe Re-Test-Reliabilität
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • ungeeignet für bettlägerige Menschen • Bewegungsartefakte
Hydrodensitometrie [49, 55]	
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • exakt, hohe Übereinstimmung mit der ADP • gute Studienlage
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • lange Testdauer, hohe Compliance nötig • ungeeignet für bettlägerige Menschen
BIA [49, 56, 57]	
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • weit verbreitet, kostengünstig • kurze Messdauer, nichtinvasiv
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • für Neugeborene ungeeignet, Bewegungsartefakte • unterschätzt den Körperfettanteil bei Adipositas
Isotopenverdünnung [49, 58]	
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • vielseitige Anwendbarkeit, geringe Invasivität
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • verzögerte Ergebniserhebung • Fehlerquellen: Ödeme, Dehydratation oder Unterernährung
DXA [5, 45, 59, 60]	
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • schnell, nichtinvasiv • regionale Beurteilung der Fettverteilung möglich
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Strahlenbelastung, hohe Compliance nötig • Fehlerquelle: Adipositas
Bildgebung (CT, MRT, Sonographie) [49, 61, 62]	
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • schnell, nichtinvasiv, Strahlenbelastungsfrei (MRT, Sonographie) • regionale Beurteilung der Fettverteilung möglich
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • hohe Compliance nötig, hohe Kosten (MRT) • Strahlenbelastung (CT)

ADP: Air Displacement Plethysmography, BIA: Bioelektrische Impedanzanalyse, DXA: Dual-Röntgen-Absorptiometrie, CT: Computertomographie, MRT: Magnetresonanztomographie

1.3 Einflussfaktoren auf die kindliche Körperzusammensetzung

Die Körperzusammensetzung unterliegt im Kindesalter einer Vielzahl beeinflussbarer und nicht beeinflussbarer Faktoren, unter anderem dem Geschlecht, der körperlichen Aktivität, der Ernährung, dem sozioökonomischen Status und der Schlafdauer [18]. Zusätzliche Faktoren umfassen die ethnische Zugehörigkeit, die Dauer des exklusiven Stillens, genetische Variationen und intrauterine Umweltfaktoren [20-22, 65]. Nachfolgend werden die in dieser Studie analysierten Einflussgrößen detailliert beschrieben.

1.3.1 Stillen

Die Leitlinien der WHO heben diverse Vorteile für das Stillen von Säuglingen hervor [66]. Neben der Förderung einer verbesserten Mutter-Kind-Bindung und dem Schutz des Kindes vor Magen-Darm-Infektionen betonen sie die protektive Wirkung auf die Entwicklung von Adipositas im Kindes- und Jugendalter [66]. Hierzu zitierte die Organisation eine deutsche Studie aus dem Jahr 1999, welche umfassende Datenerhebungen zur kindlichen Stilldauer und dem entsprechenden BMI im Alter von fünf bis sechs Jahren durchführte (n = 9.357) und signifikant niedrigere Prävalenzen von Übergewicht und Adipositas bei gestillten Kindern im Vergleich zu nicht gestillten Kindern aufzeigte [67]. Darüber hinaus manifestierte sich ein Zusammenhang zwischen der Stilldauer und der Adipositasprävalenz, wobei eine längere Stillzeit mit einer geringeren Prävalenz von Übergewicht und Adipositas assoziiert war [67]. Die zugrunde liegende Ursache für den protektiven Effekt des Stillens auf das Auftreten kindlichen Übergewichts könnte möglicherweise auf die biochemische Zusammensetzung der Muttermilch zurückzuführen sein, insbesondere im Hinblick auf ihren Protein- und Energiegehalt [67, 68]. In Bezug auf Säuglinge existieren bereits einige Studien bezüglich der Auswirkungen des Stillens auf den Körperfettanteil (BF%), die den positiven Einfluss des Stillens hinsichtlich einer Reduktion des BF% zeigen konnten [69-71]. Die systematische Erforschung der Auswirkung des Stillens auf die Körperzusammensetzung von Kindern erfolgte bisher lediglich in begrenztem Umfang. Sie ist jedoch essenziell, um die Effekte des Stillens auf den Entwicklungszustand eines Kindes präzise beurteilen zu können.

1.3.2 Gestationsdiabetes mellitus (GDM)

Gestationsdiabetes mellitus (GDM, ICD-10: 024.4G) ist gemäß den Richtlinien der Deutschen Diabetes Gesellschaft in der *AWMF-Leitlinie 057-088* definiert als eine „Glukosetoleranzstörung, die erstmals in der Schwangerschaft mit einem 75-g-oralen-Glukosetoleranztest (oGTT) unter standardisierten Bedingungen und qualitätsgesicherter Glukosemessung aus venösem Plasma diagnostiziert wird“ [72]. Ein „75-g-oGTT“ wird bei Auffälligkeiten im „50-g-Glukose Challenge Test“ (GCT) durchgeführt. Seine diagnostischen Grenzwerte basieren auf den Kriterien der *International Association of Diabetes and Pregnancy Study Groups (IADPSG)* [73]. Die Grenzwerte der IADPSG zur Diagnostik eines GDM werden in der nachfolgenden Tabelle 9 dargestellt:

Tabelle 9: Grenzwerte des 75-g-oGTT im venösen Plasma zur Diagnostik eines GDM - Konsensus Empfehlung der IADPSG [73]

	Grenzwerte 75-g-oGTT	
	[mg/dl]	[mmol/l]
Nüchtern	92	5,1
Nach einer Stunde	180	10,0
Nach zwei Stunden	253	8,5

IADPSG: International Association of Diabetes and Pregnancy Study Groups, GDM: Gestationsdiabetes mellitus, oGTT: oraler Glukosetoleranztest

Die weltweite Prävalenz aller Formen der Hyperglykämie während der Schwangerschaft wurde von der *International Diabetes Federation (IDF)* basierend auf Daten von 58 Studien aus 47 Ländern für das Jahr 2021 auf 16,7 % geschätzt, wovon 80,3 % einem GDM entsprachen [74]. Europa wurde von der IDF im globalen Vergleich mit einer Prävalenz des GDM von 7,8 % als „Niedrigrisikogebiet“ eingestuft [74]. Das *Robert Koch-Institut (RKI)* beobachtete in Deutschland eine kontinuierliche Zunahme der Prävalenz von GDM, welche gemäß der Perinatalstatistik im Jahr 2016 bei 5,4 % und 2018 bei 6,8 % lag [72, 75]. Ein manifester GDM kann verschiedene Auswirkungen auf den kindlichen Metabolismus haben, darunter postnatale Hypoglykämie aufgrund einer vermehrten kindlichen Insulinausschüttung sowie fetale und postnatale Makrosomie [76-78]. Langfristige Folgen eines GDM auf den kindlichen Metabolismus sowie die Relevanz einer optimalen Blutzuckereinstellung werden derzeit intensiv erforscht [79-82].

1.3.3 Elterlicher BMI

Im Kontext der modifizierbaren Einflüsse auf das Risiko von Übergewicht bei Kindern ist auch die Berücksichtigung der elterlichen Körperkonstitution von entscheidender Bedeutung, da Adipositas der Eltern das Risiko von Übergewicht bei ihren Kindern erhöht [4, 83, 84]. Diese Assoziation ist besonders stark ausgeprägt, wenn sowohl die Mutter als auch der Vater von Übergewicht oder Adipositas betroffen sind [27, 84]. Schätzungen legen nahe, dass das Risiko, im Alter von drei bis zehn Jahren übergewichtig zu sein, bei Kindern, deren Eltern beide übergewichtig sind bei über 75 % liegt, während es bei einem betroffenen Elternteil auf 25 % bis 50 % geschätzt wird [27]. Da innerhalb einer Familie in der Regel die Demographie, der sozioökonomische Status, die Familienstruktur und die Gesundheit Ähnlichkeiten aufweisen, ist eine isolierte Betrachtung und insbesondere Interpretation des Einflusses des elterlichen BMI auf den kindlichen Metabolismus allerdings nicht uneingeschränkt möglich [85]. Die WHO bezeichnet die Adipositas daher als ein multifaktorielles Phänomen mit einer zugrundeliegenden genetischen Komponente, welches die Neigung zur Fettakkumulation bei positivem Energiehaushalt moduliert [4]. Zu den genetisch modulierten Faktoren, die zur Gewichtszunahme beitragen, gehören unter anderem die Lipolyse und die Lipoproteinlipase-Aktivität im Fettgewebe, die Stoffwechselrate, die Leptinwirkung sowie die Insulinsensitivität [4]. Bei Säuglingen von übergewichtigen oder adipösen Müttern wurde neben einem erhöhten BMI auch ein reduzierter Energieverbrauch nachgewiesen [83]. In Bezug auf die Körperzusammensetzung wurden ebenfalls Zusammenhänge zwischen einem erhöhten BMI der Eltern und einem gesteigerten Körperfettanteil der Nachkommen im Kindes- und Jugendalter mittels ADP beobachtet, wobei diese Korrelation in verschiedenen Studien bei Müttern stärker ausgeprägt war als bei Vätern [86, 87]. Die Beobachtungen hinsichtlich des Einflusses des mütterlichen Ernährungszustands auf die kindliche Körperzusammensetzung werden durch die DOHaD-Hypothese gestützt. Gemäß dieser Hypothese können epigenetische Einflüsse, beispielsweise solche, die durch die mütterliche Umwelt während der Schwangerschaft vermittelt werden, Auswirkungen auf die fetale DNA und somit den kindlichen Metabolismus haben (*siehe Abschnitt 1.1.4*) [20, 22].

1.3.4 Geburtsgewicht

Die Beurteilung des Geburtsgewichts erfolgt in der Regel anhand des Gewichts bei der Geburt im Verhältnis zum Gestationsalter eines Neugeborenen [88]. Basierend darauf legte die WHO für die Definition eines geringen Geburtsgewichts (*Small for Gestational Age*, SGA) den Grenzwert der 10. populationspezifischen Perzentile und für die Definition eines hohen Geburtsgewichts (*Large for Gestational Age*, LGA) den Grenzwert der 90. Perzentile fest [88]. Bei Reifgeburtlichkeit oder unbekanntem Gestationsalter entsprechen diese in der Regel den in der nachfolgenden Tabelle 10 aufgeführten Grenzwerten.

Tabelle 10: Grenzwerte zur Beurteilung des Geburtsgewichts bei Reifgeburtlichkeit [88, 89]

Bezeichnung	Geburtsgewicht
Small for Gestational Age (SGA)	< 2500 g
Large for Gestational Age (LGA)	> 4000 g

Eine Abweichung des Geburtsgewichts von den Normwerten wird mit verschiedenen metabolischen Konsequenzen im Entwicklungsverlauf in Verbindung gebracht, die sowohl durch intrauterine als auch durch postnatal wirkende Faktoren bedingt sind [88, 89]. Forschungsergebnisse deuten beispielsweise darauf hin, dass ein erhöhtes Geburtsgewicht möglicherweise mit Übergewicht im Kindes- und Jugendalter assoziiert ist [17, 89-91]. Das Geburtsgewicht wurde als potenzieller Einflussfaktor auf die spätere Körperzusammensetzung von Kindern und Jugendlichen in der gegenwärtigen wissenschaftlichen Forschung bisher wenig erforscht, unter anderem, da die Beziehung zwischen dem Geburtsgewicht und dem späteren BF% weiteren Faktoren im Verlauf der kindlichen Entwicklung unterliegt. Aktuelle Studien liefern inkonsistente Ergebnisse zum Einfluss des Geburtsgewichts auf den Körperfettanteil bei Kindern oder Jugendlichen [92-94] und deuten somit auf den Bedarf weiterer Untersuchungen hin, die die komplexe Interaktion zwischen dem Geburtsgewicht und dem Körperfettanteil im Entwicklungsverlauf untersuchen.

1.3.5 Geschlecht

Das biologische Geschlecht bildet einen relevanten Einflussfaktor hinsichtlich multipler medizinischer Phänomene und Krankheitsbilder [95]. Es moduliert unter anderem das Risiko des Auftretens verschiedener Erkrankungen sowie dem individuellen Ansprechen auf Behandlungsalgorithmen, wodurch es einen substanziellen Aspekt der personalisierten Medizin darstellt [95]. Auch in Bezug auf die Körperzusammensetzung stellt die Annahme, dass das Geschlecht eine bedeutende Determinante bildet, einen medizinischen Forschungsschwerpunkt dar. Die Ursache für Unterschiede der Körperzusammensetzung zwischen den Geschlechtern sind multifaktoriell und resultieren aus einer komplexen Interaktion biologischer, soziokultureller und gesellschaftlicher Faktoren [96, 97]. Dies schließt Variationen im Aktivitätsniveau, Ernährungsgewohnheiten, psychosoziale Faktoren sowie biologische Faktoren hinsichtlich der Geschlechtshormone und Differenzen in der Genexpression ein [96, 97]. Detaillierte Untersuchungen der geschlechtsspezifischen Merkmale sind unerlässlich, um ein umfassendes Verständnis für die Geschlechterunterschiede hinsichtlich der Körperzusammensetzung und dem damit einhergehenden Risiko für das Auftreten von Übergewicht und assoziierten Erkrankungen zu erlangen.

1.4 Forschungsfragen

- Welche Ergebnisse liefern die Erhebungen der Körperzusammensetzung mittels ADP bei den sechs- bis siebenjährigen gesunden Kindern unserer Studienkohorte und wie unterscheiden sich diese geschlechtsspezifisch?
- Besteht in der Studienkohorte eine Assoziation zwischen der Höhe des Körperfettanteils im Neugeborenenalter und der Höhe des Körperfettanteils im Kindesalter mit sechs bis sieben Lebensjahren?
- Liegt in der Studienkohorte eine positive Korrelation zwischen dem BMI und dem BF% mittels ADP vor und besteht eine positive Korrelation zwischen dem BF% anhand von Hautfaltendicken und dem BF% mittels ADP?
- Inwiefern beeinflussen die Variablen „Stillen“, „Vorhandensein eines mütterlichen GDM“, „elterlicher BMI“, „Geburtsgewicht“ und „Geschlecht“ die kindliche Körperzusammensetzung in der Studienkohorte?

2 Methoden

2.1 Ethik und Registrierung

Am 01.03.2021 wurde der Ethikantrag mit dem Titel „Körperzusammensetzung bei Kindern mittels Air Displacement Plethysmography. Erstellung von Referenzwerten im Alter von 6 – 7 Jahren – als Abschnitt einer geplanten longitudinalen Kohortenuntersuchung“ bei der zuständigen Ethikkommission eingereicht. Am 23.04.2021 wurde seitens der Ethikkommission das Votum erteilt, welches die Durchführung der Studie mit der Projektnummer 161/2021BO1 (*siehe Anhang*) genehmigte. Die Studie wurde zudem am 14.06.2021 im „Deutschen Register Klinischer Studien“ unter der Nummer DRKS00025418 registriert.

2.2 Studiendesign und Zielparameter

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine prospektive Kohortenstudie, deren Datenerhebungen im Zeitraum vom 21.05.2021 bis zum 13.11.2021 stattfanden. Die vorbereitenden Arbeitsschritte für die Studienmessungen sowie die anschließende Datenerhebung wurden von mir in Zusammenarbeit mit Frau Helen Deutsch, Doktorandin, unter der Betreuung von Frau PD Dr. Cornelia Wiechers, stellvertretende ärztliche Direktorin der neonatologischen Abteilung des Universitätsklinikums Tübingen, und Frau PD Dr. Mirja Quante, Oberärztin und Bereichsleiterin der Kinderschlafmedizin des Universitätsklinikums Tübingen, durchgeführt. Die Vorbereitung umfasste die Entwicklung und Erstellung des Elternfragebogens, die Ausarbeitung des Aufklärungsschreibens für Eltern und Kinder sowie die Kommunikation mit den Familien. Die Aufklärung der Familien, die Durchführung der Körperzusammensetzungsmessung und der anthropometrischen Messungen von Größe, Gewicht und Hautfaldendicken, die Einweisung in den Aktimeter und seine Bereitstellung sowie die Datenpflege und die Auswertung der Elternfragebögen erfolgten ebenfalls durch Frau Deutsch und mich. Anschließend wurden die erfassten Messparameter gemäß den spezifischen Fragestellungen und Schwerpunkten separat analysiert.

Die Auswahl der Kinder für die vorliegende Studie erfolgte aus einer Kohorte von Kindern, die zwischen Juni 2014 und Juli 2015 an einer der zwei folgenden Studien der Universitätsklinik Tübingen für Kinder- und Jugendmedizin teilgenommen hatten:

- „Untersuchungen zum Körperfettanteil bei gesunden, reifen Neugeborenen“ (Projektnummer 552/2014BO1)
- „Untersuchung zur fetalen Programmierung bei Neugeborenen von Müttern mit Schwangerschaftsdiabetes bzw. von Müttern mit überdurchschnittlicher Gewichtszunahme in der Schwangerschaft oder vorbestehendem Übergewicht sowie bei Neugeborenen mit gesunden Müttern“ (Projektnummer 034/2014BO1)

Die Zielparameter der im Rahmen der Studienmessungen durchgeführten Untersuchungen beinhalteten das Körpergewicht (Body Mass, BM), die Körperfettmasse (Fat Mass, FM), die fettfreie Körpermasse (Fat Free Mass, FFM), den Körperfettanteil (Body Fat Percentage, BF%), den Anteil fettfreier Körpermasse an der Gesamtkörpermasse (Fat Free Mass Percentage, FFM%) sowie die Hautfaldendicken am Trizeps, unterhalb der Skapula und am Abdomen, den Blutdruck, die Körpergröße und den Kopfumfang.

2.3 Rekrutierung und Studienpopulation

2.3.1 Rekrutierung

Die Familien wurden zunächst telefonisch über die bevorstehende Studie informiert und über die Möglichkeit einer potenziellen Studienteilnahme aufgeklärt. Anschließend erhielten interessierte Familien detailliertes schriftliches Informationsmaterial, welches den Ablauf der Studie sowie deren Inhalte und Ziele ausführlich erläuterte. Nachdem die Familien die Materialien erhalten hatten, wurden sie erneut telefonisch kontaktiert, um eine Terminvereinbarung zu ermöglichen.

2.3.2 Studienpopulation

2.3.2.1 Einschlusskriterien

In die Geburtskohortenstudie zur Erhebung von Referenzwerten bei Neugeborenen wurden Kinder eingeschlossen, die als eutrophe Einlingsneugeborene nach der vollendeten 36. Schwangerschaftswoche (SSW) zwischen dem 15. Juni 2014 und dem 13. Juli 2015 in der Frauenklinik des Universitätsklinikums Tübingen geboren wurden. Teilnahmeberechtigt für die Studie waren ausschließlich Kinder mit deutscher Staatsbürgerschaft und Wohnsitz in Deutschland. Als Voraussetzung für die Studienteilnahme galt außerdem das schriftliche Einverständnis der Erziehungsberechtigten („*Einverständniserklärung zur Studienteilnahme*“, siehe *Anhang*).

2.3.2.2 Ausschlusskriterien

In die Geburtskohortenstudie zur Erhebung von Referenzwerten bei Neugeborenen wurden bestimmte, im Studienzeitraum geborene Kinder, nicht einbezogen. Dazu gehörten neben Mehrlingen und Frühgeborenen auch Neugeborene mit syndromalen Erkrankungen und schweren kongenitalen Anomalien wie angeborenen Herzfehlern oder Zwerchfellhernien. Ebenso wurden Kinder mit schwerwiegenden Erkrankungen wie einer schweren perinatalen Azidose oder einem Mekoniumaspirationssyndrom ausgeschlossen. Des Weiteren wurden Kinder, deren Erziehungsberechtigte keine schriftliche Einwilligung zur Studienteilnahme gaben, nicht berücksichtigt. Die detaillierte Darstellung der Studienpopulation erfolgt in *Abschnitt 3.1*.

2.4 Studienablauf

Im Anschluss an die initiale telefonische und schriftliche Studienaufklärung wurde mit den Familien ein Termin zur Studienteilnahme vereinbart und sie erhielten postalisch einen ausführlichen Fragebogen.

Beim Eintreffen der Familien in der Klinik erfolgte zunächst gemäß des Hygieneplans ein Antigen-Schnelltest auf COVID-19. Nachdem ein negatives Testergebnis vorlag, wurden offene Fragen der Teilnehmenden und ihrer Begleitpersonen besprochen und der Messablauf wurde eingehend erläutert.

Darauffolgend wurden zunächst die kindliche Körpergröße und der Kopfumfang gemessen, während das BodPod®-System einer Kalibrierung unterzogen wurde. Nachfolgend erfolgte die Messung der Körperzusammensetzung mittels des BodPod®. Nach Abschluss der Messung wurden der Blutdruck der Probandinnen und Probanden bestimmt und die Hautfaltendicken an definierten Hautstellen am Trizeps, unterhalb der Skapula und am Abdomen gemessen. Abschließend erhielten die Kinder einen Aktimeter, welchen sie über den Zeitraum von einer Woche durchgehend trugen, um ihre Schlaf- und Bewegungsmuster zu erfassen.

2.5 Eingesetzte Messinstrumente

2.5.1 Fragebogen

In dieser Studie wurde ein Fragebogen (*siehe Anhang*) eingesetzt, der einerseits dazu diente, demographische Informationen bezüglich der Kinder sowie ihrer Eltern zu erfassen und zusätzlich verschiedene Parameter zu untersuchen, die potenzielle Auswirkungen auf die Entwicklung der Körperzusammensetzung haben könnten. Die Schwerpunkte konzentrierten sich insbesondere auf das Vorhandensein eines mütterlichen GDM, das kindliche Schlafverhalten und die körperliche Aktivität sowie die Ernährung. Im Hinblick auf die kindliche Ernährung wurde besondere Aufmerksamkeit auf die Nahrungsaufnahme der Kinder in den ersten Lebensmonaten gelegt, insbesondere auf die Dauer des exklusiven Stillens durch die Mütter.

2.5.2 BodPod® zur Messung der Körperzusammensetzung

Die Erfassung des kindlichen Körpergewichts sowie die Bestimmung der kindlichen Körperzusammensetzung erfolgte mittels BodPod® unter Verwendung der Methode der Air Displacement Plethysmography (siehe Abschnitt 2.6.4 für detaillierte Informationen zur Messdurchführung und Abschnitt 2.7 für eine umfassende Darlegung der Funktionsweise des BodPod®).

2.5.3 Zusätzliche Messinstrumente

Zur Erfassung kindlicher Messparameter dienten verschiedene weitere Instrumente. Dazu gehörten eine Messlatte zur präzisen, barfußigen Körperlängenmessung sowie ein flexibles Maßband zur Kopfumfangsmessung an der breitesten Stelle des Kopfes. Des Weiteren wurden ein automatisches Blutdruckmessgerät, eine Körperfettzange und ein Aktimeter verwendet (siehe Abschnitt 2.6). Tabelle 11 gibt eine Übersicht über die verwendeten Messinstrumente.

Tabelle 11: Verwendete Messinstrumente inklusive Gerätename, Firma und Hauptsitz

Messinstrument	Gerätename	Firma	Hauptsitz
Blutdruckmessgerät	boso medicus prestige®	BOSCH + SOHN GmbH & Co. KG	Jungingen, Deutschland
Körperfettzange	Harpenden Caliper®	Holtain Limited	Crymych, Wales
Aktimeter	ActiGraph wGT3X-BT®	ActiGraph	Pensacola, USA

2.6 Datenerhebung

2.6.1 Messung des Blutdrucks

Die Blutdruckmessungen erfolgten vollautomatisch unter standardisierten Bedingungen. Sie wurden bei aufrecht sitzenden Kindern mit entkleidetem Oberarm auf Herzhöhe durchgeführt, wobei die Größe der Blutdruckmanschette entsprechend dem Alter des Kindes und dem Umfang des Oberarms ausgewählt wurde.

2.6.2 Messung der Hautfaltendicken

Die Messung der Hautfaltendicken erfolgte mittels einer Körperfettzange an entkleideter Haut an zuvor definierten anatomischen Messpunkten. Um repräsentative Ergebnisse für die Abschätzung des BF% anhand von Hautfaltendicken erzielen zu können, empfahlen Lohman, T. G. et al., definierte Referenzpunkte für die Messungen zu verwenden. Diese vorgeschlagenen Referenzpunkte umfassen die Trizepshautfalte, die Bauchhautfalte und die subskapuläre Hautfalte [46]. Die Hautfalten aus Haut und subkutanem Fettgewebe wurden durch die Studienleiterin von der Muskelfaszie abgehoben. Durch die Ausübung einer definierten und konstanten Kraft von 10 g/mm^2 auf eine Kontaktfläche von $20 - 40 \text{ mm}^2$ wurde eine standardisierte Messung ermöglicht [49]. Ein Mittelwert der dreimaligen Messung der entsprechenden Hautfaltendicke wurde gebildet und protokolliert.

2.6.3 Messung von Schlaf- und Bewegungsmustern

Mit dem Ziel der Erfassung von Schlafmustern und Bewegungsprofilen der Kinder wurde ihnen ein Aktigraph ausgehändigt, welchen sie über den Zeitraum von einer Woche durchgehend trugen. Die Ergebnisse der Aktigraphie werden in einer separaten Dissertation analysiert.

2.6.4 Durchführung der Messung mit dem BodPod®

2.6.4.1 Vorbereitung der Kinder

Um mögliche Verzerrungen in der Volumenmessung des Körpers durch die Oberflächenbeschaffenheit von Kleidung und Haaren zu minimieren, wurde spezielle Kleidung nach Herstellerangaben verwendet. Die Probandinnen und Probanden wurden instruiert, eng am Körper anliegende Badekleidung zu tragen. Dabei wurden die Haare durch eine Mütze am Kopf komprimiert.

2.6.4.2 Präparation und Kalibrierung des BodPod®

Vor jeder Messsequenz erfolgte eine automatische Kalibrierung der Waage mittels Gewichtseinheiten sowie eine Kalibrierung der Testkammer unter Verwendung eines 50-Liter-Referenzzylinders. Im System wurden kindliche Informationen, einschließlich des Namens, der Körpergröße und des Geburtsdatums, erfasst. Die Einstellungen „Lohmann“ und „Predicted“ wurden am System ausgewählt, um einen Alterskorrekturfaktor zu integrieren und das thorakale Gasvolumen vorherzusagen [45].

2.6.4.3 Messung des Körpergewichts

Im Anschluss an die Kalibrierung wurde das Körpergewicht des bis auf die Badekleidung entkleideten Kindes mithilfe einer hochpräzisen und grammgenauen elektronischen Waage gemessen. Dieser initiiierende Schritt der Testsequenz dauerte nur wenige Sekunden. Der ermittelte Wert wurde automatisch gespeichert und in den folgenden Berechnungen berücksichtigt.

2.6.4.4 Messung des Körpervolumens

Die Messung des Körpervolumens in der Testkammer wurde unmittelbar nach der Erhebung des Körpergewichts durchgeführt. Nach Einwilligung des Kindes begann die etwa einminütige Messung in der verschlossenen Testkammer, wobei darauf geachtet wurde, dass das Kind ruhig atmete und sich nicht bewegte. Im Anschluss an die erste Messung erfolgte eine zweite Messung unter identischen Bedingungen.

Während der gesamten Untersuchung wurden die Probandinnen und Probanden durch eine Glasscheibe an der Zugangstür des BodPod® beobachtet. Den Eltern wurde die Möglichkeit geboten, während des gesamten Messvorgangs anwesend zu sein. Nach Abschluss der Volumenanalyse wurde das Kind aufgefordert, die Testkammer zu verlassen, woraufhin das Ergebnis angezeigt und ausgedruckt wurde. Abbildung 3 illustriert den Ablauf einer Messsequenz und zeigt exemplarisch den Testdurchlauf eines Kindes bei der Erhebung des Körpergewichts (links), in der Testkammer vor der Messung (Mitte) und während des Messvorganges (rechts) im BodPod®.



Abbildung 3: Kind während eines Testdurchlaufs bei der Erhebung des Körpergewichts (links), in der Testkammer vor der Messung (Mitte) und während des Messvorganges (rechts) im BodPod® (Universitätsklinikum für Kinder- und Jugendmedizin, Tübingen)

2.7 Technische und physikalische Grundlagen der BodPod®-Messung

Die Ermittlung der Körperzusammensetzung der Kinder in der Studienkohorte erfolgte unter Verwendung der ADP. Die Software des BodPod® ermöglicht zunächst eine indirekte Berechnung des Körpervolumens anhand der Druck-Volumen-Beziehung, indem das Luftvolumen, das nach Verdrängung durch den menschlichen Körper in der Testkammer verbleibt, vom ursprünglichen Luftvolumen der leeren Kammer subtrahiert wird [98]. Die Bestimmung des verdrängten Luftvolumens erfolgt durch Messung des Drucks auf die volumenstabilisierende Membran der Kammer. Basierend auf dem Körpervolumen und der Körpermasse wird die Körperdichte errechnet, welche dann zur Schätzung der BF% und der FFM% verwendet wird [63].

2.7.1 Systemkomponenten und Aufbau des BodPod®

Der BodPod® besteht aus einer vorderen Messkammer mit Fenster und einer hinteren Referenzkammer, welche durch einen Glasfasersitz voneinander getrennt werden. Die Messkammer kann mittels einer Tür geöffnet und verschlossen werden, wobei fünf Elektromagneten einen luftdichten Verschluss gewährleisten. Zwischen der Mess- und der Referenzkammer befindet sich neben dem Sitz eine volumenstabilisierende Membran, welche für die Volumenmessung und damit die Dichtebestimmung des kindlichen Körpers relevant ist. Das System umfasst zudem eine elektronische Waage zur Messung der Körpermasse, die direkt mit der Software des BodPod® verbunden ist. Abbildung 4 stellt den Aufbau und die Systemkomponenten des BodPod® schematisch dar.

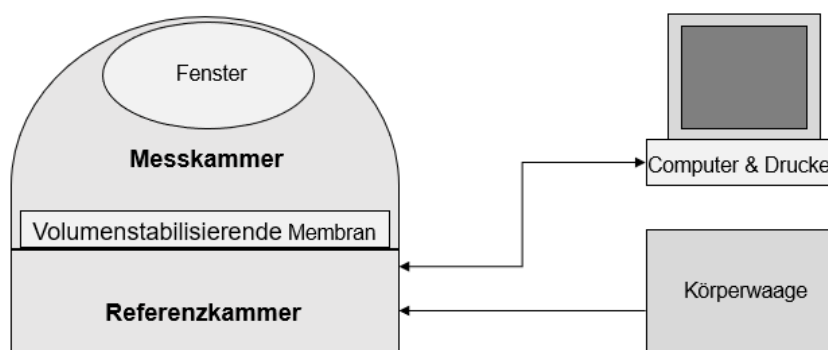


Abbildung 4: Aufbau und Systemkomponenten des BodPod®

2.7.2 Physikalische Grundlagen zur Bestimmung der Körperzusammensetzung mittels BodPod®

Die Inhalte dieses Abschnitts, einschließlich der Formeln zur Herleitung und Berechnung einzelner Parameter, wurden sinngemäß dem Benutzerhandbuch (Version 2019) der Firma COSMED für den BodPod® entnommen [99].

Zur Ermittlung der BF% und der FFM% wird das Prinzip der Ganzkörperdensitometrie verwendet, bei dem die Körperdichte (D_B) zur Berechnung der Körperzusammensetzung herangezogen wird. Die Körperdichte berechnet sich aus der Körpermasse (BM) und dem Körpervolumen (BV) anhand folgender Formel:

- $$D_B = \frac{BM}{BV}$$

Die Bestimmung der Körperzusammensetzung mittels Densitometrie basiert auf der Annahme eines Zwei-Kompartiment-Modelles, bestehend aus einem Fettkompartiment und einem Kompartiment fettfreier Masse, welches sich wiederum aus Proteinen, Wasser und Mineralien zusammensetzt (siehe Abschnitt 1.2.2). Das Zwei-Kompartiment-Modell wird durch folgende Formel definiert, wobei FM die Fettmasse, D_{FM} die Dichte der Fettmasse, FFM die fettfreie Masse („Fat Free Mass“) und D_{FFM} die Dichte der fettfreien Masse darstellen:

- $$\frac{1}{D_B} = \frac{FM}{D_{FM}} + \frac{FFM}{D_{FFM}}$$

Durch Umstellung der Gleichung ergeben sich folgende Formeln zur Berechnung des prozentualen Körperfettanteils ($BF\%$), zum Anteil der fettfreien Körpermasse ($FFM\%$), zur Fettmasse (FM) und zur fettfreien Körpermasse (FFM):

- $$BF\% = \left(\frac{D_{FM} * D_{FFM}}{D_B (D_{FFM} - D_{FM})} - \frac{D_{FM}}{D_{FFM} - D_{FM}} \right) * 100 \%$$

- $$FFM\% = 100 - BF\%$$

- $$FM = \frac{BF\% * BM}{100 \%$$

- $$LBM = BM - FM$$

Die Methode der Air Displacement Plethysmography basiert auf der Annahme einer konstanten mittleren Dichte von FM und FFM , welche jedoch erst im Erwachsenenalter besteht. Aufgrund der sich ändernden Zusammensetzung der FFM bis zur Adoleszenz käme es bei Annahme einer Konstanz zur Überschätzung des $BF\%$ [40]. Daher erfolgt die Berechnung der Körperdichte eines Kindes unter siebzehn Jahren auf Grundlage der „Lohmann-Formel“, welche den erhöhten Anteil an Körperwasser bei Kindern berücksichtigt [45, 100].

2.7.3 Software

Das dem BodPod® zugehörige Computersystem verfügte über die vorinstallierte Software „*BodPod® Body Composition Tracking System Software*“. Diese Software ermöglichte die Durchführung präziser Messungen und die anschließende detaillierte Berechnung der Ergebnisse hinsichtlich der Körperzusammensetzung.

2.7.4 Sicherheit des Kindes im BodPod®

Zur Gewährleistung der Sicherheit der Kinder im BodPod® erfolgte zunächst eine ausführliche Aufklärung der Familien über den Messablauf mithilfe von Bildmaterialien. Die Kinder wurden während der Messung kontinuierlich durch das Fenster in der Tür des BodPod® beobachtet. Die Testleiterin hatte die Möglichkeit, die Messung zu jedem Zeitpunkt über den Menüpunkt „Abbrechen“ auf der Bildschirmoberfläche zu stoppen. Die Kinder wurden über die Möglichkeit informiert, sich bei Angst oder anderen Problemen melden zu können oder den Notschalter des Geräts an der Sitzfläche des BodPod® zu betätigen zu dürfen.

2.8 Weitere Berechnungen

2.8.1 Berechnung des BMI

Der *BMI* stellt eine mathematische Formel dar, welche das Körpergewicht in Relation zur Körpergröße bestimmt. Er wird durch das Dividieren des *Körpergewichts* (*kg*) durch die quadrierte *Körpergröße* (*m*) berechnet.

- $$BMI = \frac{\text{Körpergewicht (kg)}}{\text{Körpergröße (m)}^2}$$

2.8.2 Berechnung des BF% anhand von Hautfaldendicken

Anhand der Messung von Hautfaldendicken lässt sich mit Hilfe von Formeln der BF% eines Menschen berechnen. Da existierende anthropometrische Gleichungen zur Berechnung des BF% anhand von Hautfaldendicken die kindliche Körperdichte tendenziell unterschätzen und ihren Körperfettanteil infolgedessen überschätzen, beziehen die von Slaughter, M. H. et al. empfohlenen Formeln die präpubertär chemische Unreife der Kinder mit ein [101]. Der BF% anhand von Hautfaldendicken berechnet sich demnach anhand folgender Formeln [101].

HFt = Trizepshautfalte (mm), *HF_s* = Subskapularishautfalte (mm)

- Präpubertäre kaukasische Jungen:
 - $BF\% = 1,21 * (HFt + HF_s) - 0,008 * (HFt + HF_s)^2 - 1,7$
- Präpubertäre kaukasische Mädchen:
 - $BF\% = 1,33 * (HFt + HF_s) - 0,013 * (HFt + HF_s)^2 - 2,5$

Sofern die Summe der beiden Hautfalten 35 mm überschreitet, werden die nachfolgenden Formeln zur Berechnung des BF% empfohlen [101]:

- Jungen:
 - $BF\% = 0,783 * (HFt + HF_s) + 1,6$
- Mädchen:
 - $BF\% = 0,546 * (HFt + HF_s) + 9,7$

2.8.3 Berechnung der Standardabweichung (Gewicht, Länge, BMI)

Um die statistische Validität zu optimieren und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit Referenzpopulationen zu erhöhen, wurden *Standard Deviation Scores (SDS)* sowie *Z-Scores* von den Parametern „Körpergewicht“, „Körpergröße“ und „BMI“ bestimmt [88]. Diese Umwandlung ermöglicht eine Normalverteilung der Daten und erleichtert somit die Berechnung von Mittelwerten und Standardabweichungen für eine Gruppe von SDS- bzw. Z-Scores bei populationsbasierten Erhebungen [88]. Die Berechnung der SDS basiert auf Daten der „British 1990 Growth Reference“, anhand derer mithilfe der „LMS-Methode“ und der Methode der „Maximum penalized likelihood“ Messwerte in normalverteilte SDS umgewandelt werden können [102]. Sie werden gebildet, indem die kindlichen Maße mit dem Medianwert für das entsprechende Alter und Geschlecht verglichen und das Ergebnis durch die Standardabweichung geteilt wird [102]. Für die Berechnung der SDS wurde die „*LMSgrowth Software*“ verwendet, welche die Umrechnung anthropometrischer Messungen in Standardabweichungswerte ermöglicht [103]. Die Berechnung der Z-Scores basiert auf den von der WHO angegebenen Normalwerten für das jeweilige Alter, basierend auf einer umfangreichen Referenzpopulation [104]. Z-Scores beschreiben die Abweichung eines Wertes für eine Person vom Medianwert der Referenzpopulation, dividiert durch die Standardabweichung für die Referenzpopulation [88]. Zur Berechnung wurde das Programm „*Perccalc*®“ (Paedsoft, Tübingen, Deutschland) verwendet.

2.9 Statistische Auswertung und Datensicherung

Die erfassten Messdaten sowie die Ergebnisse der Fragebogenerhebung wurden mithilfe der Software „Microsoft® Excel® für Microsoft 365“ gesichert und verwaltet und mit der Analyse- und Statistiksoftware „IBM SPSS Statistics“ ausgewertet. In der folgenden Tabelle 12 werden die verwendeten statistischen Methoden und ihr Anwendungsgebiet beschrieben.

Tabelle 12: Statistische Methoden und deren Anwendungsgebiet

Anwendungsgebiet	Statistische Methoden
Test auf Normalverteilung	<ul style="list-style-type: none"> • Kolmogorov-Smirnov-Test • Shapiro-Wilk-Test • Histogramm mit Normalverteilungskurve
Ausreißeranalyse	<ul style="list-style-type: none"> • Obere Ausreißer: $P75 + 1,5 \cdot IQR$ • Untere Ausreißer: $P25 - 1,5 \cdot IQR$
Deskriptive Statistik	<ul style="list-style-type: none"> • Median, Quartile, Minimum, Maximum, Perzentile
Graphiken / Graphische Tests	<ul style="list-style-type: none"> • Boxplots • Säulendiagramme • Punktdiagramme • Liniendiagramme • Kreisdiagramme • Bland-Altman-Plot
Prüfung von Gruppenunterschieden	<ul style="list-style-type: none"> • Kruskal-Wallis-Test • Wilcoxon-Test • Mann-Whitney-U-Test
Prüfung von Zusammenhängen	<ul style="list-style-type: none"> • Korrelationsanalyse nach Spearman

IQR: Interquartile Range / Interquartilsabstand

2.9.1 Analyse von Ausreißern

Die Identifikation von Ausreißern in den erhobenen Messwerten erfolgte zunächst graphisch anhand von Boxplots. Zusätzlich erfolgte eine rechnerische Detektion von Ausreißern der BodPod®-Messungen (*BF%* und *FFM%*) mithilfe der nachfolgenden mathematischen Formeln:

- *obere Ausreißer* = $3. \text{ Quartil} + 1,5 * \text{IQR}$
- *untere Ausreißer* = $1. \text{ Quartil} - 1,5 * \text{IQR}$

Die graphisch oder rechnerisch identifizierten Ausreißer wurden hinsichtlich ihrer Plausibilität überprüft. Entsprechende Kinder mit einem erhöhten *BF%* bzw. einem verminderten *FFM%* zeigten klinisch Übereinstimmung mit übergewichtigen Kindern, die sich im oberen Bereich der Größen- bzw. Gewichtsperzentilen befanden und einen BMI über der 90. Perzentile aufwiesen. Sie wurden daher nicht aus den weiteren Analysen ausgeschlossen. Die Messwerte eines einzelnen Kindes, welches sich während der BodPod®-Messung stark bewegte, ergaben unplausibel niedrige Ergebnisse (*BF%* = 1,9 % bei kräftiger Statur) und wurden daher als Fehlmessungen interpretiert und aus der statistischen Auswertung ausgeschlossen. Die anthropometrischen Messwerte (Größe, Gewicht, Kopfumfang, Hautfaldendicken) wurden jeweils unmittelbar bei der Messung mit dem kindlichen Erscheinungsbild verglichen und die Interrater-Reliabilität durch Anwendung des Vier-Augen-Prinzips verbessert.

2.9.2 Normalverteilung

Die Daten wurden sowohl graphisch als auch mithilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests sowie des Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung geprüft. Da bei dem überwiegenden Teil der erhobenen Daten keine Normalverteilung vorlag, wurde diese für die statistischen Tests nicht angenommen.

2.9.3 Signifikanz

Die Einstufung für statistische Signifikanz wurde in dieser Promotionsarbeit folgendermaßen definiert:

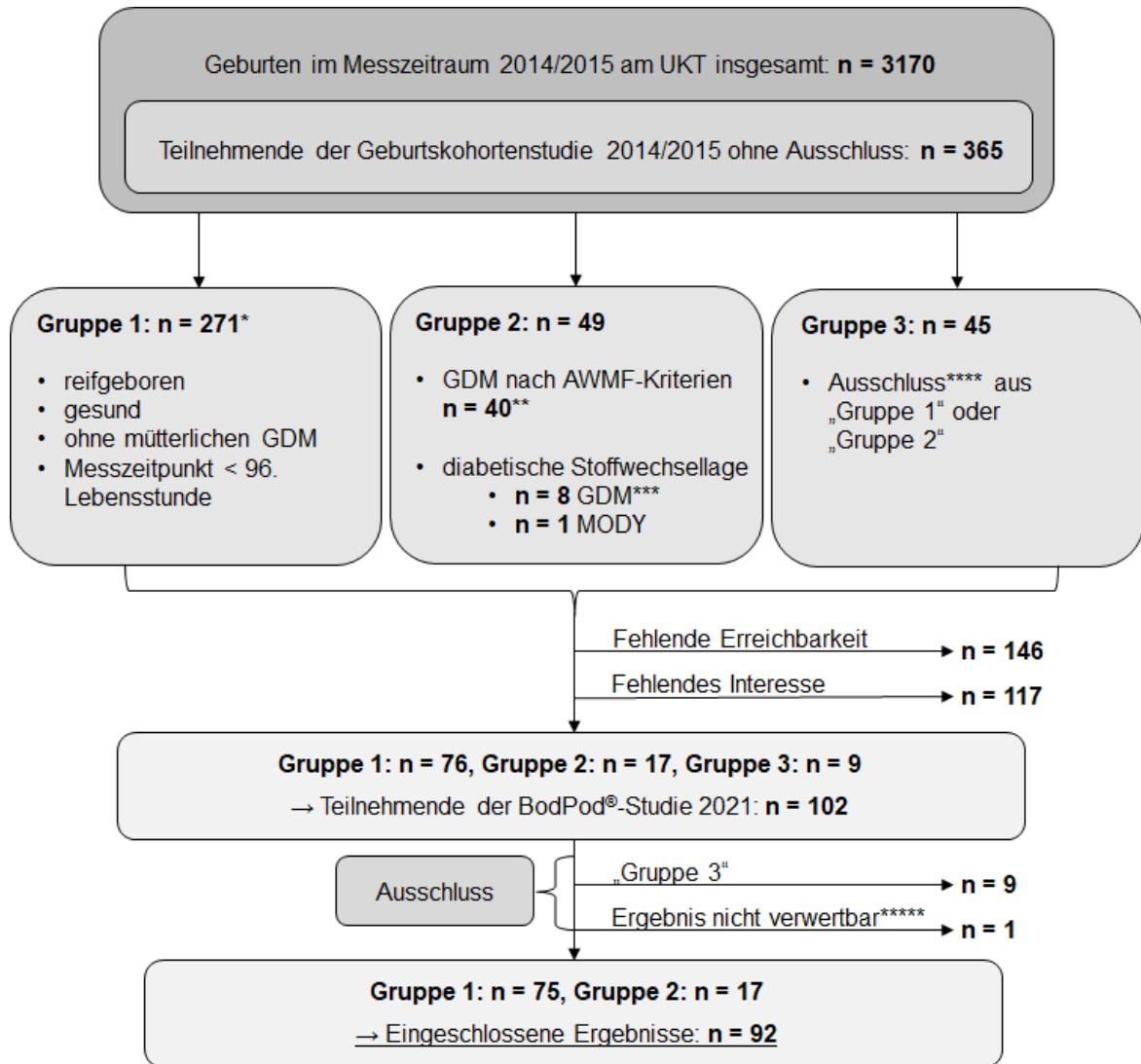
- keine Signifikanz für $p\text{-Werte} > 0,05$
- Signifikanz für $p\text{-Werte} \leq 0,05$

3 Ergebnisse

Kapitel 3 präsentiert die Resultate der Studienmessungen sowie relevante Parameter des erhobenen Fragebogens. Es wird ein Bezug zu den Messergebnissen der Kinder aus der Studienkohorte im Neugeborenenalter (im Folgenden „Neugeborenenkohorte“) hergestellt, um den Verlauf der Körperzusammensetzung darzustellen. Darüber hinaus erfolgt ein Vergleich zwischen dem BF% gemessen mittels ADP und dem BMI sowie dem BF% anhand von Hautfaltendicken als Alternativmethoden zur Beurteilung des Entwicklungs- und Ernährungszustandes. Potenzielle Einflussfaktoren auf den BF% werden zudem mittels statistischer Analysen untersucht. Die Ergebnisse enthalten neben dem Median (M) zusätzlich Angaben zum ersten und dritten Quartil (Q1 – Q3).

3.1 Deskription der Studienkohorte

Im Rahmen der Geburtskohortenstudie wurden zwischen 2014 und 2015 Messungen an 365 Neugeborenen durchgeführt. Die Probandinnen und Probanden wurden anhand verschiedener Kriterien in drei Gruppen eingeteilt. „Gruppe 1“ umfasste reife Einlingsneugeborene ohne diabetische Stoffwechsellage der Mütter (n = 271) [105]. In „Gruppe 2“ wurden Kinder von Müttern mit diagnostiziertem GDM nach AWMF-Kriterien oder Kinder von Müttern mit diabetischer Stoffwechsellage eingeschlossen (n = 49) [106]. „Gruppe 3“ setzte sich aus denjenigen Kindern zusammen, die aus „Gruppe 1“ und „Gruppe 2“ ausgeschlossen wurden (n = 45). Ausschlussgründe umfassten die folgenden Kriterien: „zusätzliches Utensil in der Messkammer“, „Messung abgebrochen“, „Gestationsalter vor der vollendeten 37. SSW“, „Mehrlinge“ und „Lebensalter zum Messzeitpunkt über 96 Stunden“. Aus den drei Gruppen wurden 102 Kinder im Alter von sechs bis sieben Lebensjahren für eine erneute Studienteilnahme, inklusive der Messungen und der Bearbeitung des Fragebogens, rekrutiert. Die Ergebnisse aus „Gruppe 3“ wurden aufgrund nicht erfüllter relevanter Kriterien, wie beispielsweise der Reifgeburtlichkeit, nachträglich aus der Studienkohorte ausgeschlossen (n = 9). Zusätzlich führte ein Messergebnis zum Studienausschluss, da es durch körperliche Bewegung des Kindes im BodPod® nicht verwertbar war (n = 1). Insgesamt ergaben sich 92 gültige Messergebnisse. Die Zusammensetzung der Kohorte zeigt Abbildung 5.



GDM: Gestationsdiabetes mellitus, MODY: Maturity Onset Diabetes of the Young, AWMF: Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V.

* vgl. Wiechers, C. et al. [105]

** vgl. Wiechers, C. et al. [106]

*** gynäkologische Diagnosestellung GDM ohne gemäß AWMF-Leitlinie [72] durchgeführten 75-g-oGTT bzw. ohne pathologisches Ergebnis desselben oder mit MODY

**** Ausschlussgründe: „zusätzliches Utensil in der Messkammer“, „Messung abgebrochen“, „Gestationsalter vor der vollendeten 37. Schwangerschaftswoche“, „Mehrlinge“, „Alter zum Messzeitpunkt > 96h“

***** nicht verwertbar wegen starker Bewegung im BodPod® mit unrealistischem Ergebnis (siehe 2.9.1)

Abbildung 5: Studienkohorte

3.1.1 Repräsentativität der Studienkohorte

Die Geburtskohortenstudie, welche die Grundlage der Studienkohorte darstellte, umfasste ohne Ausschluss 365 Kinder. Aus dieser Kohorte konnten in der Folgestudie bei 92 Kindern im Alter von sechs bis sieben Lebensjahren gültige Messergebnisse erzielt werden (*Details siehe Abschnitt 3.1*). Um die Repräsentativität der Studienkohorte für die Grundgesamtheit zu bewerten, vergleicht Tabelle 13 stellvertretende Geburtsparameter beider Gruppen.

Tabelle 13: Vergleich stellvertretender Geburtsparameter der Geburtskohorte und der Studienkohorte

	Geburtskohorte ohne Ausschluss (n = 365)			Studienkohorte (n = 92)		
	M	Q1	Q3	M	Q1	Q3
GA [Wochen]	39,7	38,9	40,4	39,9	38,9	40,4
Geburtsgewicht [kg]	3,4	3,0	3,7	3,5	3,1	3,8
SDS_{Geburtsgewicht} (BGR*)	0,03	-0,59	0,63	0,16	-0,49	0,75
Geburtsgröße [cm]	51,0	50,0	52,0	51,0	50,0	53,0
SDS_{Geburtsgröße} (BGR*)	0,41	-0,29	0,96	0,46	-0,22	1,01
BF% NG	11,0	8,1	13,6	11,2	9,0	14,5
FFM% NG	89,0	86,4	91,9	88,7	85,5	91,1

M: Median, Q1: 1. Quartil, Q3: 3. Quartil, GA: Gestationsalter, kg: Kilogramm, SDS: Standard Deviation Score, BF%: Körperfettanteil [%], FFM%: Anteil fettfreier Körpermasse [%], NG: Neugeborene
*BGR: British Growth Reference [102]

Bei dem Vergleich beider Kohorten manifestierte sich eine hohe Übereinstimmung hinsichtlich der medianen Geburtsparameter „Gestationsalter“, „Geburtsgewicht“, „Geburtsgröße“, „BF% im Neugeborenenalter“ und „FFM% im Neugeborenenalter“. Eine statistische Analyse mittels eines Mann-Whitney-U-Tests ergab darüber hinaus keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die untersuchten Geburtsparameter ($p > 0,05$). Die Verteilung der Geschlechter der Kinder stellte sich in beiden Vergleichsgruppen ebenfalls sehr ähnlich dar, wobei der Anteil der Mädchen in der Neugeborenenkohorte bei 54,2 % lag, während er bei den Mädchen mit sechs bis sieben Lebensjahren 57,6 % betrug.

3.2 Demographische und anthropometrische Parameter

3.2.1 Deskription demographischer und anthropometrischer Parameter

Unsere Studienkohorte setzte sich aus 57,6 % Mädchen (n = 53) und 42,4 % Jungen (n = 39) zusammen. Das mediane Alter der Kinder zum Zeitpunkt der Messung betrug 6,6 Jahre (6,4 Jahre – 6,8 Jahre). Ihre mediane Körpergröße lag bei 121,0 cm (118,0 cm – 123,8 cm) und ihr medianes Körpergewicht bei 23,0 kg (20,6 kg – 25,5 kg). Der BMI wurde entsprechend der in Abschnitt 2.8.1 beschriebenen Formel berechnet und entsprach in der Studienkohorte im Median 15,7 kg/m² (14,5 kg/m² – 16,9 kg/m²). Der Standard Deviation Score (SDS) und der Z-Score für Körpergröße und Körpergewicht wurden gemäß der Referenzwerte der WHO [104] und der „British Growth Reference 1990“ [102] berechnet. Letztere diene zusätzlich als Grundlage für die Berechnung des SDS für den BMI (*Details siehe Abschnitt 2.8.3*) [102]. Die Ergebnisse der demographischen und anthropometrischen Parameter sind in Tabelle 14 dargestellt. Darüber hinaus veranschaulicht Tabelle 15 die geschlechtsspezifischen Ergebnisse. Mittels eines Mann-Whitney-U-Tests wurden die Parameter „Alter“, „Körpergröße“, „Körpergewicht“ und „BMI“ hinsichtlich möglicher Unterschiede zwischen den Geschlechtern analysiert. Die statistischen Analysen ergaben, dass bei keinem der hier untersuchten Parameter ein signifikanter Unterschied vorlag (p > 0,05).

Tabelle 14: Demographische und anthropometrische Parameter der Studienkohorte (n = 92)

	M	Q1	Q3
Alter [Jahre]	6,6	6,4	6,8
Körpergröße [cm]	121,0	118,0	123,8
Z-Score_{Körpergröße} (WHO*)	0,43	-0,11	0,92
SDS_{Körpergröße} (BGR**)	0,41	-0,14	0,91
Körpergewicht [kg]	23,0	20,6	25,5
Z-Score_{Körpergewicht} (WHO*)	0,53	-0,32	1,01
SDS_{Körpergewicht} (BGR**)	0,47	-0,42	0,91
BMI [kg/m²]	15,7	14,5	16,9
SDS_{BMI} (BGR**)	0,05	-0,80	0,78

M: Median, Q1: 1. Quartil, Q3: 3. Quartil, BMI: Body Mass Index, SDS: Standard Deviation Score

*Z-Score: Standard der World Health Organization (WHO) [104], ** BGR: British Growth Reference [102]

Tabelle 15: Geschlechtsspezifische Darstellung demographischer und anthropometrischer Parameter

	Mädchen (n = 53)			Jungen (n = 39)		
	M	Q1	Q3	M	Q1	Q3
Alter [Jahre]	6,6	6,3	6,8	6,6	6,4	6,8
Körpergröße [cm]	121,0	117,0	123,0	121,0	120,0	124,0
Z-Score_{Körpergröße} (WHO*)	0,47	-0,19	0,88	0,37	0,06	1,13
SDS_{Körpergröße} (BGR**)	0,41	-0,27	0,85	0,36	0,05	1,14
Körpergewicht [kg]	22,8	20,5	25,5	23,5	20,6	25,6
Z-Score_{Körpergewicht} (WHO*)	0,52	-0,26	0,95	0,54	-0,34	1,12
SDS_{Körpergewicht} (BGR**)	0,42	-0,42	0,81	0,49	-0,43	1,06
BMI [kg/m²]	15,7	14,7	16,7	15,6	14,3	17,1
SDS_{BMI} (BGR**)	0,05	-0,59	0,63	0,06	-1,00	0,99

M: Median, Q1: 1. Quartil, Q3: 3. Quartil, BMI: Body Mass Index, SDS: Standard Deviation Score
 *Z-Score: Standard der World Health Organization (WHO) [104], ** BGR: British Growth Reference [102]

Die nachfolgende Abbildung 6 veranschaulicht die Verteilung von Körpergröße und Körpergewicht in der Studienpopulation anhand von Boxplots. Dabei werden die über die Whisker der Boxplots hinausreichenden Ausreißer innerhalb beider Kategorien visualisiert, welche in der Zusammenschau mit dem klinischen Erscheinungsbild der Kinder als plausibel bewertet wurden.

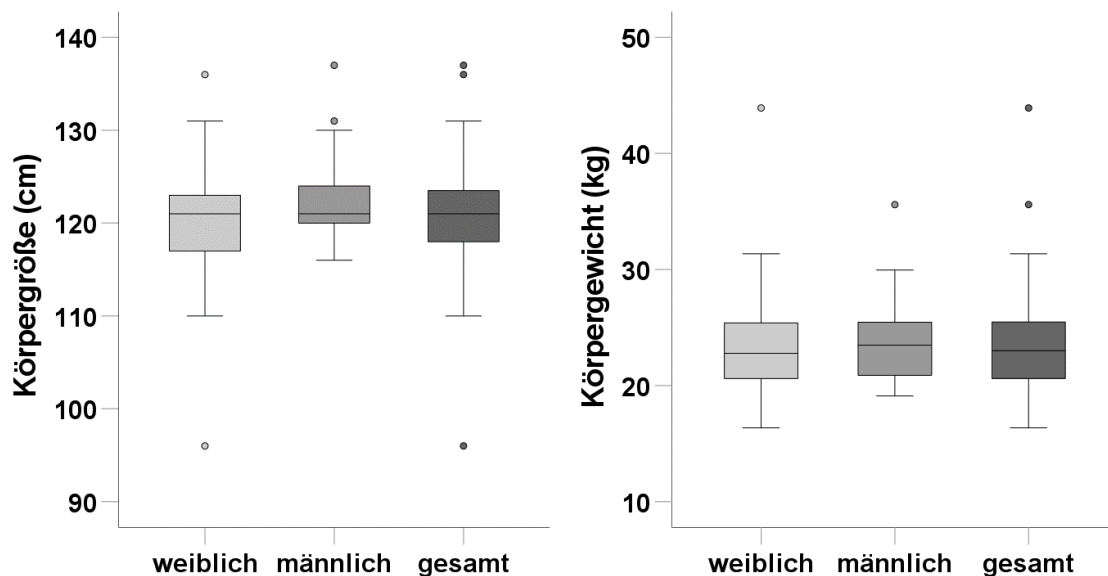


Abbildung 6: Boxplots zu Körpergröße [cm] und Körpergewicht [kg] in der Studienkohorte (n = 92)

3.2.2 Kategorisierung des BMI

Um den kindlichen BMI zu bewerten, wurde er gemäß der von der AGA empfohlenen Kategorien klassifiziert (siehe Abschnitt 1.1.1) [10]. Insgesamt ergab sich ein Anteil von 80,4 % normalgewichtiger Kinder (n = 74). 8,7 % der Kinder (n = 8) lagen unterhalb der 10. Perzentile, was auf Untergewicht oder starkes Untergewicht hinweist. Demgegenüber wurde bei 10,8 % der Kinder (n = 10) Übergewicht oder Adipositas festgestellt. Die geschlechtsspezifische Einteilung des BMI wird in Tabelle 16 dargestellt. Zusätzlich visualisiert Abbildung 7 die Verteilung des BMI und verdeutlicht geschlechtsspezifische Unterschiede.

Tabelle 16: Kategorisierung des BMI nach Kromeyer-Hauschild, K. et al. [10]

	Gesamt (n = 92)	Mädchen (n = 53)	Jungen (n = 39)
Stark unter Normalgewicht (< P3)	2,2 % (n = 2)	1,9 % (n = 1)	2,6 % (n = 1)
Unter Normalgewicht (P3 – P10)	6,5 % (n = 6)	5,7 % (n = 3)	7,7 % (n = 3)
Normalgewicht (> P10 – P90)	80,4 % (n = 74)	81,1 % (n = 43)	79,5 % (n = 31)
Übergewicht, nicht adipös (> P90 – P97)	5,4 % (n = 5)	5,7 % (n = 3)	5,1 % (n = 2)
Adipositas (> P97)	5,4 % (n = 5)	5,7 % (n = 3)	5,1 % (n = 2)

P: Perzentile

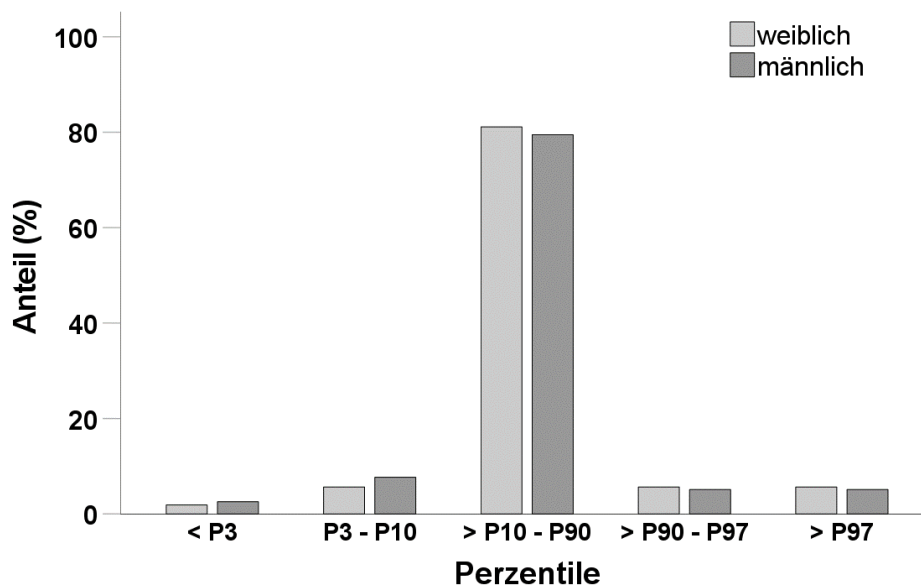


Abbildung 7: Verteilung der BMI-Kategorien in der Studienkohorte (n = 92)

3.2.3 Analyse der Hautfaltendicken

Zur Beurteilung der kindlichen Hautfaltendicken wurden diese am Abdomen, am Trizeps und unterhalb der Skapula gemessen (*Details siehe Abschnitt 2.6.2*). Der Median der abdominellen Hautfalte betrug 8,3 mm (6,0 mm – 11,8 mm), der Median der Trizepshautfalte 11,0 mm (8,0 mm – 13,0 mm) und der Median der subskapulären Hautfalte 6,0 mm (5,0 mm – 8,0 mm). Die „Sum of Skinfold“, welche sich aus der Summe von Trizepshautfalte und subskapulärer Hautfalte ergab und der anschließenden Berechnung des BF% aus Hautfaltendicken diente, betrug im Median 16,8 mm (15,2 mm – 20,0 mm). Die mediane Hautfaltendicke war bei Mädchen an allen drei gemessenen Körperstellen größer als bei Jungen. Eine statistische Analyse mittels Mann-Whitney-U-Test zeigte signifikante Geschlechterunterschiede sowohl bei den gemessenen medianen Hautfaltendicken als auch bei der medianen „Sum of Skinfold“ ($p < 0,05$). Die folgende Tabelle 17 präsentiert die Ergebnisse der Messungen der Hautfaltendicken. Ergänzend dazu visualisiert die Abbildung 8 die Resultate anhand von Boxplots. Durch diese graphische Darstellung werden Extremwerte deutlicher sichtbar, welche klinisch mit dem Habitus der Kinder korreliert wurden, um sie zu verifizieren.

Tabelle 17: Hautfaltendicken von Abdomen, Trizeps, Skapula und „Sum of Skinfold“ (n = 92)

		P3	P10	P25 (Q1)	P50 (M)	P75 (Q3)	P90	P97	Min	Max
Abdomen	Gesamt	3,0	5,0	6,0	8,3	11,8	18,0	22,5	3,0	30,0
	♀	5,0	5,0	7,0	9,0	12,0	18,0	28,8	5,0	30,0
	♂	3,0	4,0	5,0	7,0	11,0	18,0	20,8	3,0	21,0
Trizeps	Gesamt	5,0	6,0	8,0	11,0	13,0	16,0	20,2	5,0	22,0
	♀	5,0	6,0	8,5	11,0	13,0	18,2	21,4	5,0	22,0
	♂	5,0	6,0	7,0	9,0	12,0	16,0	18,4	5,0	19,0
Skapula	Gesamt	2,8	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	15,6	2,0	18,0
	♀	3,6	5,0	5,0	7,0	8,0	10,0	16,1	3,0	18,0
	♂	2,0	4,0	4,0	5,0	7,0	11,0	16,8	2,0	18,0
Sum of Skinfold*	Gesamt	8,0	11,0	14,0	16,3	20,0	26,7	34,6	7,0	39,0
	♀	9,9	13,0	15,0	18,0	21,0	25,8	35,9	8,0	39,0
	♂	7,2	10,0	11,0	15,0	18,0	27,0	35,2	7,0	37,0

Werte in Millimetern [mm], M: Median, Q1: 1. Quartil, Q3: 3. Quartil, Min: Minimum, Max: Maximum

*die „Sum of Skinfold“ errechnet sich durch Addition von Trizepshautfalte und subskapulärer Hautfalte [101]

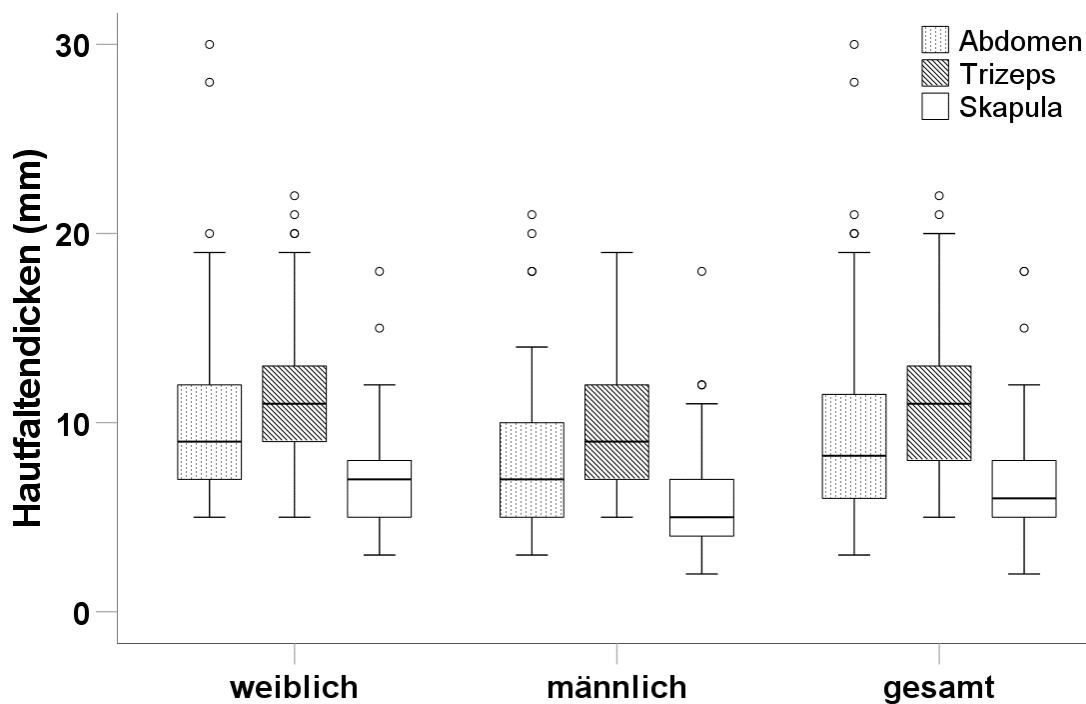


Abbildung 8: Boxplots zur geschlechtsspezifischen Darstellung der Hautfaltendicken an Abdomen, Trizeps und Skapula (n = 92)

Mittels der gemessenen Hautfaltendicken wurde zudem der BF% anhand der Formel nach Slaughter, M. H. et al. [101] berechnet (siehe Abschnitt 2.8.2), um ihn im Anschluss mit dem mittels ADP gemessenen BF% vergleichen zu können und damit die Methode der Hautfaltendickenmessung zu bewerten. Tabelle 18 stellt die Ergebnisse dieser Analyse dar.

Tabelle 18: Körperfettanteil der Studienkohorte anhand von Hautfaltendicken (n = 92)

		P3	P10	P25 (Q1)	P50 (M)	P75 (Q3)	P90	P97	Min	Max
BF%*	Gesamt	7,3	10,6	13,6	15,6	18,9	24,2	28,3	6,4	31,0
HD	♀	9,3	12,6	14,5	17,2	19,7	23,1	29,0	7,3	31,0
	♂	6,6	9,6	10,6	14,7	17,5	25,1	29,6	6,4	30,6

Werte in Prozent [%], M: Median, Q1: 1. Quartil, Q3: 3. Quartil, P: Perzentil, BF%: prozentualer Körperfettanteil [%], HD: Hautfaltendicken, *berechnet nach Slaughter, M. H. et al. [101]

3.3 Körperzusammensetzung mittels ADP (BodPod®)

Der nachfolgende Abschnitt widmet sich den Ergebnissen der BodPod®-Messungen zur Bestimmung der Körperzusammensetzung mittels ADP. Anhand dieser Methode wurden präzise das Körpergewicht (BM), die Körperfettmasse (BFM), der prozentuale Anteil der Fettmasse an der Gesamtkörpermasse (BF%) sowie die fettfreie Körpermasse (FFM) und der prozentuale Anteil der fettfreien Körpermasse an der Gesamtkörpermasse (FFM%) ermittelt.

3.3.1 Messergebnisse des BodPod®

Der mediane BF% der untersuchten Kinder lag bei 14,6 % (11,8 % – 18,5 %). Bei den weiblichen Probandinnen betrug dieser 15,3 % (11,9 % – 19,3 %) und bei den männlichen Studienteilnehmern 14,3 % (11,7 % – 17,8 %). Der mediane BF% war dementsprechend bei den Mädchen um einen Prozentpunkt höher als bei den Jungen. Die detaillierten Messergebnisse hinsichtlich der Körperzusammensetzung stellt die nachfolgende Tabelle 19 dar.

Tabelle 19: Messergebnisse der Air Displacement Plethysmography (ADP) mittels BodPod®, (n = 92)

		P3	P10	P25 (Q1)	P50 (M)	P75 (Q3)	P90	P97	Min	Max
BM [kg]	Gesamt	17,7	19,3	20,6	23,0	25,5	27,8	32,2	16,4	43,9
	♀	17,0	18,2	20,5	22,8	25,5	27,6	36,1	16,4	43,9
	♂	19,2	19,5	20,6	23,5	25,6	28,4	34,5	19,1	35,6
BF%	Gesamt	5,1	9,2	11,8	14,6	18,5	24,1	29,8	3,9	37,5
	♀	4,6	9,5	11,9	15,3	19,3	24,4	36,0	3,9	37,5
	♂	5,2	6,3	11,7	14,3	17,8	23,4	27,6	5,0	28,4
FM [kg]	Gesamt	1,0	1,9	2,5	3,3	4,6	6,6	10,3	0,8	16,5
	♀	1,0	1,9	2,5	3,5	4,9	6,8	13,1	0,8	16,5
	♂	1,0	1,3	2,7	3,2	4,3	6,1	9,5	1,0	10,1
FFM %	Gesamt	70,2	75,9	81,5	85,4	88,2	90,8	94,9	62,5	96,1
	♀	64,0	75,6	80,7	84,7	88,2	90,5	95,4	62,5	96,1
	♂	72,4	76,6	82,2	85,7	88,3	93,7	94,8	71,6	95,0
FFM [kg]	Gesamt	15,4	16,6	18,3	19,4	21,1	22,2	25,1	14,5	27,5
	♀	14,8	16,4	18,2	19,2	20,5	22,0	24,6	14,5	27,5
	♂	16,1	17,2	18,6	20,0	21,8	22,6	25,4	16,0	25,5

M: Median, Q1: 1. Quartil, Q3: 3. Quartil, BM: Body Mass [kg], Min: Minimum, Max: Maximum, BF%: Body Fat [%], FM [kg]: Fat Mass [kg], FFM%: Fat Free Mass [%], FFM [kg]: Fat Free Mass [kg]

3.3.2 Graphische Darstellung von BF% und FFM% mittels ADP

Die Messergebnisse zum geschlechtsspezifischen BF% sowie der FFM%, welche mithilfe des BodPod® ermittelt wurden, werden in der nachfolgenden Abbildung 9 graphisch dargestellt. Die Boxplots verdeutlichen die geschlechtsspezifische Variabilität des BF% sowie der entsprechenden FFM%. Drei Messwerte lagen außerhalb der Whisker der Boxplots. Diese Messergebnisse wurden sowohl mit dem klinischen Erscheinungsbild der Kinder verglichen als auch hinsichtlich der Übereinstimmung mit dem jeweiligen BMI überprüft. Sie wurden infolgedessen als tatsächliche Ausreißer identifiziert und nicht als Messfehler eingestuft.

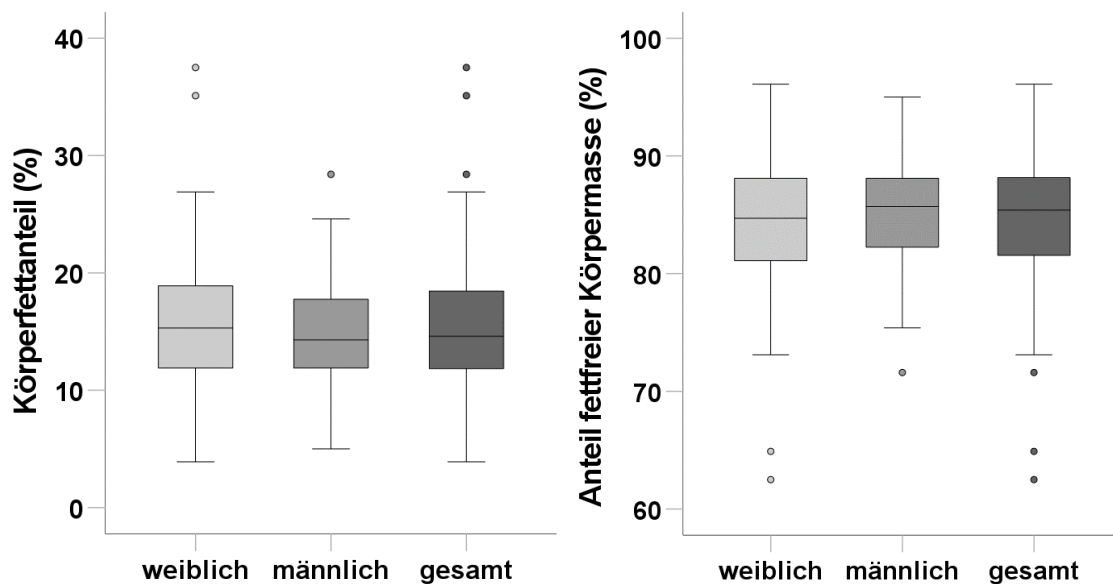


Abbildung 9: Boxplots zur graphischen Darstellung des Körperfettanteils (BF%) sowie des Anteils der fettfreien Körpermasse (FFM%), (n = 92)

3.4 Vergleich der Methoden zur Beurteilung der Körperkonstitution

3.4.1 Zusammenhang von BF% und BMI

Die Resultate der in der klinischen Praxis häufig verwendeten BMI-Berechnung werden im folgenden Abschnitt mit den Ergebnissen der ADP-Methode verglichen, um die Eignung dieser Methode zur Beurteilung der kindlichen Körperkonstitution in der Studienkohorte kritisch zu prüfen. Tabelle 20 stellt zunächst die Ergebnisse des mittels ADP gemessenen BF% und des berechneten BMI gegenüber. Zusätzlich veranschaulicht Abbildung 10 den Zusammenhang graphisch.

Tabelle 20: Gegenüberstellung von Körperfettanteil und BMI der 6 – 7 Jahre alten Kinder (n = 92)

	Gesamt (n = 92)			Mädchen (n = 53)			Jungen (n = 39)		
	M	Q1	Q3	M	Q1	Q3	M	Q1	Q3
BF%	14,6	11,8	18,5	15,3	11,9	19,3	14,3	11,7	17,8
BMI [kg/m²]	15,7	14,5	16,9	15,7	14,7	16,7	15,6	14,3	17,1

M: Median, Q1: 1. Quartil, Q3: 3. Quartil, BF%: prozentualer Körperfettanteil [%], BMI: Body Mass Index [kg/m²]



Abbildung 10: Streudiagramm zur Darstellung des Zusammenhangs zwischen dem Body Mass Index [kg/m²] und dem Körperfettanteil [%], (n = 92)

Um einen potenziellen Zusammenhang der Werte zu ermitteln, wurde zudem eine Korrelationsanalyse nach Spearman durchgeführt. Es bestand eine signifikant positive Korrelation zwischen dem BF% und dem BMI ($p < 0,05$), welche sich bei den Mädchen etwas stärker manifestierte als bei den Jungen. Tabelle 21 stellt die Ergebnisse der Korrelationsanalyse nach Spearman dar.

Tabelle 21: Spearman-Korrelation zum Zusammenhang zwischen dem BMI und dem BF%

	r	p	n
Gesamt	0,65	< 0,05	92
Mädchen	0,67	< 0,05	53
Jungen	0,61	< 0,05	39

r: Korrelationskoeffizient, *p*: Signifikanzniveau, *n*: Kohortengröße
BMI: Body Mass Index [kg/m²], *BF%*: prozentualer Körperfettanteil [%]

3.4.2 Zusammenhang von BF% (ADP) und BF% (Hautfaltendicken)

Wie in Abschnitt 3.2.3 beschrieben wurde anhand der Hautfaltendicken zusätzlich der BF% nach Slaughter, M. H. errechnet [101]. Die folgende Tabelle 22 stellt die Ergebnisse dieses Erhebungsverfahrens mit der Messung des BF% anhand des BodPod[®] gegenüber. Der mediane BF%, der anhand der Hautfaltendicken ermittelt wurde, lag um einen Prozentpunkt höher als der mittels ADP gemessene Wert. Insbesondere in den unteren Perzentilen wurde der BF% anhand von Hautfaltendicken höher eingeschätzt als anhand der ADP. Dieser Effekt wurde bei beiden Geschlechtern beobachtet, wobei er sich beim weiblichen Geschlecht deutlicher zeigte.

Tabelle 22: Gegenüberstellung von BF% mittels ADP und BF% mittels Hautfaltendicken (n = 92)

		P3	P10	P25 (Q1)	P50 (M)	P75 (Q3)	P90	P97	Min	Max
BF%	Gesamt	5,1	9,2	11,8	14,6	18,5	24,1	29,8	3,9	37,5
ADP	♀	4,6	9,5	11,9	15,3	19,3	24,4	36,0	3,9	37,5
	♂	5,2	6,3	11,7	14,3	17,8	23,4	27,6	5,0	28,4
BF%*	Gesamt	7,3	10,6	13,6	15,6	18,9	24,2	28,3	6,4	31,0
HD	♀	9,3	12,6	14,5	17,2	19,7	23,1	29,0	7,3	31,0
	♂	6,6	9,6	10,6	14,7	17,5	25,1	29,6	6,4	30,6

M: Median, *Q1*: 1. Quartil, *Q3*: 3. Quartil, *P*: Perzentil, *BF%*: prozentualer Körperfettanteil [%], *ADP*: Air Displacement Plethysmography, *HD*: Hautfaltendicken, *berechnet nach Slaughter, M. H. et al. [101]

Abbildung 11 präsentiert mittels Boxplots eine Gegenüberstellung des BF% anhand der ADP und des BF% mittels Hautfaltendicken. Die graphische Darstellung verdeutlicht, dass der mediane BF% anhand von Hautfaltendicken in dieser Kohorte höher war als der mittels ADP gemessene BF%. Darüber hinaus wird in Abbildung 12 der Zusammenhang zwischen den Messergebnissen der ADP und der Hautfaltendickenmessung durch ein Streudiagramm illustriert.

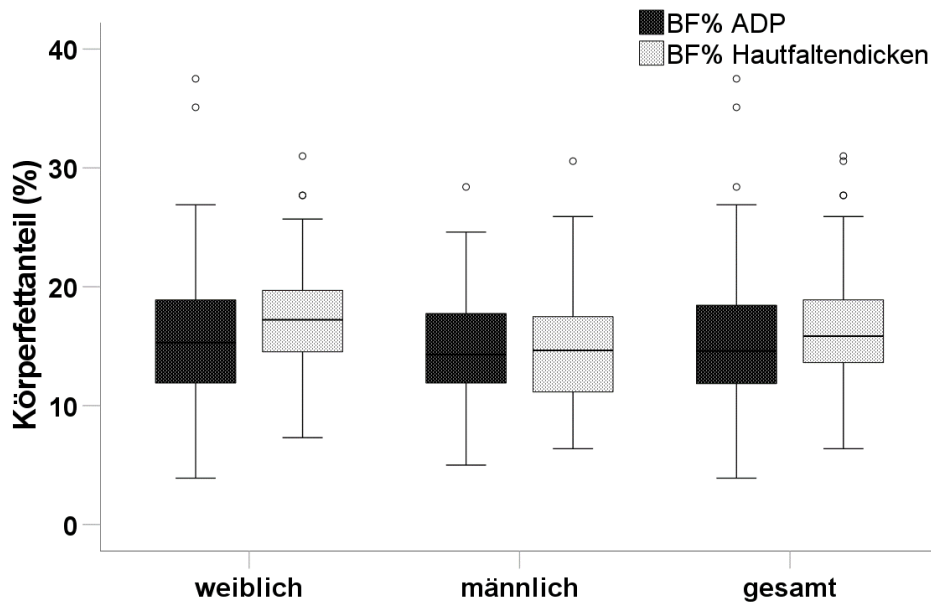


Abbildung 11: Boxplots zum Körperfettanteil (BF%) anhand der Air Displacement Plethysmography (ADP) und anhand der Hautfaltendicken nach Slaughter et al. [101], (n = 92)

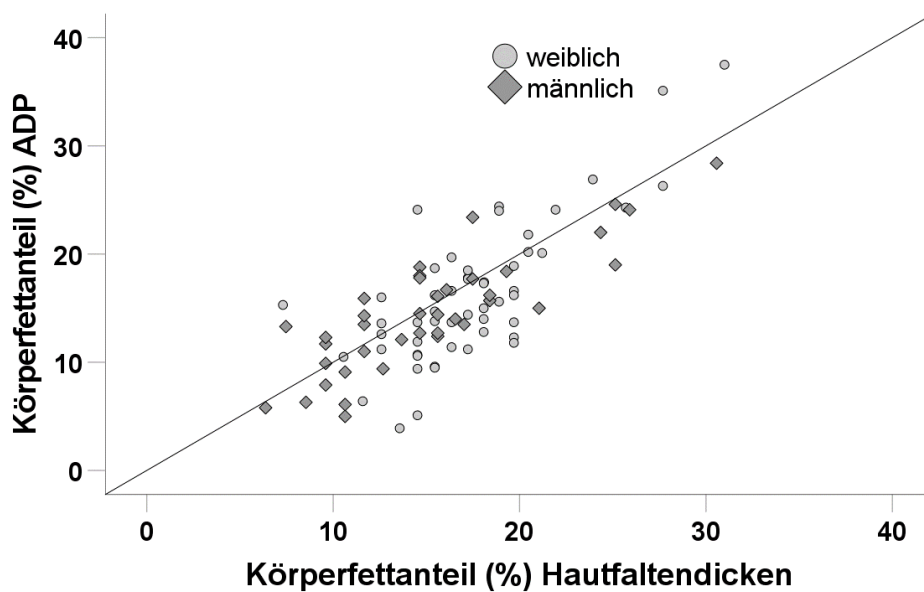


Abbildung 12: Zusammenhang zwischen dem Körperfettanteil (BF%) anhand von Hautfaltendicken (Slaughter, M. H. et al. [101]) und dem BF% mittels Air Displacement Plethysmography (ADP), (n = 92)

Eine Korrelationsanalyse nach Spearman ergab, dass eine signifikant positive Korrelation zwischen dem BF% anhand der ADP und dem BF% anhand von Hautfaltendicken bestand. Der Effekt war bei beiden Geschlechtern signifikant ($p < 0,05$) und war bei den Jungen stärker ausgeprägt als bei den Mädchen.

Tabelle 23: Spearman-Korrelation zur Assoziation zwischen BF% (ADP) und BF%* (Hautfaltendicken)

	r	p	n
Gesamt	0,73	< 0,05	92
Mädchen	0,68	< 0,05	53
Jungen	0,81	< 0,05	39

r: Korrelationskoeffizient, p: Signifikanzniveau, n: Kohortengröße

ADP: Air Displacement Plethysmography, BF%: prozentualer Körperfettanteil [%]

*berechnet nach Slaughter, M. H. et al. [101]

Zur weiteren Analyse der Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen beider Messmethoden wurde ein Bland-Altman-Diagramm erstellt, das anhand von Ergebnisdifferenzen den Vergleich zwischen den Methoden visualisiert (siehe Abbildung 13). Der Mittelwert der Differenzen ($BF\%_{(ADP)} - BF\%_{(Hautfaltendicken)}$) betrug $-0,92$, was darauf hindeutet, dass der BF% anhand von Hautfaltendicken in der Studienkohorte höhere Messwerte als die ADP generierte. Es zeigte sich eine Übereinstimmung zwischen den Messverfahren bei einigen Kindern, während bei anderen Kindern relevante Abweichungen auftraten. Die Streuung der Messergebnisse war über den gesamten Bereich der Messwerte annähernd gleichmäßig verteilt und schien nicht von der Höhe des BF% abhängig zu sein.

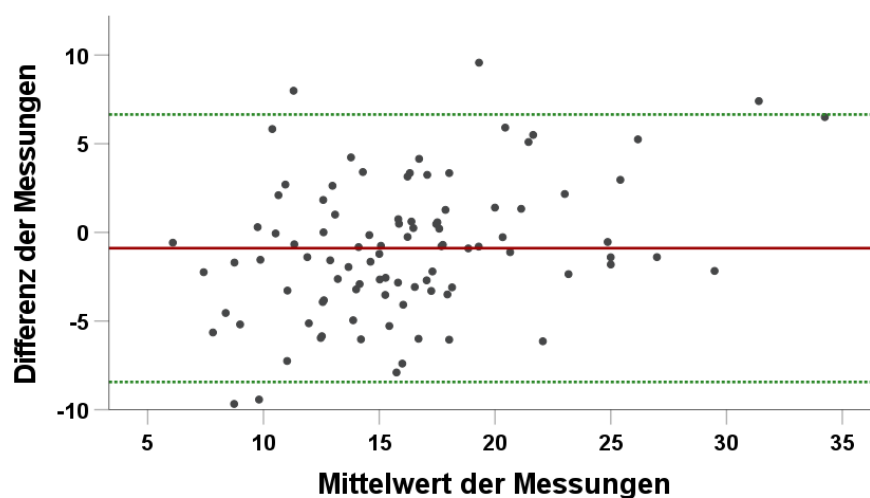


Abbildung 13: Bland-Altman-Plot zur Visualisierung der Differenzen zwischen dem BF% mittels ADP und dem errechneten BF% anhand der Hautfaltendicken, ($n = 92$)

3.5 Entwicklung der Körperzusammensetzung vom Neugeborenenalter bis zum sechsten bis siebten Lebensjahr

3.5.1 Entwicklung der Körperzusammensetzung

Die nachfolgende Tabelle 24 stellt die Ergebnisse zum BF% und zur FFM% im Neugeborenenalter und im Alter von sechs bis sieben Lebensjahren gegenüber. Es zeigte sich ein Anstieg des medianen BF% mit zunehmendem Alter bei abnehmender FFM%. Mittels eines Wilcoxon-Tests wurde ein signifikanter Unterschied der Parameter festgestellt ($p < 0,05$). Abbildung 14 veranschaulicht darüber hinaus den Verlauf des BF% anhand von Boxplots. Die Graphik verdeutlicht den Anstieg des medianen BF% seit der Geburt bei beiden Geschlechtern.

Tabelle 24: Gegenüberstellung von BF% der NG-Kohorte und BF% der Studienkohorte (6 – 7 LJ.)

	Gesamt (n = 92)			Mädchen (n = 53)			Jungen (n = 39)		
	M	Q1	Q3	M	Q1	Q3	M	Q1	Q3
BF% NG	11,2	9,0	14,5	11,4	9,8	15,2	10,1	7,5	12,8
BF% 6 – 7 LJ.	14,6	11,8	18,5	15,3	11,9	19,3	14,3	11,7	17,8
FFM% NG	88,7	85,5	91,1	88,6	84,8	90,3	89,9	87,2	92,5
FFM% 6 – 7 LJ.	85,4	81,5	88,2	84,7	80,7	88,2	85,7	82,2	88,3

M: Median, Q1: 1. Quartil, Q3: 3. Quartil, BF%: prozentualer Körperfettanteil [%], FFM%: Anteil fettfreier Körpermasse [%], NG: Neugeborene, LJ.: Lebensjahre

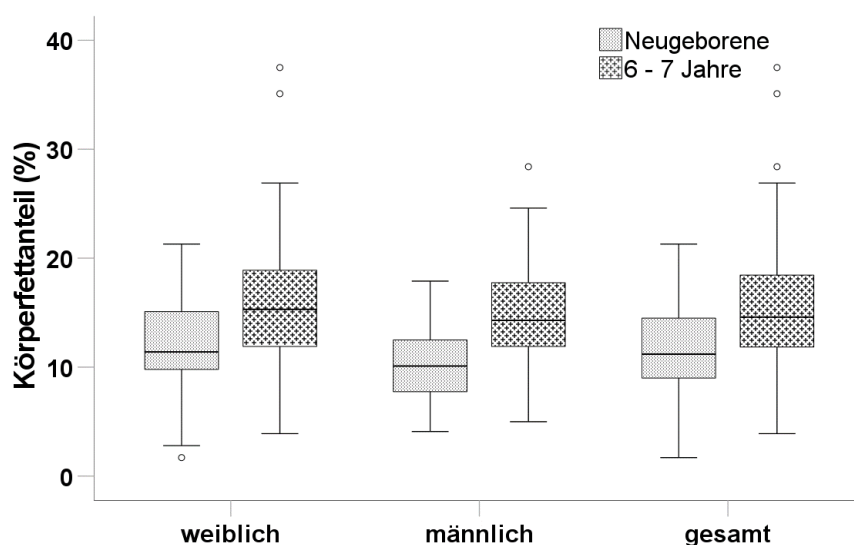


Abbildung 14: Boxplots zur Entwicklung des Körperfettanteils [%] von postnatal bis zum Alter von 6 – 7 Lebensjahren, (n = 92)

3.5.1.1 Zusammenhang des postnatalen BF% mit dem BF% mit sechs bis sieben Lebensjahren

Nachfolgend wurde untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen dem individuellen postnatalen BF% mit dem BF% mit sechs bis sieben Lebensjahren bestand. Die folgende Abbildung 15 zeigt anhand eines Streudiagramms den BF% im Alter von sechs bis sieben Lebensjahren in Abhängigkeit vom postnatalen BF%. Graphisch zeigte sich kein eindeutiger Zusammenhang zwischen den Parametern.

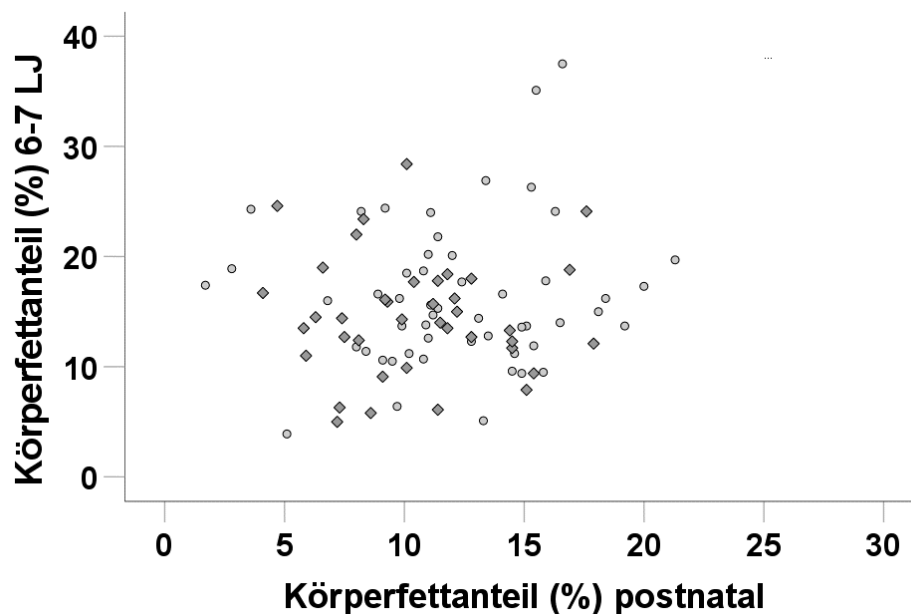


Abbildung 15: Streudiagramm zum Zusammenhang zwischen dem Körperfettanteil [%] postnatal und dem Körperfettanteil [%] mit sechs bis sieben Lebensjahren (LJ.)

Anschließend erfolgte eine Korrelationsanalyse nach Spearman, um den individuellen Zusammenhang zwischen dem BF% der Kinder im Neugeborenenalter und im Alter von sechs bis sieben Lebensjahren zu untersuchen. Der statistische Test ergab keine signifikante Assoziation ($p > 0,05$).

Tabelle 25: Spearman-Korrelation zum Zusammenhang zwischen dem BF% im Neugeborenenalter und dem BF% mit sechs bis sieben Lebensjahren

	r	p	n
BF%	0,04	> 0,05	92

r: Korrelationskoeffizient, p: Signifikanzniveau, n: Kohortengröße
BF%: prozentualer Körperfettanteil [%]

Zur Visualisierung der individuellen Entwicklung der Körperzusammensetzung der Kinder in den ersten sechs bis sieben Lebensjahren stellt das Liniendiagramm in Abbildung 16 geschlechtsspezifisch den Verlauf jedes einzelnen Kindes graphisch dar. Des Weiteren veranschaulicht Abbildung 17 die Differenzen der individuellen kindlichen Körperfettanteile und verdeutlicht die überwiegende Zunahme des BF%. Zugleich wird ersichtlich, dass bei einzelnen Kindern der BF% im Kindesalter niedriger war als postnatal.

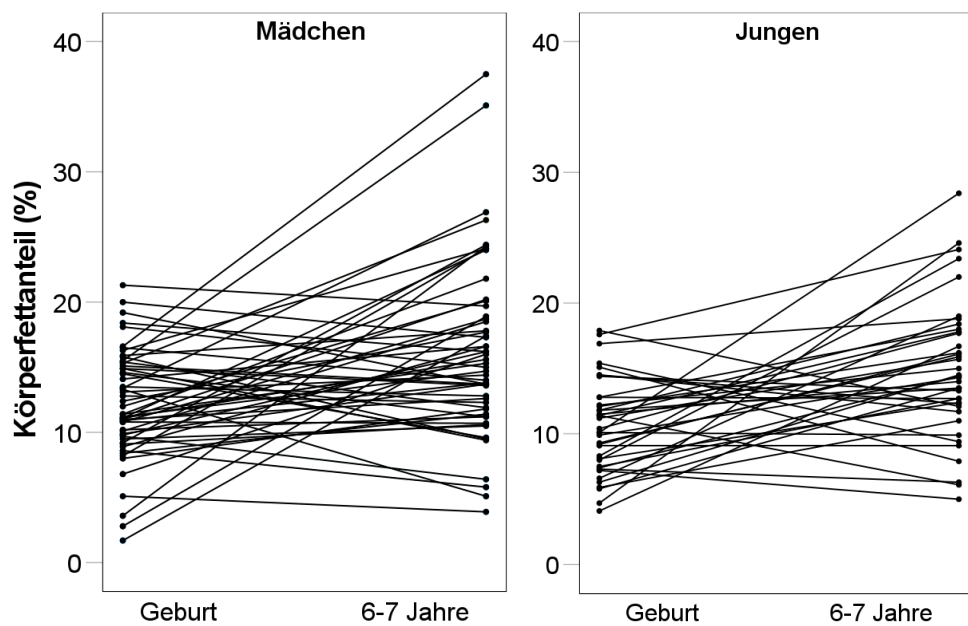


Abbildung 16: Liniendiagramm zur Entwicklung des Körperfettanteils [%]
Links Mädchen (n = 53), rechts Jungen (n = 39)

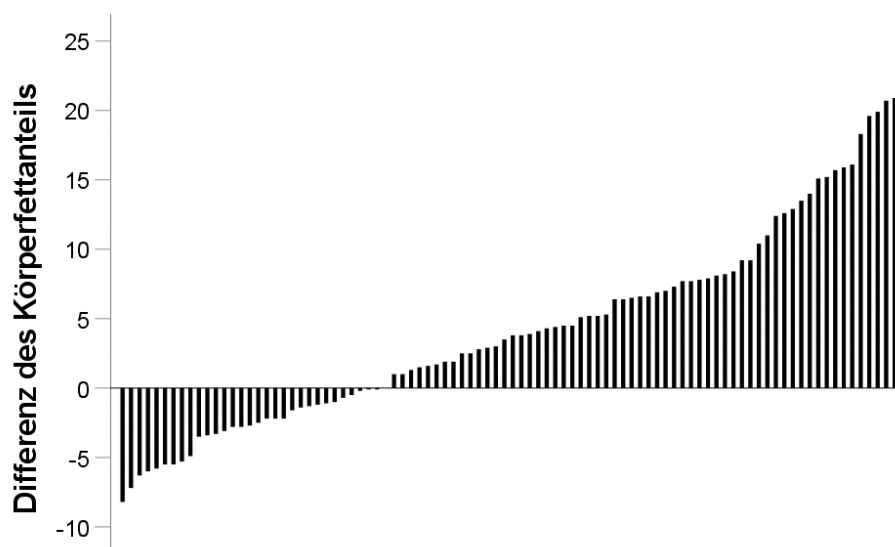


Abbildung 17: Individuelle Differenz des Körperfettanteils [%] (BF% 6 – 7 LJ. minus BF% NG), (n = 92)

3.6 Korrelation der untersuchten Einflussparameter mit dem BF%

In dieser Studie wurden mithilfe eines ausführlichen Fragebogens mehrere potenzielle Einflussparameter auf die kindliche Körperzusammensetzung ermittelt. Die Parameter „Stilldauer“, „Gestationsdiabetes mellitus“, „elterlicher BMI“, „Geburtsgewicht“ und „Geschlecht“ werden im Folgenden eingehend untersucht und hinsichtlich ihrer Korrelation mit dem Körperfettanteil analysiert.

3.6.1 Stilldauer

3.6.1.1 Deskription der exklusiven Stilldauer der Studienkohorte

Von den 92 Elternpaaren gaben 78 auswertbare Informationen zur Dauer des exklusiven Stillens an ($n = 78$). Bei den verbleibenden Familien war die exakte Stilldauer oder der Zeitpunkt des Beginns des Zufütterns oder der Beikosteinführung nicht eindeutig zu evaluieren. Die folgende Abbildung 18 visualisiert die Ergebnisse des Fragebogens hinsichtlich der exklusiven Stilldauer in Wochen. In der Studienkohorte betrug die mediane exklusive Stilldauer 18 Wochen.

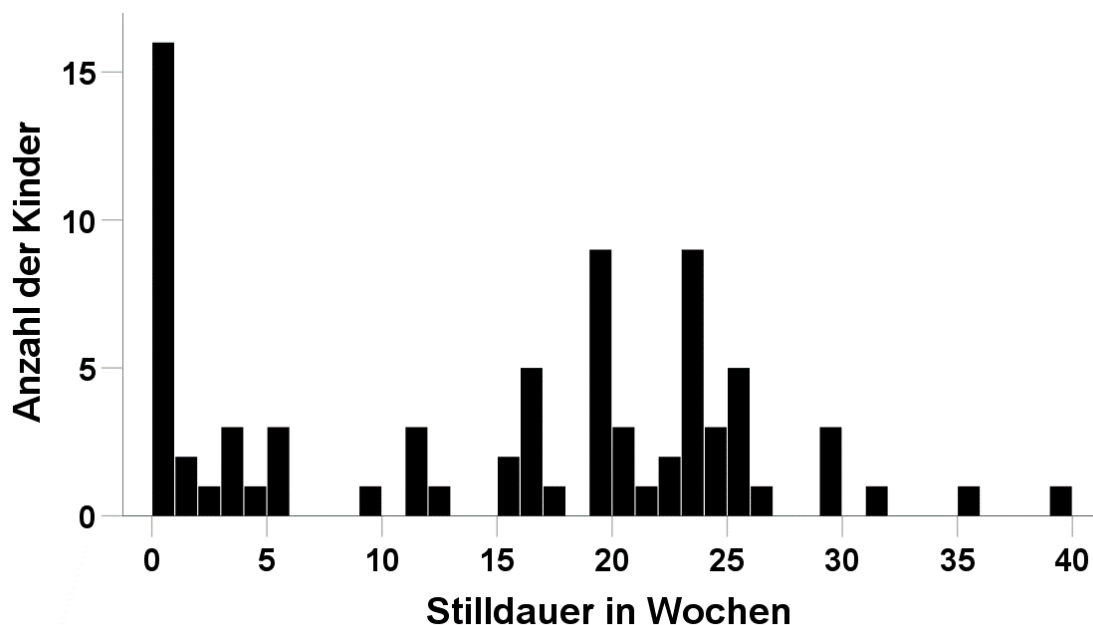


Abbildung 18: Exklusive Stilldauer in der Studienkohorte in Wochen, ($n = 78$)

3.6.1.2 Zusammenhang zwischen dem BF% und der Stilldauer in Wochen

Die folgende Abbildung 19 zeigt den gemessenen BF% in Abhängigkeit von der Stilldauer in Wochen. Das Streudiagramm zeigt den kindlichen BF% von 78 Kindern im Alter von sechs bis sieben Lebensjahren, deren Eltern gültige Angaben zur exklusiven Stilldauer gemacht haben. Visuell konnte kein Zusammenhang zwischen der exklusiven Stilldauer und dem BF% mit sechs bis sieben Lebensjahren festgestellt werden.



Abbildung 19: Streudiagramm zur Stilldauer in Wochen in Abhängigkeit vom Körperfettanteil [%], (n = 78)

Eine Korrelationsanalyse nach Spearman ergab in dieser Kohorte keine signifikante Assoziation zwischen der exklusiven Stilldauer und dem BF% der Kinder. Tabelle 26 stellt die Ergebnisse der Korrelationsanalyse dar.

Tabelle 26: Spearman-Korrelation zwischen der Stilldauer in Wochen und dem BF%

	r	p	n
Stilldauer	0,04	> 0,05	78

r: Korrelationskoeffizient, p: Signifikanzniveau, n: Kohortengröße
BF%: prozentualer Körperfettanteil [%]

3.6.1.3 Kategorisierung der Stilldauer

Zur systematischen Einordnung der Stilldauer wurden vier zeitliche Kategorien gebildet. Tabelle 27 zeigt das Körpergewicht und den BF% der Kinder im Alter von sechs bis sieben Lebensjahren in Abhängigkeit von der exklusiven Stilldauer anhand der Kategorien. Es zeigte sich, dass sowohl das kindliche Körpergewicht als auch der BF% bei einer Stilldauer von über null bis drei Monaten am höchsten war.

Tabelle 27: Körpergewicht und BF% im Alter von 6 – 7 LJ in Abhängigkeit von der exklusiven Stilldauer

Exklusive Stilldauer	0 Monate (n = 9)	> 0 – 3 Monate (n = 24)	> 3 – 6 Monate (n = 30)	> 6 Monate (n = 15)
BM [kg]	23,9	24,2	22,3	22,0
BF% 6 – 7 LJ.	15,9	16,7	13,9	14,7

BM: Body Mass [kg], BF%: Körperfettanteil [%], LJ.: Lebensjahre

Darüber hinaus wurde ein Mann-Whitney-U-Test durchgeführt, um zu überprüfen, ob ein signifikanter Unterschied zwischen dem medianen BF% bei einer Stilldauer von bis zu drei Monaten oder über drei Monaten bestand. Der BF% bei einer Stilldauer von bis zu drei Monaten betrug in der Studienkohorte 16,2 % und bei einer Stilldauer über drei Monaten 14,5 %. Der Unterschied stellte sich im Rahmen des Mann-Whitney-U-Tests als nicht signifikant heraus ($p > 0,05$).

3.6.2 Gestationsdiabetes mellitus

3.6.2.1 Deskription der Studienkohorte hinsichtlich eines GDM

In der Studienkohorte betrug der Anteil der Kinder mit mütterlichem Gestationsdiabetes mellitus (GDM) 18,5 % (n = 17). Hierbei handelte es sich um acht Mädchen und neun Jungen. Tabelle 28 stellt den geschlechtsspezifischen kindlichen BF% in Abhängigkeit vom Vorhandensein eines mütterlichen GDM dar.

Tabelle 28: BF% von Kindern mit und ohne Gestationsdiabetes mellitus der Mutter

	Gesamt (n = 92)			Mädchen (n = 53)			Jungen (n = 39)		
	M	Q1	Q3	M	Q1	Q3	M	Q1	Q3
BF% mit GDM ♀ = 8, ♂ = 9	16,2	12,6	23,0	17,5	12,4	23,8	16,2	12,8	21,5
BF% ohne GDM ♀ = 45, ♂ = 30	14,4	11,4	17,8	15,0	11,6	18,7	13,8	10,7	17,0

BF%: Körperfettanteil [%], GDM: Gestationsdiabetes mellitus, M: Median, Q1: 1. Quartil, Q3: 3. Quartil

Bei beiden Geschlechtern war im Alter von sechs bis sieben Lebensjahren der mediane BF% bei vorhandenem GDM der Mutter höher als bei Kindern ohne mütterlichen GDM. Bei den Mädchen betrug er im Median 17,5 % mit GDM und 15,0 % ohne GDM und bei den Jungen 16,2 % mit GDM und 13,8 % ohne GDM. Ein Mann-Whitney-U-Test zeigte, dass der Unterschied zwischen dem BF% der Kinder mit und ohne mütterlichen GDM nicht signifikant war ($p > 0,05$). Abbildung 20 zeigt den BF% der Kinder in Abhängigkeit vom mütterlichen GDM.

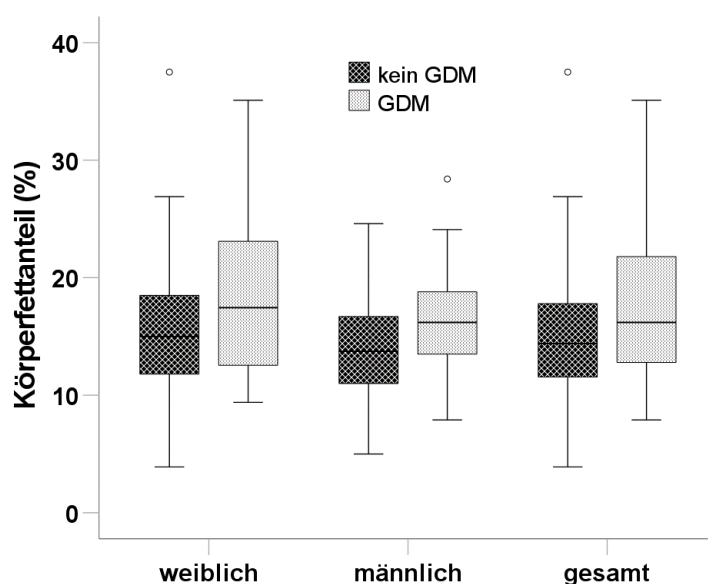


Abbildung 20: Boxplots zum kindlichen Körperfettanteil [%] in Abhängigkeit vom GDM der Mutter, (n = 92)

3.6.3 BMI der Eltern

3.6.3.1 Deskription der Studienkohorte hinsichtlich des elterlichen BMI

89 Mütter und 85 Väter machten verwertbare Angaben zu ihrer Körpergröße und ihrem Körpergewicht, aus denen jeweils der BMI berechnet wurde. Tabelle 29 stellt die Ergebnisse zum elterlichen und zum kindlichen BMI gegenüber.

Tabelle 29: Darstellung des BMI der Mütter, der Väter und ihrer Kinder

	Gesamt (n = 92)			Mädchen (n = 53)			Jungen (n = 39)		
	M	Q1	Q3	M	Q1	Q3	M	Q1	Q3
BMI Mütter (n = 89)	23,8	21,6	28,0	23,7	21,7	26,3	24,2	21,1	28,6
BMI Väter (n = 85)	25,2	23,1	27,9	25,1	23,3	27,9	25,2	22,9	29,1
BMI Kinder (n = 92)	15,7	14,5	16,9	15,7	14,7	16,7	15,6	14,3	17,1

M: Median, Q1: 1. Quartil, Q3: 3. Quartil, BMI: Body Mass Index [kg/m²]

Der elterliche BMI wurde in die BMI-Kategorien „Untergewicht“, „Normalgewicht“, „Übergewicht“, „Adipositas Grad 1“, „Adipositas Grad 2“ und „Adipositas Grad 3“ eingeteilt (siehe Abschnitt 1.1.1) Die nachfolgende Abbildung 21 veranschaulicht diese BMI-Kategorien. 60,2 % der Mütter und 43,0 % der Väter waren zum Zeitpunkt der Erhebung normalgewichtig. Der Anteil übergewichtiger oder adipöser Mütter betrug 39,8 %, während der Anteil übergewichtiger oder adipöser Väter bei 57,0 % lag. Es gab keine untergewichtigen Elternteile.

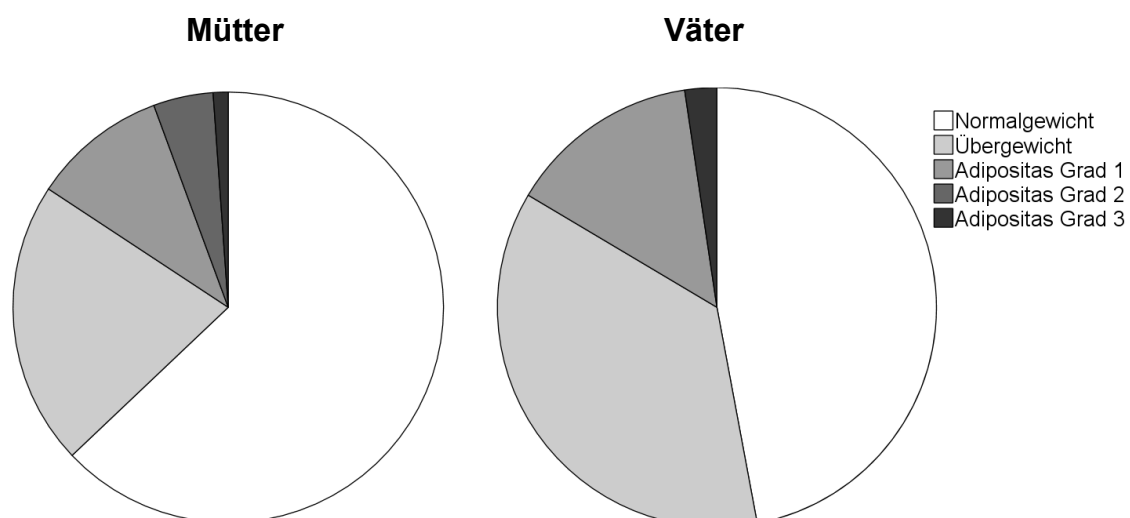


Abbildung 21: BMI-Kategorien der Eltern. Links Mütter (n = 89), rechts Väter (n = 85)

3.6.3.2 Kindlicher BMI in Abhängigkeit vom elterlichen BMI

Eine Spearman-Korrelation ergab einen signifikant positiven Effekt des BMI der Eltern auf den BMI der Kinder. Tabelle 30 zeigt die Korrelationskoeffizienten.

Tabelle 30: Spearman-Korrelation zwischen elterlichem BMI und kindlichem BMI

	r	p	n
Mütter	0,24	< 0,05	89
Väter	0,27	< 0,05	85

r: Korrelationskoeffizient, p: Signifikanzniveau, n: Kohortengröße

3.6.3.3 Kindlicher BF% in Abhängigkeit vom elterlichen BMI

Der Zusammenhang zwischen dem BMI der Eltern und dem kindlichen BF% wurde zunächst visuell anhand von Streudiagrammen überprüft, wobei kein Zusammenhang der Werte erkennbar war (siehe Abbildung 22).

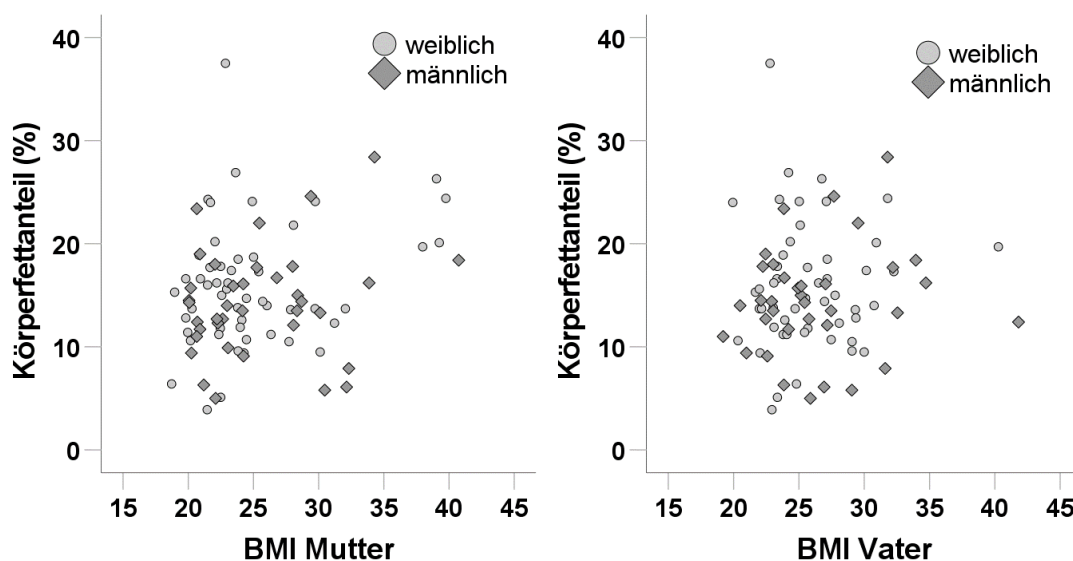


Abbildung 22: Streudiagramme zur Korrelation des elterlichen BMI mit dem BF% der Kinder
Links: Mütter (n = 89), rechts: Väter (n = 85)

Zusätzlich wurde eine Korrelationsanalyse nach Spearman durchgeführt. Diese zeigte ebenfalls keinen signifikanten Zusammenhang der Werte ($p > 0,05$).

Tabelle 31: Spearman-Korrelation zwischen elterlichem BMI und kindlichem BF%

	r	p	n
Mütter	0,15	> 0,05	89
Väter	0,11	> 0,05	85

r: Korrelationskoeffizient, p: Signifikanzniveau, n: Kohortengröße

3.6.4 Geburtsgewicht

Das mediane Geburtsgewicht der Kinder betrug 3,5 kg (3,1 kg – 3,8 kg). Um zu evaluieren, ob das Geburtsgewicht der Kinder mit ihrem BF% im Alter von sechs bis sieben Lebensjahren assoziiert war, wurde ein Streudiagramm erstellt. Die nachfolgende Abbildung 23 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Geburtsgewicht der Kinder und ihrem BF% mit sechs bis sieben Lebensjahren, wobei visuell keine eindeutige Assoziation der Werte erkennbar war.

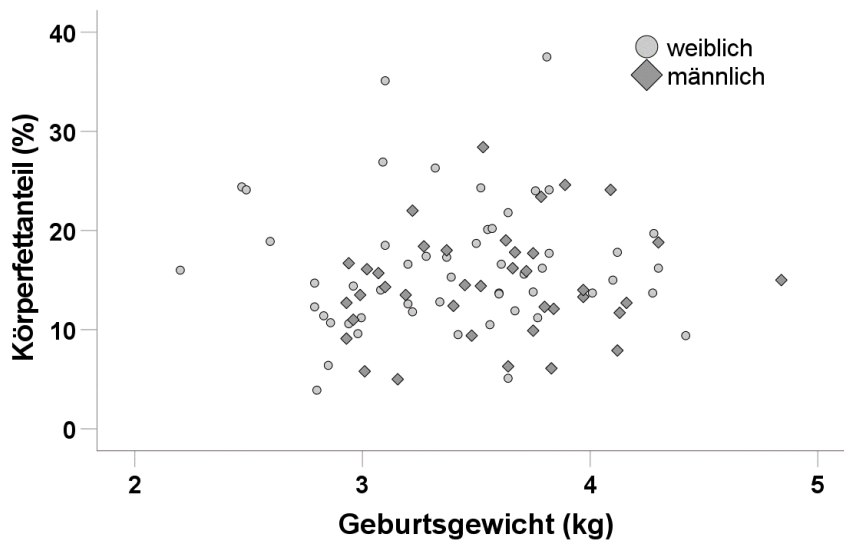


Abbildung 23: Streudiagramm zur Darstellung des Geburtsgewichts [kg] der Kinder in Abhängigkeit von ihrem Körperfettanteil [%], (n = 92)

Eine Spearman-Korrelationsanalyse ergab sowohl einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Geburtsgewicht und dem postnatalen BF% als auch zwischen dem Geburtsgewicht und dem Körpergewicht mit sechs bis sieben Lebensjahren ($p < 0,05$). Das Geburtsgewicht korrelierte hingegen nichtsignifikant mit dem kindlichen BF% oder dem BMI zum Messzeitpunkt ($p > 0,05$).

Tabelle 32: Spearman-Korrelation zum Zusammenhang zwischen dem Geburtsgewicht und dem postnatalen BF%, dem BF% mit sechs bis sieben Lebensjahren, dem Körpergewicht und dem BMI

	r	p	N
BF% NG	0,50	< 0,05	92
BF% 6 – 7 LJ.	0,11	> 0,05	92
Körpergewicht [kg]	0,36	< 0,05	92
BMI [kg/m²]	0,19	> 0,05	92

r: Korrelationskoeffizient, p: Signifikanzniveau, n: Kohortengröße
 NG: Neugeborene, LJ.: Lebensjahre, BF%: Körperfettanteil [%]

3.6.5 Geschlecht

Der mediane BF% der Mädchen betrug 15,3 % und der mediane BF% der Jungen 14,3 %. Es wurde ein Mann-Whitney-U-Test durchgeführt, um zu überprüfen, ob ein signifikanter Unterschied zwischen dem BF% der Mädchen und dem BF% der Jungen in der Studienkohorte bestand. Während die postnatale Messung einen signifikanten Unterschied zwischen dem BF% beider Geschlechter ergab ($p < 0,05$), war dieser bei den Kindern im Alter von sechs bis sieben Lebensjahren nicht mehr signifikant ($p > 0,05$).

3.6.6 Ernährung, Aktivität und Schlaf

Die kindliche Ernährung, ihre körperliche Aktivität sowie ihre Schlafqualität und Schlafdauer sind weitere Einflussfaktoren, die die physische Entwicklung beeinflussen könnten und somit potenzielle Prädiktoren für den BF% darstellen. Die Faktoren sind Gegenstand weiterer Arbeiten und werden im Rahmen dieser Dissertation anhand der Studienkohorte nicht weiterführend analysiert.

3.7 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die 92 Kinder unserer Studienkohorte wiesen zum Zeitpunkt der Studienmessungen ein medianes Alter von 6,6 Jahren (6,4 Jahre – 6,8 Jahre) auf. Der mittels ADP ermittelte mediane BF% lag bei den Mädchen in diesem Alter bei 15,3 % (11,9 % – 19,3 %), während er bei den Jungen 14,3 % (11,7 % – 17,8 %) betrug.

Da in der gegenwärtigen klinischen Praxis häufig einfach zu erhebende Parameter, wie der BMI oder die Messung von Hautfaltendicken zur Bewertung des kindlichen Entwicklungs- und Ernährungszustandes herangezogen werden, wurde die Übereinstimmung dieser Parameter mit der Körperzusammensetzung, die mittels ADP erhoben wurde, in der Studienkohorte untersucht. Es zeigte sich sowohl eine signifikant positive Korrelation zwischen dem BF% anhand der ADP und dem BMI als auch zwischen dem BF% anhand der ADP und dem BF% mittels Hautfaltendicken. Der mediane BF% auf Grundlage der Hautfaltendicken lag mit 15,6 % (13,6 % – 18,9 %) um einen Prozentpunkt über dem medianen BF% mittels ADP. Die Hautfaltendickenmessung überschätzte den auf der ADP basierenden BF% insbesondere in den unteren Perzentilen.

Die initiale Datenerhebung erfolgte in der Neugeborenenkohorte 2014 und 2015 innerhalb der ersten 96 Lebensstunden. Zu diesem Zeitpunkt betrug der mediane BF% der Mädchen 11,4 % (9,8 % – 15,2 %) und der mediane BF% der Jungen 10,1 % (7,5 % – 12,8 %). Es zeigte sich ein Anstieg des medianen BF% bis zum Alter von sechs bis sieben Lebensjahren von 3,9 Prozentpunkten bei den Mädchen und von 4,2 Prozentpunkten bei den Jungen. In der vorliegenden Studienkohorte korrelierte ein hoher oder niedriger postnataler BF% nicht signifikant mit einem erhöhten oder erniedrigten BF% im Alter von sechs bis sieben Lebensjahren. Dies deutet auf den Einfluss weiterer Faktoren auf die körperliche Entwicklung im Säuglings- und Kindesalter hin. Potenzielle Einflussfaktoren wie die Stilldauer, das Vorhandensein eines mütterlichen GDM, der elterliche BMI, das Geburtsgewicht und das Geschlecht wurden in der Studienkohorte analysiert. Es bestand bei den Kindern unserer Kohorte keine signifikante Assoziation zwischen den untersuchten Parametern und dem BF%.

4 Diskussion

Normwerte im Zusammenhang mit der körperlichen Entwicklung von Kindern sind aufgrund langfristiger, gesundheitsbezogener Konsequenzen sowohl von Über- als auch von Untergewicht ein bedeutsames Forschungsfeld. Da die Prävalenz von Übergewicht bei Kindern in den vergangenen Jahrzehnten stark zugenommen hat [2, 4, 5], ist es von hoher Relevanz, Normwerte der Körperzusammensetzung bei Kindern in verschiedenen Altersstufen zu generieren, um die körperliche Entwicklung einordnen und beurteilen zu können. Neben der Verfügbarkeit adäquater Referenzwerte ist das Vorhandensein einer geeigneten Messmethode entscheidend. Diese Messmethode sollte nicht-invasiv und bei Kindern verschiedener Altersstufen anwendbar sein, sowie präzise Ergebnisse hinsichtlich der Körperzusammensetzung liefern. Des Weiteren besteht ein großes Interesse an der Identifikation von Einflussfaktoren auf die Körperzusammensetzung, da Interventionen zur Minderung von Übergewicht bei Kindern nicht auf die alleinige Gewichtsreduktion abzielen sollten, sondern insbesondere darauf, der Entstehung von Übergewicht vorzubeugen [4]. Anhand entsprechender, identifizierter Einflussfaktoren bestünde daraufhin die Möglichkeit, ideale Zeitpunkte für präventive und gewichtsreduzierende Maßnahmen zu definieren, sowie konkrete Handlungskonzepte zu entwickeln.

Ziel der durchgeführten prospektiven Kohortenstudie war es, eine Durchschnittskohorte gesunder, in Deutschland geborener und aufgewachsener, sechs- bis siebenjähriger Kinder hinsichtlich ihrer Körperzusammensetzung zu untersuchen, um diesbezüglich Referenzwerte zu ermitteln. Weiterhin diente der Vergleich verschiedener Methoden zur Bewertung des kindlichen Ernährungszustandes dazu, eine einfache, in der Praxis anwendbare und möglichst zuverlässige Messmethode zu evaluieren. Darüber hinaus zielte die Studie darauf ab, den Entwicklungsverlauf der Körperzusammensetzung ab der Geburt abzubilden und mögliche Einflussfaktoren auf die körperliche Entwicklung der Kinder in der Studienkohorte zu identifizieren.

Hierzu wurde mittels Air Displacement Plethysmography (ADP), als Folgestudie einer Geburtskohortenstudie, der Körperfettanteil sowie weitere Parameter zur Beurteilung des Ernährungszustandes von 102 Kindern erhoben, wobei 92 Kinder mit gültigen Messergebnissen in die nachfolgenden Analysen einbezogen wurden. Es wurden reifgeborene, gesunde Kinder in die Studie eingeschlossen, die als Neugeborene am ersten Teil der Studienreihe teilgenommen hatten. Die Kinder hatten zum Zeitpunkt der Messung ein medianes Alter von 6,6 Jahren.

Um die mittels ADP durchgeführten Messungen qualitativ zu bewerten und Alternativmethoden zu beurteilen, wurde zusätzlich der BMI der Kinder bestimmt und in die von der AGA empfohlenen BMI-Perzentilen nach Kromeyer-Hauschild, K. et al. [10] eingeordnet. Außerdem wurde der Körperfettanteil aus den Hautfaltdicken der Kinder nach Slaughter, M. H. et al. errechnet [101] und mit dem Körperfettanteil mittels ADP verglichen.

Potenziell relevante Einflussfaktoren wurden mithilfe anthropometrischer Messungen sowie anhand eines ausführlichen Fragebogens (*siehe Anhang*) erhoben. Dieser umfasste neben elterlichen Parametern wie der Größe, dem Gewicht, dem Rauchstatus und dem Schul- und Berufsausbildungsabschluss unter anderem Fragen zur kindlichen Aktivität, zur Ernährung inklusive der Stilldauer im Säuglingsalter und zum Schlafverhalten.

4.1 Diskussion der Studienergebnisse

4.1.1 Repräsentativität der Ergebnisse der Studienkohorte

Von der ehemaligen Geburtskohorte, welche die Grundlage der Studienpopulation darstellte, konnten in der aktuellen Folgerhebung bei 92 Kindern im Alter von sechs bis sieben Lebensjahren gültige Messergebnisse erzielt werden. Die Übereinstimmung relevanter Geburtsparameter beider Gruppen wurde bereits gezeigt (*siehe Abschnitt 3.1.1*). Die Konsistenz der beiden Kohorten hinsichtlich verschiedener Parameter, beispielsweise der Geschlechterverteilung, dem Geburtsgewicht und dem postnatalen BF% ist von entscheidender Bedeutung, um verlässliche Rückschlüsse auf die kindliche Entwicklung und deren Einflussfaktoren in der Studienpopulation ziehen zu können.

Um die Vergleichbarkeit der Studienergebnisse mit weiteren Studien zu gewährleisten und die Eignung der Kohorte für die Erstellung von Referenzwerten zu prüfen, wurden die Ergebnisse zu Körpergröße, Körpergewicht und BMI der Kinder mit den Studienergebnissen von Referenzkohorten der WHO [104] und der „British Growth Reference“ [102] verglichen. Es zeigte sich, dass die Kinder der Studienkohorte im Vergleich zu den beschriebenen Referenzkohorten im Alter von sechs bis sieben Lebensjahren eine höhere mediane Körpergröße ($Z\text{-Score}_{\text{Körpergröße}} = 0,43$; $\text{SDS}_{\text{Körpergröße}} = 0,41$) und ein höheres medianes Körpergewicht ($Z\text{-Score}_{\text{Körpergewicht}} = 0,53$; $\text{SDS}_{\text{Körpergewicht}} = 0,47$) aufwiesen. Darüber hinaus manifestierte sich im Vergleich zur Referenzkohorte der „British Growth Reference“ eine höhere mediane Körperlänge bei der Geburt ($\text{SDS}_{\text{Geburtsgröße}} = 0,46$) und ein moderat erhöhtes medianes Geburtsgewicht ($\text{SDS}_{\text{Geburtsgewicht}} = 0,16$). Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass es sich bei den Kindern unserer Studie im Vergleich zu gleichaltrigen Kindern durchschnittlich um eher größere und schwerere Kinder gehandelt hat. Der mediane BMI der Kinder entsprach hingegen nahezu vollständig der Kohorte der „British Growth Reference“ ($\text{SDS}_{\text{BMI}} = 0,05$). Der BMI erlaubt eine präzisere Beurteilung der körperlichen Konstitution von Kindern im Vergleich zur alleinigen Messung von Körpergröße oder Körpergewicht, daher ergeben sich geeignete Voraussetzungen für die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Populationen.

4.1.2 Erhebung des geschlechtsspezifischen BF% zur Ermittlung von Normwerten der Körperzusammensetzung

Mithilfe der ADP wurden als Parameter der Körperzusammensetzung unter anderem der kindliche Körperfettanteil (BF%) sowie der Anteil der fettfreien Masse an der Gesamtkörpermasse (FFM%) erfasst. In der Studienkohorte ergab sich zum Zeitpunkt der Untersuchung ein medianer BF% von 14,6 %. Bei den Studienteilnehmerinnen lag er im Median bei 15,3 %, bei den Studienteilnehmern bei 14,3 %. Diese Ergebnisse liefern Referenzwerte für eine repräsentative Kohorte von reifgeborenen und gesunden sechs- bis siebenjährigen Kindern.

Bisher wurden nur wenige umfassende Studien mit großen Kohorten zur Erstellung von Referenzwerten der Körperzusammensetzung im Kindesalter durchgeführt [10, 41, 107]. Diese begrenzte Anzahl an Studien und die Verwendung von unterschiedlichen Untersuchungsmethoden haben zur Folge, dass die Körperzusammensetzung gegenwärtig nicht als routinemäßiges Beurteilungskriterium des Ernährungszustandes herangezogen wird [39]. Die Vergleichbarkeit von Studien wird zudem dadurch limitiert, dass diese häufig in verschiedenen Altersgruppen durchgeführt werden und dass ethnische Unterschiede der Körperzusammensetzung bei Kindern ungleicher Herkunft bestehen. Aktuell mangelt es an longitudinal erhobenen Normwerten für die Körperzusammensetzung von der Geburt bis ins Kindes- oder Jugendalter. Insbesondere fehlen Daten von deutschen Kindern, deren Körperzusammensetzung anhand der ADP analysiert wurde. Es existieren jedoch Studien anhand alternativer Messmethoden und vereinzelte internationale Studien zur physiologischen kindlichen Körperzusammensetzung mittels der Methode der ADP.

In einem mit unserer Studie vergleichbaren Studiendesign wurde in einer brasilianischen Geburtskohortenstudie die ADP eingesetzt, um Kinder ab der Geburt hinsichtlich verschiedener Parameter, darunter auch ihres Körperfettanteils, zu untersuchen [108]. Bei Mädchen im Alter von sechs Lebensjahren ($n = 1619$) wurde ein mittlerer BF% von 25,1 % und bei Jungen ($n = 1731$) von 22,2 % ermittelt [108]. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen im Vergleich zu unserer Studienkohorte einen deutlich höheren BF%.

Die Möglichkeit einer direkten Gegenüberstellung der Ergebnisse beider Studien wird jedoch durch verschiedene Faktoren begrenzt, darunter die fehlende Selektion, beispielsweise hinsichtlich einer Frühgeburtlichkeit oder Mehrlingsgeburt sowie die unterschiedliche ethnische Herkunft der Kinder.

Darüber hinaus haben verschiedene Forschungsgruppen die Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) genutzt, um Referenzwerte der Körperzusammensetzung für Kinder verschiedener Altersstufen zu ermitteln. Eine umfangreiche deutsche Studie (n = 23.236) veröffentlichte im Jahr 2012 Referenzwerte für den BF% basierend auf Daten aus drei epidemiologischen Studien, die mittels BIA bei Kindern und Jugendlichen im Alter von drei bis sechzehn Jahren erhoben wurden [107]. Mädchen im Alter von sechseinhalb Jahren wiesen in dieser Studie im Median einen BF% von 20,75 % und Jungen von 20,15 % auf [107]. Abbildung 24 stellt die im Rahmen der Studie ermittelten Referenzkurven dar.

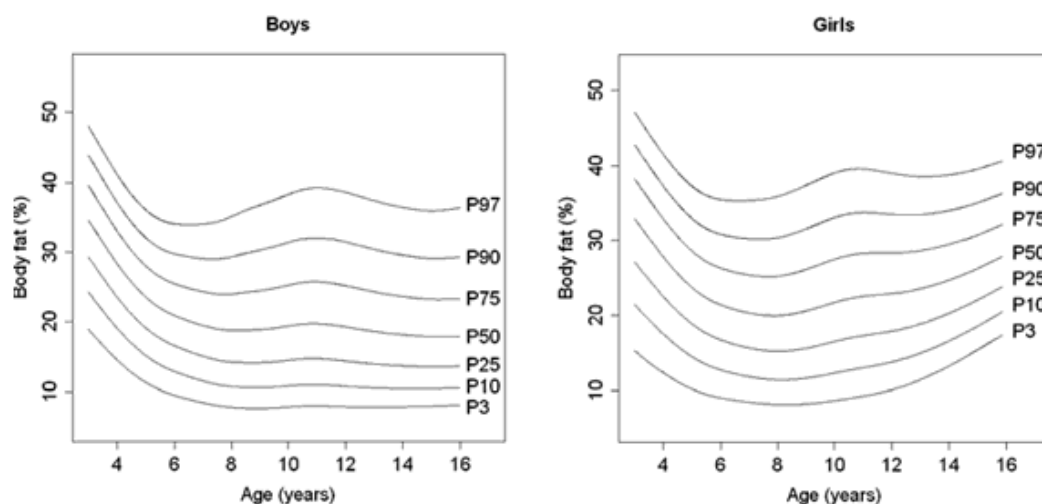


Abbildung 24: Geschlechtsspezifische Perzentilen zum prozentualen Körperfettanteil (Body fat %) anhand einer Referenzpopulation deutscher Jungen und Mädchen nach Platcha-Danielzik, S. et al. [107]

Eine im Jahr 2010 veröffentlichte Studie führte mittels BIA Untersuchungen bei Kindern unterschiedlicher Altersstufen in der Türkei durch (n = 4.076) und ermittelte bei den Mädchen mit sechseinhalb Jahren einen medianen BF% von 21,5 % und bei den gleichaltrigen Jungen einen medianen BF% von 19,1 % [109]. Basierend auf den Studienergebnissen wurden Referenzkurven des Körperfettanteils vom sechsten bis zum achtzehnten Lebensjahr erstellt, welche in der folgenden Abbildung 25 dargestellt werden [109].

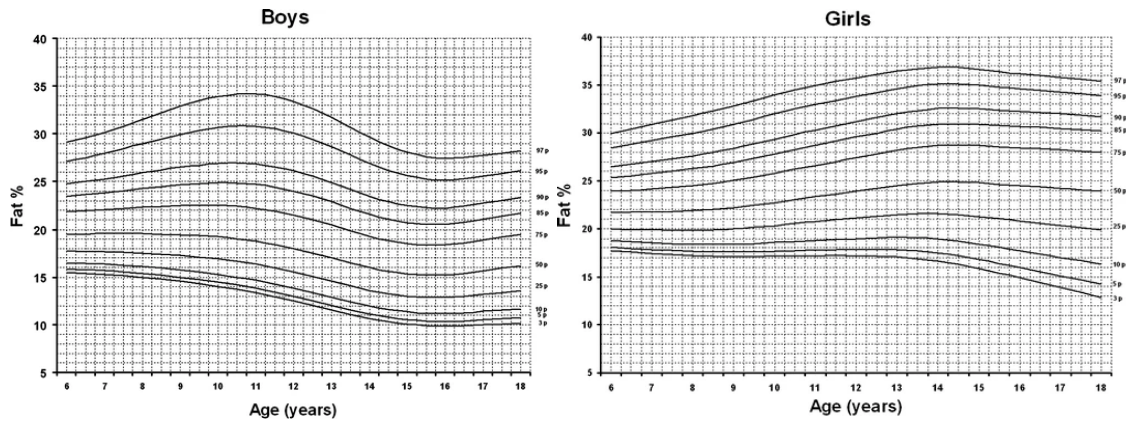


Abbildung 25: „Körperfett-Referenzkurven für türkische Kinder und Jugendliche. 3., 5., 10., 25., 50., 75., 85., 90., 95., 97. Perzentil“, Kurtoglu, S. et al. [109]

McCarthy, H. D. et al. untersuchten im Jahr 2006 in einer Kohortenstudie Mädchen und Jungen im Alter von fünf bis achtzehn Jahren aus Großbritannien mittels BIA, um Referenzwerte für die Körperzusammensetzung zu generieren (n = 1.985). Ihre Ergebnisse zeigten, dass bei sechsjährigen Mädchen ein medianer BF% von 19,1 % und bei sechsjährigen Jungen ein medianer BF% von 16,0 % vorlag [110]. Die im Rahmen der britischen Studie mittels BIA erstellten Referenzkurven von Jungen und Mädchen werden in Abbildung 26 dargestellt [110].

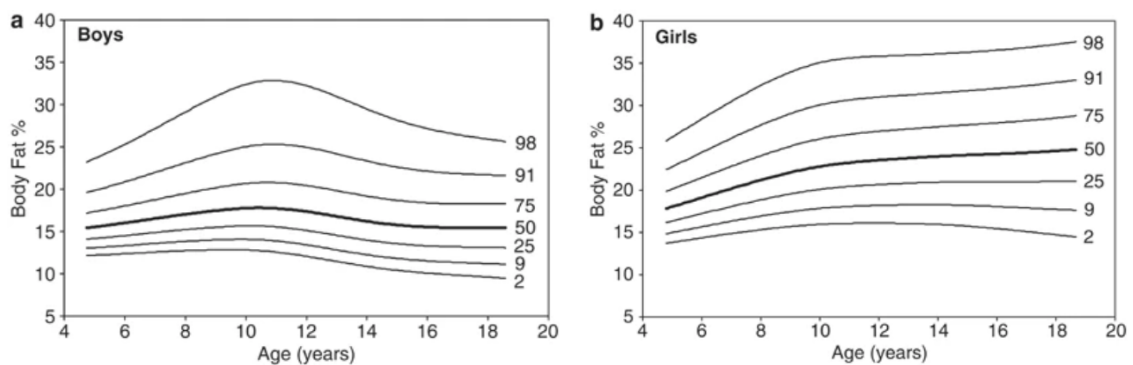


Abbildung 26: „Perzentilenkurven des Körperfettanteils kaukasischer Jungen und Mädchen im Alter von 5 – 18 Jahren, geglättet durch die LMS-Methode“, McCarthy, H. D. et al. [110]

Die vorgestellten Studien verdeutlichen, dass die ermittelten Referenzwerte für den BF% im Kindes- und Jugendalter, die überwiegend mittels BIA generiert wurden, relevante Abweichungen voneinander aufweisen. Diese Diskrepanzen zwischen den Messergebnissen, die unter Verwendung derselben Methode in verschiedenen Populationen erzielt wurden, unterstreichen die Notwendigkeit von populationsspezifischen Referenzwertstudien anhand einer einheitlichen und breit verfügbaren Methode zur Bewertung der Körperzusammensetzung.

Darüber hinaus mangelt es derzeit noch an definierten Grenzwerten des BF% für die Beurteilung des Ernährungszustandes. Lohman, T. G. et al. empfehlen für die Definition von Adipositas einen Grenzwert des BF% von über 30% für Jungen und von über 35% für Mädchen [46]. Eine alternative Herangehensweise könnte, als Analogie zur Bewertung des kindlichen BMI, in der Definition von Übergewicht und Adipositas anhand der Perzentilen der jeweiligen nationalen Referenzpopulation liegen. Für die Erstellung dieser Referenzkurven und der Identifikation sensibler Phasen der Veränderung des BF% im Entwicklungsverlauf sind longitudinale Messungen unerlässlich. Als Abschnitt einer longitudinalen Kohortenstudie bieten die in dieser Studie ermittelten Ergebnisse einen wichtigen Beitrag zur Erstellung repräsentativer deutscher Referenzkurven.

4.1.2.1 *Ethnische Diversität in der Körperzusammensetzung*

In *Abschnitt 4.1.2* wurden Studien präsentiert, die deutliche Abweichungen des BF% bei Kindern unterschiedlicher ethnischer Herkunft aufzeigten. Die Bewertung, ob diese beobachteten Differenzen primär genetisch bedingt sind oder eher auf sozioökonomische bzw. ernährungsbedingte Faktoren zurückzuführen sind, ist jedoch herausfordernd. Die Wahrscheinlichkeit genetischer Einflüsse auf die Entwicklung des BF% wird gestützt durch die Feststellung relevanter Unterschiede des BF% bei verschiedener ethnischer Herkunft innerhalb einer Population [111] sowie durch die Beobachtung von Differenzen des BF% zwischen verschiedenen ethnischen Gruppen bereits im Säuglingsalter [41, 112]. Es ist anzunehmen, dass die ethnischen Unterschiede in der kindlichen Körperzusammensetzung durch ein komplexes Zusammenspiel verschiedener Faktoren bedingt sind. Um den Einfluss dieser ethnischen Variation zu minimieren und kulturelle Unterschiede hinsichtlich beispielsweise Ernährungs- und Bewegungsmustern zu reduzieren, beschränkte sich diese Studie auf die Analyse von in Deutschland geborenen und aufgewachsenen Kindern.

4.1.3 Konsequenzen des postnatalen für den kindlichen BF%

Diverse wissenschaftliche Untersuchungen haben gezeigt, dass Übergewicht im Säuglings- und Kindesalter ein erhöhtes Risiko für die Entwicklung von Übergewicht und Adipositas im weiteren Verlauf der Kindheit und darüber hinaus darstellt und potenziell lebenslang gesundheitliche Konsequenzen bedingen kann (siehe Abschnitt 1.1.5) [17, 26, 91]. Obwohl bereits einige Studiendaten zur Entwicklung der Körperzusammensetzung im Verlauf der ersten Lebensmonate mithilfe der ADP vorliegen [113, 114], ist der langfristige Entwicklungsverlauf mittels derselben Methodik bisher wenig erforscht. Vor diesem Hintergrund wurde in unserer Studie die Entwicklung der Körperzusammensetzung vom Neugeborenenalter bis zum sechsten bzw. siebten Lebensjahr anhand der ADP untersucht. Die Erkenntnisse liefern einen Beitrag zur Diskussion des Einflusses des BF% bei der Geburt auf den BF% im Verlauf der Entwicklung. Es stellte sich heraus, dass der BF% unserer Studienkohorte mit sechs bis sieben Lebensjahren signifikant höher war als postnatal. Der Median des BF% lag in der Neugeborenenkohorte bei 11,2 %, während er im Alter von sechs bis sieben Lebensjahren 14,6 % betrug. Dies entspricht einer medianen Zunahme des BF% um 3,4 Prozentpunkte. Die ermittelten Ergebnisse sind konsistent mit dem in der Literatur beschriebenen physiologischen Entwicklungsverlauf des BF% im Kindesalter, der durch einen steilen Anstieg in den ersten drei bis sechs Lebensmonaten gekennzeichnet ist, gefolgt von einem Absinken und einer anschließenden, weniger steilen Zunahme im Verlauf der Kindheit bis zur Adoleszenz [107, 109, 110, 115]. Eine Korrelationsanalyse nach Spearman ergab keine signifikante Assoziation zwischen dem BF% im Neugeborenenalter und dem BF% mit sechs bis sieben Lebensjahren. Dies legt nahe, dass ein hoher Wert im Neugeborenenalter allein nicht ausreicht, um eine Assoziation mit einem entsprechend hohen Wert im Kindesalter zu zeigen. Um ein umfassendes Verständnis der Entstehung von Übergewicht in der Kindheit zu erlangen, bedarf es daher einer detaillierten Untersuchung weiterer Einflussfaktoren in den Phasen der Säuglings- und Kindesentwicklung. Die aktuelle Studienlage zum Einfluss der Körperzusammensetzung bei der Geburt auf die Körperzusammensetzung im Kindesalter deutet auf eine positive Assoziation dieser Parameter hin.

Eine äthiopische Studie von Admassu, B. et al. verglich mittels ADP die postnatale Fettmasse mit dem Fettmassenindex von Kindern im Alter von vier Jahren (n = 314) und zeigte in ihrer Kohorte eine positive Korrelation dieser Parameter [116]. Moore, B. et al. führten in einer amerikanischen Studie ebenfalls mittels ADP Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen dem BF% und dem BMI neugeborener Kinder und dem BMI der Kinder mit zwei bis sechs Lebensjahren durch (n = 979) [117]. Dabei fanden sie Hinweise darauf, dass ein hoher BF% bei Geburt mit einem erhöhten Risiko für Übergewicht und Adipositas bis zum Alter von sechs Jahren einherging [117]. Diese Tendenz wurde unabhängig vom Geschlecht und der ethnischen Zugehörigkeit der Kinder beobachtet [117].

Die Erforschung der Ursachen dieses beobachteten Zusammenhangs bildet derzeit den Schwerpunkt umfassender wissenschaftlicher Untersuchungen. Ein Fokus liegt in diesem Zusammenhang beispielsweise auf dem Konzept "Developmental Origin of Health and Disease" [21, 22]. Die Hypothese beschreibt auf epigenetischer Ebene unter anderem die komplexen Auswirkungen pränataler und unmittelbar postnataler Einflüsse, welche eine Anpassung der kindlichen DNA bedingen [21]. Diese Veränderungen der DNA können langfristige Konsequenzen wie die Dysregulation des Energiehaushaltes bewirken [21]. Eine frühzeitige Exposition gegenüber einer suboptimalen mütterlichen Ernährung in der Schwangerschaft, beispielsweise durch eine Über- oder Unterversorgung mit Nährstoffen, kann bereits Veränderungen in der transkriptionellen Regulation des Fettgewebes und weiterer Organsysteme initiieren, die sich langfristig auf den kindlichen Metabolismus auswirken [21, 118]. Weiterhin können Veränderungen des Darmmikrobioms durch die postnatale und frühkindliche Ernährung den kindlichen Entwicklungsverlauf auf epigenetischer Ebene beeinflussen [118]. Weitere Forschung ist erforderlich, um den Einfluss dieser Parameter auf den kindlichen BF% in der Entwicklung vollständig zu evaluieren. Zusätzliche longitudinale Studien sind notwendig, um die Konsequenzen eines erhöhten BF% nach der Geburt auf den weiteren Entwicklungsverlauf zu analysieren. Die Studiendaten dieser Dissertation, können dazu beitragen, Kindern mit einem erhöhten Risiko für Übergewicht im Verlauf der Entwicklung zu identifizieren, um gezielte Präventionsmaßnahmen einzuleiten.

4.1.4 Diskussion von Alternativmethoden zur Beurteilung der Körperzusammensetzung und des Ernährungszustandes

Sowohl die Berechnung des BMI als auch die Messung von Hautfaltendicken dienen der Bewertung der körperlichen Konstitution. Beide Verfahren sind auch bei Kindern schnell und einfach durchführbar und bedürfen keiner invasiven Maßnahmen. Aufgrund des Mangels an Referenzwerten zur Beurteilung des Ernährungs- und Entwicklungszustands anhand von Methoden, die die kindliche Körperzusammensetzung direkt messen, werden Alternativmethoden wie die Bestimmung des BMI und die Messung von Hautfaltendicken im klinischen Alltag häufig verwendet. In der hier vorliegenden Studie wurden diese Methoden unter anderem genutzt, um sie mit dem BF% anhand der ADP zu vergleichen und ihre Präzision im Vergleich zur Körperfettmessung zu beurteilen.

4.1.4.1 BMI

Der BMI gilt derzeit weltweit als führendes Kriterium zur Bewertung des Ernährungs- und Entwicklungsstatus bei Kindern [4]. In der pädiatrischen klinischen Praxis wird seine Ermittlung häufig angewendet und gilt als etablierte Methode [41, 48]. Aus diesem Grund wird der BMI auch von der AGA als Kriterium zur Einordnung des Ernährungszustandes bei Kindern in Deutschland empfohlen (*siehe Abschnitt 1.1.1*) [6]. Ein bedeutender Vorteil des BMI besteht in der Existenz umfangreicher Studien zu Referenzdaten in diversen Ländern sowie internationaler Vergleichsstudien, die die Festlegung spezifischer Grenzwerte für pädiatrisches Übergewicht anhand des BMI ermöglichen und die Vergleichbarkeit innerhalb und zwischen Populationen erleichtern [6, 9, 10]. Die einfache und nichtinvasive Bestimmung des BMI macht ihn zudem für umfangreiche epidemiologische Studien geeignet [48].

In der Studienkohorte betrug der mediane BMI der untersuchten Kinder zum Messzeitpunkt $15,7 \text{ kg/m}^2$. Die geschlechtsspezifische Analyse zeigte einen medianen BMI der Mädchen von $15,7 \text{ kg/m}^2$ und von $15,6 \text{ kg/m}^2$ bei den Jungen.

Gemäß der Klassifikation der AGA [6] wurden anhand des BMI 80,4 % der Kinder als normalgewichtig eingestuft, während 8,8 % als untergewichtig und 10,8 % als

übergewichtig oder adipös galten. Der SDS des BMI, basierend auf der „British Growth Reference“ [102], betrug 0,05, was auf eine hohe Übereinstimmung der Studienergebnisse bezüglich des BMI im Vergleich zur britischen Referenzkohorte hindeutet. Vergleichbare, anhand des BMI ermittelte Übergewichtsprävalenzen wies zudem die aktuellste systematische Erhebung des RKI in Deutschland („KIGGS-Welle 2“) auf, bei der die Prävalenz von Übergewicht inklusive Adipositas im Vorschulalter von drei bis sechs Lebensjahren bei Mädchen 10,8 % und bei Jungen 7,3 % betrug [16].

Die ausschließliche Verwendung des BMI als Maßstab zur Beurteilung des Ernährungszustandes von Kindern ist mit verschiedenen Herausforderungen und Einschränkungen verbunden und daher sehr umstritten [47]. Kromeyer-Hauschild, K. et al. betonten, dass die Zuverlässigkeit und Aussagekraft des BMI durch seine Abhängigkeit von der Körpergröße eines Kindes und dessen biologischem Alter beeinträchtigt wird [10]. Da hohe BMI-Werte durch eine unterschiedliche Verteilung von Knochen-, Muskel- und Fettmasse erreicht werden können, ist der BMI darüber hinaus nur begrenzt dazu geeignet, Adipositas im Sinne einer übermäßigen Körperfettmasse zu erfassen [46]. Fehlinterpretationen des Ernährungszustandes können entstehen, da der BMI unverändert bleiben kann, obwohl sich der BF% durch Diäten oder körperliches Training verändert [38, 119].

Um die Übereinstimmung zwischen der Höhe des BMI und dem BF% in der Studienkohorte zu untersuchen, wurden beide Werte erfasst und gegenübergestellt. Im Rahmen einer Korrelationsanalyse ergab sich eine signifikant positive Korrelation zwischen dem BF% und dem BMI ($r = 0,65$, $p < 0,05$, $n = 92$), wobei diese bei den Mädchen etwas stärker ausgeprägt war als bei den Jungen. Der Korrelationskoeffizient von $r = 0,65$ deutet auf eine moderate, jedoch keine vollständige Übereinstimmung zwischen dem BF% und dem BMI hin.

Verschiedene klinische Studien stellten den BMI mit alternativen Methoden zur Beurteilung der Körperzusammensetzung gegenüber, um seine Präzision und die damit einhergehende praktische Anwendbarkeit zu prüfen. Ellis, K. J. et al. verglichen den BMI der Kinder ihrer Studienkohorte mit dem BF% anhand der DXA ($n = 979$) und evaluierten eine signifikant positive Korrelation, während die individuelle Vorhersagefähigkeit des BMI anhand des BF% jedoch begrenzt war

[120]. Jensen, N. S. O. et al. sowie Vanderwall, C. et al. stellten hingegen nur eine mäßig positive Korrelation zwischen dem BMI und präziseren Methoden wie DXA, ADP oder Hydrodensitometrie bei Kindern fest [48, 121]. Vanderwall, C. et al. betonten, dass der BMI vor dem neunten Lebensjahr einen schlechten Prädiktor für den BF% und somit den Grad der Adipositas darstellt [121]. Die Vergleichbarkeit internationaler Studien zu Übergewichtsprävalenzen auf Grundlage des BMI wird durch unterschiedliche Definitionen und Grenzwerte von Übergewicht und Adipositas in verschiedenen Ländern limitiert [39, 122]. Zudem beeinträchtigen ethnische Unterschiede der Körperzusammensetzung die Interpretation des BMI, da das Ausmaß der Adipositas bei gleichem BMI-Wert variieren kann [123, 124].

Insgesamt wird deutlich, dass der BMI aufgrund seiner einfachen Erhebung und seiner moderat positiven Korrelation mit dem BF% dazu geeignet ist, die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas in einer Gesellschaft einzuschätzen und Trends in der Gewichtsentwicklung zu verfolgen. Es ist zu beachten, dass der BMI eine eingeschränkte Sensitivität für die Identifikation von Adipositas im Kindes- und Jugendalter auf individueller Ebene aufweist, da er keine direkten Rückschlüsse auf den BF% zulässt und ein gleicher BMI bei verschiedenen Individuen nicht notwendigerweise dem gleichen Grad an Fettleibigkeit entspricht [3, 46]. In Anbetracht dieser Limitation empfiehlt die WHO die Verwendung des BMI daher lediglich als groben Richtwert [3]. Der BMI sollte ausschließlich als alleinige Messgröße verwendet werden, wenn präzisere Methoden zur direkten Bestimmung des BF% nicht verfügbar sind und andernfalls sollten Methoden, welche den BF% direkt bestimmen, alternativ oder additiv verwendet werden [38, 48].

4.1.4.2 Hautfaltendicken

Die Messung der Hautfaltendicken stellt neben dem BMI eine anthropometrische Methode zur Beurteilung des Ernährungszustandes dar, bei der anhand der Abschätzung der Menge des subkutanen Fettgewebes Rückschlüsse auf den Ernährungszustand gezogen werden können. In der wissenschaftlichen Literatur existieren verschiedene Gleichungen zur Berechnung des BF% basierend auf den Hautfaltendicken. Slaughter, M. H. et al. wiesen darauf hin, dass einige

dieser bestehenden Gleichungen den BF% bei Kindern eher unterschätzen, da sie die spezifischen physiologischen Eigenschaften im Kindesalter nicht angemessen berücksichtigen [101]. Aus diesem Grund entwickelten sie Gleichungen, welche speziell für präpubertäre Kinder angepasst sind und sowohl die kindliche Körperkonstitution als auch die Ethnie berücksichtigen [101]. Die Hautfaltendicken der Kinder wurden an den von Lohman, T. G. et al. empfohlenen Referenzpunkten am Abdomen, am Trizeps und subskapulär anhand der in *Abschnitt 2.6.2* beschriebenen Methode gemessen [46]. Die mediane Hautfaltendicke am Abdomen lag bei 8,3 mm, am Trizeps bei 11,0 mm und subskapulär betrug sie 6,0 mm. In allen drei Körperregionen zeigten Mädchen im Median höhere Messwerte als Jungen.

Die vorliegenden Ergebnisse lassen sich in den Kontext einer Vielzahl internationaler und nationaler Studien zu Referenzwerten der Hautfaltendicken einordnen. Anhand einer deutschen Kohorte erstellten Kromeyer-Hauschild, K. et al. beispielsweise Perzentilenkurven zu Hautfaltendicken bei Kindern und Jugendlichen, wobei Mädchen in allen Alterskategorien im Vergleich zu Jungen ebenfalls höhere Werte aufwiesen [125]. Sowohl die Studienergebnisse von Kromeyer-Hauschild, K. et al. als auch die Ergebnisse zu Hautfaltendicken im Rahmen der KIGGS-Studie ergaben bei Kindern im Alter von sieben Lebensjahren eine hohe Übereinstimmung zu den Ergebnissen der von uns untersuchten Kohorte [125, 126].

Die Berechnung des individuellen kindlichen BF% erfolgte gemäß den Formeln von Slaughter, M. H. et al. (*siehe Abschnitt 2.8.2*) [101]. Dabei ergab sich ein medianer BF% von 15,6 %.

Der anhand der Hautfaltendicken berechnete, mediane BF% überschätzte demnach den anhand des BodPod[®] gemessenen medianen BF% um einen Prozentpunkt. In unserer Studienkohorte zeigte sich eine signifikant positive Korrelation zwischen dem mittels ADP gemessenen BF% und den aus den Hautfaltendicken errechneten Ergebnissen zum BF% ($r = 0,73$, $p < 0,05$, $n = 92$). Die positive Korrelation zeigte sich beim männlichen Geschlecht stärker als beim weiblichen Geschlecht.

Die Konkordanz zwischen dem BF%, basierend auf Hautfaltendicken und anderen diagnostischen Verfahren zur Bestimmung der Körperzusammensetzung ist Gegenstand einiger Untersuchungen, um die Eignung der Hautfaltendickenmessung als Alternative zu komplexeren Methoden wie dem BodPod® zu bewerten. Michels, N. et al. analysierten beispielsweise die Übereinstimmung des mittels ADP gemessenen BF% und dem BF% anhand von Hautfaltendicken bei Kindern im Alter von fünf bis elf Jahren (n = 480) und identifizierten eine hohe individuelle Übereinstimmung der Ergebnisse [127]. Kouwenhoven, S. M. P. et al. betonten hingegen, dass in ihrer Studie in den ersten zwei Lebensjahren keine hohe Konkordanz zwischen dem BF% mittels ADP und dem BF% anhand von Hautfaltendicken bestand, wobei die Hautfaltendicken den BF% im Vergleich zur ADP im Alter von zwei Lebensjahren in ihrer Studienkohorte überschätzten [50]. Für unmittelbar postnatal beginnende Längsschnittstudien sind die Hautfaltendickenmessungen als Instrumente zur Bestimmung der Körperzusammensetzung aus diesem Grund möglicherweise nicht empfehlenswert. Zusätzlich ist relevant, dass die von Slaughter et al. empfohlenen Gleichungen anhand von Messungen an präpubertären, pubertären und postpubertären Kindern und Jugendlichen ab einem Alter von acht Jahren validiert wurden. Aus diesem Grund ist die Voraussagefähigkeit des BF% für Kinder im Alter von sechs bis sieben Lebensjahren und darunter weiterhin kritisch zu hinterfragen. Kouwenhoven, S. M. P. et al. hoben zudem hervor, dass die Höhe des individuellen BF% einen maßgeblichen Einfluss auf die Übereinstimmung der beiden Methoden hat und dass bei der Hautfaltendickenmessung eine relevante Interrater-Variabilität besteht [50].

Eine Übersichtsarbeit von Orsso, C. E. et al. stellte ebenfalls heraus, dass komplexere Messmethoden wie die ADP nicht adäquat durch die Messung von Hautfaltendicken ersetzt werden können [128]. Dies wird darin begründet, dass die erzielten Ergebnisse häufig vom tatsächlichen Wert abweichen und Messfehler, einschließlich der Interrater-Variabilität, gehäuft auftreten [128].

Die Dicke der Hautfalten unterliegt verschiedenen Einflussfaktoren, einschließlich des Hydratationszustands, was bewirken kann, dass Ödeme oder Dehydratationen fälschlicherweise zu veränderten Berechnungen des BF% führen [49]. Es ist zudem zu beachten, dass eine Abweichung vom definierten Referenzpunkt

der Messung mit einer relevanten Ungenauigkeit bei der Bestimmung des BF% einhergehen kann [49]. Des Weiteren stellt die Messung bei stark adipösen Menschen eine Fehlerquelle dar, da sich bei ihnen möglicherweise nicht die gesamte Fettmasse sicher von der Muskelfaszie ablösen lässt [48, 49].

Zusammenfassend ergibt sich, dass die Berechnung des BF% anhand der Hautfaltendicken ein Instrument darstellt, welches Methoden wie die ADP ergänzen, jedoch für spezifische Fragestellungen nicht ersetzen kann. In Fällen, in denen komplexere Methoden nicht verfügbar sind, bietet sie eine kostengünstige und leicht umsetzbare Alternative mit niedrigen Anforderungen an die Compliance der Testpersonen [50, 127]. Fehlerquellen wie die hohe Interrater-Variabilität und individuelle Unterschiede in Bezug auf den Hydratationszustand sind jedoch zu berücksichtigen [49, 127]. Aus diesem Grund ist geschultes Personal für Messungen der Hautfaltendicken erforderlich ist, um die Variabilität zwischen Untersuchenden zu verringern.

4.1.5 Diskussion potenzieller Einflussparameter auf die kindliche Körperzusammensetzung

Die Evaluation prädisponierender Faktoren, die zur Entstehung von Übergewicht im Kindesalter beitragen, könnte in die Entwicklung gezielter Handlungsempfehlungen im Kontext der Behandlung und Prävention von Übergewicht einbezogen werden. Die Ätiologie der Entwicklung von kindlichem Übergewicht ist multifaktoriell, wobei sowohl modifizierbare als auch nicht modifizierbare Faktoren einen Einfluss ausüben [18, 19]. Insbesondere werden eine unzureichende körperliche Aktivität, eine inadäquate Kalorienaufnahme und eine verkürzte Schlafdauer als relevante Faktoren angesehen [19]. Zudem beeinflussen epigenetische Faktoren und Umwelteinflüsse, die bereits in frühen Entwicklungsstadien wirksam sind, langfristig Stoffwechselprozesse [20]. Dies verdeutlicht, dass durch die Mangelversorgung eines Neugeborenen mit Nährstoffen oder durch eine veränderte Stoffwechsellage der Mutter in der Schwangerschaft, beispielsweise durch einen GDM, Veränderungen der fötalen oder der kindlichen DNA entstehen können [21, 22]. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden umfangreiche Erhebungen zu potenziellen Einflussparametern durchgeführt. Die körperliche Aktivität und das Schlafverhalten als modifizierbare Einflussfaktoren wurden im Rahmen des Fragebogens evaluiert und werden in einer separaten Dissertation analysiert. Besonderheiten in der kindlichen Ernährung wurden anhand des Fragebogens ebenfalls erfasst. Da nahezu alle Familien die kindliche Ernährung als „ausgewogen“ beschrieben und keine Möglichkeit der Objektivierung bestand, konnte dieser Einflussfaktor nicht näher untersucht werden. Die Auswirkungen der Stilldauer, des Vorhandenseins eines mütterlichen GDM sowie der elterliche BMI auf den kindlichen BF% wurden in der Studienpopulation eingehend analysiert, wobei zusätzlich der Einfluss des kindlichen Geburtsgewichts sowie des Geschlechts der Kinder berücksichtigt wurde. Die Ergebnisse zu den genannten Faktoren werden in den folgenden Abschnitten dargestellt und eingeordnet.

4.1.5.1 Der Einfluss des Stillens auf den kindlichen Körperfettanteil

Die WHO empfiehlt aufgrund multipler Vorzüge des Stillens eine exklusive Stilldauer von sechs Monaten und weiteres Stillen zusätzlich zur Einführung von Beikost über das erste Lebensjahr hinaus [66]. Muttermilch liefert demnach alle erforderlichen Nährstoffe für die ersten sechs Monate des Lebens sowie immunologische Substanzen zum Schutz vor Infektionskrankheiten und zur Förderung der physiologischen Darmentwicklung [66]. Darüber hinaus hebt die WHO die protektive Wirkung des Stillens auf die Entwicklung von Übergewicht und Adipositas im Jugendalter hervor und betont, dass eine längere Stilldauer mit einer geringeren Übergewichtsprävalenz einhergeht [66, 67]. Studien, die den Einfluss der Stilldauer auf die Körperzusammensetzung untersuchen, leisten somit einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung von Empfehlungen zur Reduktion kindlichen Übergewichts. In unserer Studie wurde anhand des Elternfragebogens die Dauer des exklusiven Stillens der Kinder sowie der Zeitpunkt der Beikosteinführung erfasst. Kinder, welche eine exklusive Stilldauer von mehr als null bis zu drei Monaten aufwiesen, zeigten in der Studienkohorte mit einem Median von 16,7 % den höchsten BF%. Im Gegensatz dazu zeigten Kinder, die über einen Zeitraum von mehr als drei bis zu sechs Monaten exklusiv gestillt wurden, mit einem Median von 13,9 % den niedrigsten BF% (*Details siehe Abschnitt 3.6.1.3*). Basierend auf diesen Beobachtungen konnte in der Studienkohorte keine signifikante Korrelation zwischen dem BF% und der exklusiven Stilldauer ermittelt werden. Auch ein Mann-Whitney-U-Test ergab in der Kohorte keinen signifikanten Unterschied im BF% zwischen Kindern mit einer exklusiven Stilldauer von über oder unter drei Monaten. Dafür ursächlich ist mutmaßlich die begrenzte Größe der Studienkohorte und das Vorhandensein weiterer modifizierender verhaltensbezogener und sozioökonomischer Einflussfaktoren. Mit dem Ziel der Minimierung potenzieller Einflussfaktoren auf die Körperzusammensetzung, die erst im Kindesalter relevant sind, wie die körperliche Aktivität, führten Gale, C. et al. eine systematische Übersichtsarbeit und Metaanalyse von Studien durch, die die Körperzusammensetzung gesunder Säuglinge analysierten und deren Zusammenhang mit der Säuglingsernährung untersuchten [71]. Die Fettmasse der Säuglinge, die mit künstlicher Milchnahrung ernährt wurden, war im Alter von zwölf Monaten höher als bei gestillten Kindern [71]. Im Gegensatz dazu war der BF%

der mit künstlicher Milchnahrung ernährten Kinder im Alter von drei bis vier Monaten niedriger als bei gestillten Kindern [71]. Während einige Studien den Einfluss des Stillens auf den BF% bei Säuglingen untersuchten [69, 70], ist die Evidenzlage für ältere Kinder deutlich limitiert. Sowohl in Deutschland als auch global mangelt es an umfangreichen longitudinalen Studien, die den langfristigen Effekt des Stillens auf den BF% untersuchen. Vorhandene Studien unterscheiden sich beispielsweise im Erhebungsverfahren sowie im Alter der untersuchten Kinder. Forschende einer deutschen Studie analysierten den Zusammenhang zwischen der Stilldauer und dem BMI von Kindern im Alter von fünf bis sechs Jahren (n = 9.206) [67]. Die Adipositasprävalenz, basierend auf dem BMI, betrug in ihrer Kohorte 4,5 % bei ungestillten Kindern und 2,8 % bei gestillten Kindern [67]. Eine Stilldauer von mindestens sechs Monaten ergab in dieser Studie eine Reduktion des Risikos für Übergewicht oder Adipositas von 30 % bis 40 % [67]. Diese Erkenntnisse werden durch Gillman, M. W. et al. gestützt, da gestillte Säuglinge auch in ihrer Studienkohorte ein geringeres Risiko hatten, Übergewicht im Kindes- oder Jugendalter zu entwickeln [129]. Möglicherweise liegt die Ursache für den positiven Effekt des Stillens und der Stilldauer hinsichtlich der Prävention kindlichen Übergewichts in der Zusammensetzung der Muttermilch, beispielsweise dem Protein- und Energiegehalt [67, 68].

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die exklusive Stilldauer einen Einfluss auf die Entwicklung der kindlichen Körperzusammensetzung haben könnte. Um jedoch eindeutige Schlussfolgerungen über den Zusammenhang zwischen der Stilldauer und der Körperzusammensetzung treffen zu können, sind weitere Studien erforderlich, die größere Kohorten umfassen und den physiologischen Mechanismus des Zusammenhangs zwischen der Stilldauer und der Körperzusammensetzung erforschen. Die biochemische Zusammensetzung der Muttermilch, insbesondere hinsichtlich ihres Protein- und Energiegehalts, könnte eine Rolle bei diesem protektiven Effekt des Stillens auf die Entwicklung von Übergewicht und Adipositas spielen.

4.1.5.2 Der Einfluss eines mütterlichen GDM auf den kindlichen BF%

Die Auswirkungen eines mütterlichen GDM auf den kindlichen Metabolismus und das sich daraus ergebende Risiko für die Entwicklung von Übergewicht sind ebenfalls zentrale medizinische Forschungsfelder. Bereits in den 1920er Jahren beschrieb Pedersen, J., dass eine Hyperglykämie der Mutter während der Schwangerschaft zu einer fetalen Hyperglykämie führt, was wiederum eine Hypertrophie der kindlichen insulinproduzierenden Zellen im Pankreas verursacht und so eine verstärkte kindliche Insulinausschüttung und Glukoseverwertung bedingt [77, 78]. Diese Erkenntnisse werden durch die „Hyperglycemia und Adverse Pregnancy Outcome (HAPO) Study“ gestützt [76]. Sie zeigte, dass ein erhöhter mütterlicher Blutzuckerspiegel mit einem Anstieg von C-Peptid im Nabelschnurblut einhergeht, was auf eine vermehrte kindliche Insulinausschüttung hinweist [76]. Zu den potenziellen Folgen eines manifesten GDM gehören unter anderem die kindliche postnatale Hypoglykämie und die fetale Makrosomie, die mit einem erhöhten Geburtsgewicht assoziiert ist [76, 130]. Darüber hinaus wurde die fetale Makrosomie als prädisponierender Faktor für die Entwicklung von Übergewicht und Adipositas im Kindesalter identifiziert [90].

Aus diesem Grund wurde unsere Studienkohorte sowohl unmittelbar postnatal als auch im Alter von sechs bis sieben Lebensjahren hinsichtlich des Einflusses eines vorhandenen maternalen GDM auf den BF% untersucht. In der Neugeborenenkohorte betrug der BF% bei Kindern mit mütterlichem GDM 12,1 %, während er bei den Neugeborenen ohne mütterlichen GDM 11,1 % betrug. Im Alter von sechs bis sieben Lebensjahren war die Differenz noch deutlicher ausgeprägt als postnatal. Während der BF% bei den sechs- bis siebenjährigen Kindern mit mütterlichem GDM 16,2 % betrug, lag er bei den Kindern ohne mütterlichen GDM bei 14,4 %. Sowohl im Neugeborenen- als auch im Kindesalter zeigte sich demnach ein höherer medianer BF% bei den Kindern, deren Mütter in der Schwangerschaft von GDM betroffen waren.

Die wissenschaftliche Evidenz bezüglich der Auswirkungen eines GDM auf die körperliche Entwicklung von Neugeborenen und Säuglingen ist umfassender als die Studienlage hinsichtlich der Folgen für ältere Kinder. Dies lässt sich möglicherweise auf die methodischen Herausforderungen notwendiger Langzeitstudien

zurückführen. Im Kindes- und Jugendalter interagieren diverse Faktoren mit dem BF%, wodurch die isolierte Beurteilung des Effekts eines GDM erschwert wird. Zusätzlich wird die Evaluation langfristiger Auswirkungen von GDM auf die Körperzusammensetzung und das Auftreten von Übergewicht und Adipositas möglicherweise durch verschiedene weitere Faktoren wie das Gewicht der Mütter vor der Schwangerschaft oder die mütterliche Gewichtszunahme in der Schwangerschaft moduliert. Sauder, K. A. et al. konnten zeigen, dass der Effekt mütterlichen GDM auf kindliches Übergewicht bzw. Adipositas bei optimalem Ernährungs- und Bewegungsverhalten von Säuglingen und Kindern abgeschwächt wird [131]. Kim, S. Y. et al. stellten außerdem fest, dass der positive Zusammenhang zwischen einem mütterlichen GDM und dem Auftreten von Übergewicht ihrer Kinder bei Berücksichtigung des BMI der Mütter vor der Schwangerschaft deutlich verringert wird [132].

Die Vergleichbarkeit existierender Studien hinsichtlich metabolischer Folgen eines mütterlichen GDM wird primär durch methodische Unterschiede limitiert, wobei lediglich wenige Studien den BF% mittels ADP untersuchten. Eine umfassende internationale Querschnittsstudie (n = 4.740) konnte einen positiven Zusammenhang zwischen einem GDM und einem erhöhtem BF% sowie einer erhöhten Adipositasprävalenz bei elf- bis neunzehnjährigen Kindern und Jugendlichen zeigen [79]. Auch Wang, J. et al. und Josefson, L. et al. stellten in ihren Kohorten einen erhöhten BF% bei Kindern von Müttern mit GDM im Vergleich zu Kindern von Müttern ohne GDM fest [80, 81]. Letztere identifizierten zusätzlich einen additiven Effekt von GDM und Übergewicht der Mütter in der Schwangerschaft [81].

Es ist fraglich, ob eine leitliniengerechte Blutzuckereinstellung der Frauen mit GDM, bei der der Blutglukoseanteil im Normbereich gehalten wird, einen Einfluss auf die metabolische Entwicklung ihrer Nachkommen ausübt. In der dieser Dissertation zugrunde liegenden Studienkohorte wurden keine spezifischen Daten zur präzisen Blutzuckereinstellung während der Schwangerschaft erfasst. Jedoch konnte eine Studie von Au, C. P. et al. in ihrer Kohorte (n = 599) einen normwertigen BF% von Neugeborenen bei guter Blutzuckereinstellung der von GDM betroffenen Mütter zeigen [82]. Dies legt nahe, dass eine adäquate

Blutzuckereinstellung bei schwangeren Frauen mit GDM den kindlichen Metabolismus, insbesondere den BF%, positiv beeinflussen könnte.

Zusammenfassend ergibt sich, dass verschiedene Untersuchungen auf einen Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein eines mütterlichen GDM und einem erhöhten BF% sowie einer gesteigerten Adipositasprävalenz bei Kindern und Jugendlichen hindeuten. Langfristige Auswirkungen von GDM der Mütter auf die Körperzusammensetzung sind schwer zu evaluieren und werden durch verschiedene Faktoren wie das präkonzeptionelle Gewicht der Mütter und weitere kindliche Faktoren moduliert. In der vorliegenden Studienkohorte konnte kein signifikanter Unterschied im BF% zwischen Kindern mit oder ohne mütterlichen GDM festgestellt werden. Es ist anzunehmen, dass dies auf die begrenzte Größe der Kohorte von Kindern mit mütterlichem GDM ($n = 17$) zurückzuführen ist. Darüber hinaus bedarf die Rolle einer leitliniengerechten Blutzuckereinstellung von Müttern während der Schwangerschaft weiterer Untersuchungen, da sie die Folgen eines mütterlichen GDM auf den kindlichen Metabolismus abschwächen könnten.

4.1.5.3 Der Einfluss des elterlichen BMI auf den kindlichen BF%

Die WHO hebt in ihrem Report zum Thema Adipositas die genetische Komponente als einen prädisponierenden Faktor für die Entstehung von Übergewicht hervor, welche die Anfälligkeit für die Akkumulation von Fettgewebe bei positivem Energiehaushalt verstärken kann und somit die Entstehung kindlichen Übergewichts beeinflusst [4]. Um den Einfluss des elterlichen BMI auf die körperliche Entwicklung der Kinder in der Studienkohorte zu untersuchen, wurden Korrelationsanalysen nach Spearman für diese Parameter durchgeführt. Dabei zeigte sich eine geringe, jedoch signifikant positive Korrelation zwischen dem elterlichen und dem kindlichem BMI. Im Gegensatz dazu konnte keine signifikante Assoziation zwischen dem elterlichen BMI und dem kindlichen BF% festgestellt werden.

Es wurden zahlreiche weitere Studien durchgeführt, um den Zusammenhang zwischen dem elterlichen BMI und dem kindlichen Metabolismus genauer zu evaluieren. Sowohl in den wissenschaftlichen Untersuchungen der Studienkohorten von Devakumar, D. et al. (n = 511) als auch von Baran, R. et al. (n = 315) wurde ein erhöhter elterlicher BMI, insbesondere der Mütter, mit einem signifikant gesteigerten BF% der Nachkommen im Kindes- und Jugendalter in Verbindung gebracht [86, 87]. Darüber hinaus konnten Forschende zeigen, dass kindliches Übergewicht und kindliche Adipositas bei Vorhandensein einer Adipositas der Eltern vermehrt auftritt [4, 83, 84]. Eine Metaanalyse von Lee, J. S. et al. ergab darüber hinaus eine stärkere Assoziation zwischen elterlicher und kindlicher Fettleibigkeit, wenn beide Elternteile von Adipositas betroffen waren [84]. Bezüglich der Übereinstimmung zwischen einer Adipositas der Eltern und ihren Kindern wurden zudem globale Unterschiede festgestellt, wobei eine hohe Korrelation bei asiatischer Herkunft der Familien und in Ländern mit höherem Einkommen zu beobachten war [84]. Es konnten außerdem verschiedene genetische Mutationen identifiziert werden, die mit der Entstehung von Adipositas assoziiert sind, darunter solche, die die Lipoproteinlipase-Aktivität im Fettgewebe, die Stoffwechselrate, die Leptinwirkung und die Insulinsensitivität beeinflussen [4, 27].

Es ist zu beachten, dass die Betrachtung des elterlichen BMI als isolierter Einflussfaktor auf den kindlichen Ernährungszustand nicht uneingeschränkt möglich

ist. Familien weisen in der Regel Ähnlichkeiten in Bezug auf ihre Demographie, ihren sozioökonomischen Status, ihre Familienstruktur und die Gesundheit auf [85]. Dennoch konnte gezeigt werden, dass der kindliche BMI auch mit dem der biologischen Eltern korreliert, selbst wenn die Kinder nicht bei ihnen aufgewachsen sind [27, 85]. Dies deutet darauf hin, dass die Übertragung von Übergewicht und Adipositas durch genetische Mechanismen erfolgt oder diese zumindest einen relevanten Einfluss ausüben [85]. Darüber hinaus wurde bei Säuglingen von übergewichtigen oder adipösen Müttern in einer wissenschaftlichen Untersuchung neben einem erhöhten BMI auch ein verminderter Energieverbrauch festgestellt, was die Hypothese eines genetischen Einflusses verstärkt und einen reinen ernährungsphysiologischen Zusammenhang eher ausschließt [83].

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass mehreren Studien eine positive Assoziation zwischen dem elterlichen BMI und dem kindlichen BMI oder der kindlichen Körperzusammensetzung zeigen konnten [84-87]. In unserer Studienkohorte war dieser Zusammenhang in Bezug auf den kindlichen BMI evaluierbar, jedoch nicht hinsichtlich des kindlichen BF%. Dies könnte möglicherweise durch die begrenzte Größe der Studienkohorte und die daraus resultierende limitierte Anzahl übergewichtiger oder adipöser Kinder bedingt sein. Eine Einschränkung der Verwertbarkeit der Erkenntnisse ergab sich zudem daraus, dass die Größe und das Gewicht der Eltern nicht im Rahmen der Datenerhebung gemessen wurden, sondern diese Parameter lediglich durch anamnestische Erhebungen im Fragebogen evaluiert wurden. Eine umfassende Untersuchung des rein genetischen Zusammenhangs erfordert darüber hinaus die Eliminierung potenzieller Störfaktoren, was die Komplexität eines geeigneten Studiendesigns deutlich erhöht.

4.1.5.4 Der Einfluss des Geburtsgewichts auf den kindlichen BF%

Das Geburtsgewicht stellt einen weiteren potenziellen Einflussfaktor dar, der sich auf die Entwicklung der kindlichen Körperzusammensetzung auswirken könnte und damit Relevanz hinsichtlich der Beeinflussung des Risikos für die Entstehung von kindlichem Übergewicht haben könnte. In der wissenschaftlichen Forschung konzentrierten sich klinische Studien überwiegend auf die longitudinale Analyse der Beziehung zwischen dem Geburtsgewicht und dem späteren Körpergewicht oder dem BMI. Die Bedeutung des Geburtsgewichtes als möglicher Einflussfaktor auf die Körperzusammensetzung von Kindern und Jugendlichen wurde bisher hingegen nur begrenzt untersucht. In der Studienkohorte wurde daher eine Analyse des Einflusses des Geburtsgewichts auf die körperliche Entwicklung im Kindesalter durchgeführt. Eine initiale Korrelationsanalyse nach Spearman ergab einen signifikant positiven Zusammenhang zwischen dem Geburtsgewicht und dem Körpergewicht im Alter von sechs bis sieben Lebensjahren, jedoch keine signifikante Korrelation zwischen dem Geburtsgewicht und dem BMI der Kinder. Im weiteren Verlauf der statistischen Datenauswertung wurden Korrelationsanalysen zwischen dem Geburtsgewicht und dem BF% durchgeführt, um den Einfluss des Geburtsgewichts auf die Körperzusammensetzung der Kinder zu untersuchen. Hierbei zeigte sich zunächst ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen dem Geburtsgewicht und dem postnatalen BF%, welcher jedoch im Alter von sechs bis sieben Lebensjahren nicht mehr nachweisbar war.

Die Ergebnisse aktueller wissenschaftlicher Forschung deuten auf eine Assoziation zwischen einem hohen Geburtsgewicht und einem erhöhten Risiko für Übergewicht im Kindesalter und darüber hinaus hin [17, 90, 91]. Eine umfassende Metaanalyse von Schellong, K. et al. (n = 643.902) zeigte, dass ein niedriges Geburtsgewicht der Kinder das Risiko für späteres Übergewicht verringerte, während ein hohes Geburtsgewicht im Vergleich zu einem normalen Geburtsgewicht das Risiko etwa verdoppelte [91]. Auch Yu, Z. B. et al. bestätigten diese Erkenntnisse, da in ihrer Studie ein hohes Geburtsgewicht mit einem gesteigerten Risiko für Adipositas in der Kindheit und dem frühen Erwachsenenalter assoziiert war [133].

Der positive Zusammenhang könnte auf die erhöhten Spiegel von Wachstumsfaktoren wie Insulin zurückzuführen sein, die mit einem gesteigerten Geburtsgewicht einhergehen und möglicherweise das Risiko für Übergewicht im späteren Leben beeinflussen [89].

Während eine positive Assoziation zwischen einem erhöhten Geburtsgewicht und einem erhöhten BMI im Kindesalter in vielen wissenschaftlichen Untersuchungen gezeigt werden konnte, ist die Korrelation zwischen dem Geburtsgewicht und dem späteren BF% nur in wenigen longitudinalen Studien untersucht worden und ergab inkonsistente Ergebnisse. Roger, I. S. et al. führten eine Kohortenstudie mit der Methode der DXA durch (n = 6.086), in der ein erhöhtes Geburtsgewicht der Probandinnen und Probanden mit einem gesteigerten BF% der Kinder im Alter von neun bis zehn Lebensjahren einherging [92]. Im Gegensatz dazu war das Geburtsgewicht in einer Studie von Marinos, E. et al. im Jugendalter negativ mit der Höhe des BF%, welcher anhand verschiedener Methoden evaluiert wurde, assoziiert [93]. Eine Metaanalyse von Rallis, D. et al. ergab, dass die meisten der von ihnen untersuchten Studien keinen Zusammenhang zwischen einem erhöhten Geburtsgewicht und einem erhöhten BF% nachweisen konnten [94]. Es existieren zudem Studien, die eher ein erhöhtes Aufholwachstum nach der Geburt von Kindern mit niedrigem Geburtsgewicht mit einem erhöhten BF% in der späteren Kindheit in Zusammenhang bringen als die Höhe des Geburtsgewichts selbst [94].

Da die Komplexität der Beziehung zwischen dem Geburtsgewicht und dem späteren BF% durch verschiedene Einflussfaktoren in der Säuglingsperiode und frühen Kindheit beeinflusst wird und die vorliegende wissenschaftliche Literatur bisher auf inkonsistente Ergebnisse hinweist, sind weitere Studien notwendig. Zusätzlich bedarf es wissenschaftlicher Forschung hinsichtlich möglicher physiologischer Auswirkungen eines erhöhten Geburtsgewichts, um die sich ergebenden Konsequenzen zu interpretieren.

4.1.5.5 Der Einfluss des Geschlechts auf den kindlichen BF%

Die Annahme, dass das Geschlecht eine bedeutende Determinante der Körperzusammensetzung darstellt, hat in der medizinischen Forschung bereits zu intensiven Untersuchungen hinsichtlich dieser geschlechtsspezifischen Unterschiede geführt. Die zugrundeliegenden Ursachen sind vielfältig und resultieren aus einer komplexen Interaktion von biologischen, soziokulturellen und gesellschaftlichen Faktoren [96, 97]. Unterschiede im Aktivitätsniveau, Ernährungsgewohnheiten und psychosoziale Faktoren spielen dabei eine entscheidende Rolle [97]. Geschlechtshormone wie Östrogen, Progesteron und Androgene beeinflussen unter anderem die Verteilung und Aktivität von Hormonrezeptoren sowie die anatomische Fettverteilung, wodurch das weibliche Geschlecht tendenziell mehr subkutanes und das männliche Geschlecht mehr viszerales Fettgewebe aufweist [96]. Des Weiteren gibt es geschlechtsspezifische Variationen in der Expression von Genen, die die Aktivität von Hormonen und Rezeptoren regulieren sowie die Bildung von Adipozyten beeinflussen [96].

In unserer Studienkohorte manifestierten sich bereits im Neugeborenenalter Abweichungen des BF% zwischen Mädchen und Jungen. Bei den Mädchen lag der mediane, postnatal gemessene BF% bei 11,4 %, während er bei den Jungen 10,1 % betrug, was einer Differenz von 1,3 Prozentpunkten entspricht. Ein Mann-Whitney-U-Test konnte zeigen, dass es sich hierbei um einen statistisch signifikanten Unterschied handelte. Im Alter von sechs bis sieben Lebensjahren lag der mediane BF% der Mädchen mit 15,3 % um einen Prozentpunkt höher als der der Jungen mit 14,3 %. Ein Mann-Whitney-U-Test konnte in der Studienkohorte keinen signifikanten Geschlechtsunterschied hinsichtlich des BF% zeigen.

In diversen Studien wurden konsistente Ergebnisse zu geschlechtsspezifischen Unterschieden in verschiedenen Altersgruppen beobachtet, wobei das weibliche Geschlecht einen höheren und das männliche Geschlecht einen niedrigeren BF% aufwies [108-110]. Fields, D. A. et al. nutzten ebenfalls die Methode der ADP (PeaPod®), um geschlechtsspezifische Unterschiede der Körperzusammensetzung im Säuglingsalter zu untersuchen (n = 117) und stellten einen signifikant erhöhten BF% bei Mädchen im Vergleich zu Jungen in den ersten drei Lebensmonaten fest [134]. Postnatal erhöhte Testosteronspiegel bei männlichen

Säuglingen, die mit der Geschlechtsdifferenzierung und -entwicklung assoziiert sind und mit einer höheren Wachstumsgeschwindigkeit nach der Geburt einhergehen, könnten eine mögliche Erklärung für einen niedrigeren BF% der Jungen im Säuglingsalter sein [134, 135]. Auch über das Säuglingsalter hinaus dokumentierten zahlreiche Studien geschlechtsspezifische Unterschiede der Körperzusammensetzung im Entwicklungsverlauf. Wells, J. C. et al. entwickelten Referenzkurven der Körperzusammensetzung gesunder britischer Kinder im Alter von fünf bis zwanzig Lebensjahren und identifizierten signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede in den Ergebnissen [41]. Kurtoglu, S. et al. zeigten in ihrer Studienkohorte (n = 4.076) in allen Altersgruppen von sechs bis achtzehn Lebensjahren höhere Körperfettanteile bei Mädchen im Vergleich zu Jungen, wobei die größte Divergenz im Alter von fünfzehn Jahren auftrat [109]. Auch Leskinen, T. et al. zeigten mittels BIA signifikante Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen im Alter von drei bis fünf Jahren, welche im fünften Lebensjahr stärker ausgeprägt waren als im dritten [136].

Zusammenfassend weisen sowohl die vorliegenden Studienergebnisse als auch die wissenschaftliche Literatur darauf hin, dass die Körperzusammensetzung, insbesondere der BF%, durch das Geschlecht beeinflusst wird. Die Berücksichtigung des Geschlechts bei der Entwicklung von Empfehlungen zur Prävention und Behandlung von Übergewicht und Adipositas ist entsprechend von entscheidender Bedeutung. Die fehlende Signifikanz der Ergebnisse bei den Kindern unserer Studienkohorte mit sechs bis sieben Lebensjahren könnte auf die begrenzte Größe der Studienkohorte zurückzuführen sein. Ein weiterer möglicher Faktor ist, dass die Kinder der Studienkohorte präpubertär waren und der Unterschied möglicherweise nach Beginn der Pubertät stärker ausgeprägt ist [109]. Die Ursachen der Geschlechtsunterschiede sind vielschichtig und umfassen unter anderem hormonelle Unterschiede und Variationen in der Genexpression, welche Gegenstand aktueller Forschung sind.

4.1.5.6 Kombination von Einflussfaktoren auf den kindlichen BF%

Die Körperzusammensetzung im Verlauf der Entwicklung bis ins Kindes- und Jugendalter resultiert aus einem komplexen Zusammenspiel verschiedener Einflussfaktoren und kann nicht allein auf einzelne der in diesem Abschnitt beschriebenen Faktoren zurückgeführt werden. In der wissenschaftlichen Literatur wird die Entwicklung des BF% in der Kindheit als multifaktorielles Geschehen betrachtet. Diese wirken sich kombiniert auf das Risiko für die Entstehung von Übergewicht und Adipositas aus. Neben den ausführlich analysierten Determinanten werden auch der kindlichen Ernährung, der körperlichen Aktivität und dem Schlafverhalten entscheidende Einflüsse zugesprochen [18, 19]. In einer deutschen Studie wurden Kinder (n = 2.631) und ihre Elternpaare hinsichtlich verschiedener Risikofaktoren für die Entwicklung von Übergewicht und Adipositas im Sinne eines erhöhten BMI untersucht [137]. Im Rahmen von multivariaten Analysen konnten in dieser Kohorte das elterliche Übergewicht, ein niedriger sozioökonomischer Status und ein hohes Geburtsgewicht als stärkste der untersuchten Risikofaktoren für Übergewicht und Fettleibigkeit bei Kindern identifiziert werden [137]. Auch geschlechtsspezifisch konnten verschiedene Einflussfaktoren evaluiert werden, die sich auf das jeweilige Risiko für die Entwicklung von Übergewicht und Adipositas auswirkten [137]. Li, C. et al. kombinierten in einer umfassenden Längsschnittuntersuchung (n = 2.636) die Interaktion des Einflusses des Stillens und des mütterlichen Übergewichts vor der Schwangerschaft auf das Risiko für die Entwicklung von kindlichem Übergewicht im Alter von zwei bis vierzehn Jahren [138]. Sie konnten einen additiven Einfluss der Parameter feststellen, wonach Kinder, deren Mütter vor der Schwangerschaft an Adipositas litten und die nach der Schwangerschaft nicht gestillt wurden, das höchste Risiko hatten, übergewichtig zu werden [138].

Zusammenfassend ergibt sich, dass die kindliche körperliche Entwicklung multiplen Einflussfaktoren unterliegt, die in Kombination das Risiko für die Entstehung von Übergewicht modifizieren können. Insbesondere longitudinal angelegte Studien, die verschiedene Faktoren evaluieren, können beim Verständnis dieser komplexen Wechselwirkungen helfen und so die Effizienz von präventiven Maßnahmen zur Vorbeugung von kindlichem Übergewicht unterstützen.

4.1.6 Zusammenfassung

Die vorliegende Studie umfasste das Ziel der Erhebung alters- und geschlechtsspezifischer Normwerte der Körperzusammensetzung unter Bezugnahme der postnatalen Werte der Kinder sowie der Evaluation einer geeigneten Methode zur Erfassung des BF% und der Identifizierung potenzieller Einflussfaktoren. Die Studienkohorte setzte sich aus 92 Kindern einer Geburtskohortenstudie des Universitätsklinikums Tübingen zusammen, die in Deutschland geboren und aufgewachsen sind, um ethnisch und kulturell bedingte Variationen der Körperzusammensetzung zu reduzieren. Die Studienkohorte stimmte hinsichtlich verschiedener Geburtsparameter, wie dem Gestationsalter, dem Geburtsgewicht, dem postnatalen BF% und der Geschlechterverteilung mit der Neugeborenenkohorte (n = 365) überein. Auch im Vergleich mit internationalen Referenzkohorten war eine hohe Übereinstimmung des BMI gegeben, wobei sich herausstellte, dass es sich bei den Kindern der Studienkohorte im Vergleich zu den Referenzkohorten um eher größere und schwerere Kinder handelte. Der mediane BF% der Kinder betrug zum Zeitpunkt der Untersuchung mit sechs bis sieben Lebensjahren 14,6 %, während er bei den Mädchen mit 15,3 % um einen Prozentpunkt höher war als bei den Jungen mit 14,3 %. Der mediane kindliche BF% war mit einer medianen Zunahme um 3,4 Prozentpunkte signifikant höher als der mediane postnatale BF%. Es bestand keine signifikante Korrelation zwischen dem kindlichen BF% mit ihrem postnatalen BF%. In der Studienkohorte korrelierten sowohl der BMI als auch BF% anhand von Hautfaldendicken signifikant mit dem BF% anhand der ADP. Trotz einiger Vorteile, wie einem einfachen Erhebungsmanagement, werden beide Alternativmethoden in der Literatur als minderwertig im Vergleich zur ADP betrachtet. Analytierte Einflussparameter auf den BF% umfassten die Stilldauer, das Vorhandensein eines mütterlichen GDM, den elterlichen BMI, das Geburtsgewicht sowie das Geschlecht. Zwischen diesen potenziellen Einflussfaktoren und dem BF% bestand in der Studienkohorte keine signifikante Korrelation. Dies unterstreicht die in Studien beschriebene multifaktorielle Genese aus genetischen, intrauterinen und postnatal wirkenden Faktoren, welche Gegenstand aktueller Forschungen sind und weiterführend untersucht werden sollten.

4.2 Beurteilung des BodPod® – Reliabilität und Validität der ADP-Methode bei Kindern im Vergleich mit anderen Messverfahren

Die hohe Prävalenz von Übergewicht und Adipositas im Kindesalter erfordert neben populations- und geschlechtsspezifischen Normwerten eine leicht anwendbare, klinisch praktikable und zugleich exakte Methode zur Beurteilung der individuellen Körperkonstitution. Dies ist notwendig, um einen möglichen Interventionsbedarf frühzeitig und leicht identifizieren zu können und zielgerichtete, optimierende Interventionen einzuleiten. Die Relevanz einer geeigneten Messmethode wird zudem durch die funktionelle Bedeutung der Körperzusammensetzung unterstrichen, beispielsweise hinsichtlich der Pharmakokinetik von Arzneimitteln, der Beurteilung von kindlichen Wachstumsstörungen sowie als Marker für den Energie- und Flüssigkeitsbedarf künstlich ernährter Kinder [40, 139].

Die in dieser Studie angewandte Methode der ADP nutzt ein Modell, in welchem der Körper in die Komponenten der fettfreien Körpermasse (FFM) und die der Fettmasse (FM) unterteilt wird. Im Rahmen der BodPod®-Messung dient die Beziehung zwischen Druck und Volumen dazu, das Körpervolumen der Probandinnen und Probanden zu bestimmen und dadurch in Kombination mit der Körpermasse ihre Körperdichte zu berechnen. Anhand der Körperdichte können anschließend die prozentualen Anteile von Körperfett und fettfreier Körpermasse ermittelt werden (*siehe Abschnitt 2.7.2*) [63]. Die Besonderheiten der präpubertären Körperzusammensetzung, gekennzeichnet durch einen höheren Anteil an Körperwasser im Vergleich zu Erwachsenen, werden bei der Ermittlung des Körperfettanteils anhand des BodPod® durch einen Korrekturfaktor berücksichtigt (*siehe Abschnitt 2.7.2*) [45, 100].

Die ADP bietet verschiedene Vorteile, unter anderem eine schnelle, nichtinvasive und einfache Durchführbarkeit der Messungen und ermöglicht so die Anwendung bei kleinen Kindern und älteren Menschen [45, 63]. Die teilnehmenden Kinder dieser Studie erfüllten die Anforderungen an den Messablauf, wie das stille Sitzen und der Akzeptanz von enganliegender Kleidung und Haarbedeckung, wodurch sich der BodPod® hinsichtlich der praktischen Umsetzbarkeit als adäquate Methode erwies.

Dewit, O. et al. betonten ebenfalls, dass die ADP von gesunden Kindern im Alter von fünf bis vierzehn Lebensjahren gut akzeptiert werde, was auf eine Eignung der meisten Kinder in dieser Altersgruppe für die Messungen hinweist [140]. Limitationen bestehen lediglich bei Anwendung des BodPod® in bestimmten Kohorten, beispielsweise bei bettlägerigen oder nicht kooperationsfähigen Menschen [45].

Um zu prüfen, ob die ADP neben ihrer einfachen Durchführbarkeit auch hinsichtlich ihrer Genauigkeit für die Anwendung bei Kindern eine adäquate Methode darstellt, wurden verschiedene Studien durchgeführt, die diese Methode mit anderen Verfahren zur Bestimmung der kindlichen Körperzusammensetzung verglichen. Historisch galt die Hydrodensitometrie, welche die Körperzusammensetzung ebenfalls über die Bestimmung der Körperdichte eruiert, über viele Jahre als Goldstandard für die Ermittlung des BF% [55]. Aus diesem Grund wurde die Hydrodensitometrie in einigen Studien als Vergleichsmethode herangezogen, wobei sich eine hohe Übereinstimmung der Ergebnisse beider Methoden ergab [55, 64, 98, 140]. Untersuchungen von Dewit, O. et al. stellten heraus, dass die beiden Methoden hinsichtlich der Genauigkeit ihrer Ergebnisse bei gesunden Kindern austauschbar verwendet werden können [140]. Die ADP bietet den Vorteil einer einfacheren Durchführbarkeit im Gegensatz zur Hydrodensitometrie, indem das Eintauchen der Person in Wasser zum hydrostatischen Wiegen entfällt [46]. Zusätzlich wurde die ADP in Vergleichsstudien mit weiteren Methoden zur Ermittlung der Körperzusammensetzung hinsichtlich ihrer Übereinstimmung geprüft. Fields, D. A. et al. und Wells, J. C. et al. validierten die Methode der ADP für Kleinkinder und Vorschulkinder und stuften sie als präzise und zuverlässig ein [141, 142]. Ellis, K. J. et al. konnten durch einen Vergleich mit einer aufwendigen Vier-Kompartiment-Methode zeigen, dass die Messung der Körperzusammensetzung mittels ADP eine hohe Genauigkeit und eine große Re-Test-Reliabilität aufweist [64]. Für Längsschnittstudien im Entwicklungsverlauf empfohlen Fields, D. A. et al. die ADP zudem als Methode der Wahl, da sie für alle Altersgruppen ab der Geburt anwendbar ist und im Vergleich zu anderen Methoden akkurate Ergebnisse liefert [143].

Die Nachteile der ADP umfassen einen erhöhten Arbeitsaufwand im Vergleich zu einfacheren Messmethoden, wie der Berechnung des BMI oder der Messung von Hautfaltendicken. Außerdem geht die Messung mit höheren Kosten und einem komplexeren Erhebungsmanagement aufgrund des immobilen Geräts einher [127]. Da die ADP auf dem Zwei-Kompartiment-Modell basiert und folglich die Höhe des gesamten Körperfettes ermittelt, besteht eine Limitation dieses Modells darüber hinaus bei Fettverteilungsstörungen, bei denen eine differenzierte Analyse von Fettgewebe an den Extremitäten, im intraabdominellen Bereich sowie im subkutanen Gewebe angezeigt ist [46].

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die ADP mittels BodPod® eine für Kinder geeignete Methode darstellt, die sich durch ihre Nichtinvasivität auszeichnet. Die Ergebnisse verschiedener Studien deuten darauf hin, dass sich die ADP wegen ihrer einfachen und schnellen Durchführbarkeit, Präzision der Ergebnisse und hohen Re-Test-Reliabilität für große epidemiologische Studien eignet [98]. Verschiedene Studien belegen zudem eine hohe Übereinstimmung der Ergebnisse der ADP mit Alternativmethoden speziell im Kindesalter [128, 141-143]. Die Technik erleichtert Untersuchenden die Analyse der Körperzusammensetzung bei Kindern und eröffnet somit die Möglichkeit, dass sie einen integralen Bestandteil der klinischen Beurteilung des Entwicklungs- und Ernährungszustandes eines Kindes darstellen kann [140].

4.3 Methodenkritik

Das vorrangige Ziel dieser Dissertation bestand in der Ermittlung des physiologischen Körperfettanteils bei gesunden Kindern im Alter von sechs bis sieben Lebensjahren. Die Messungen erfolgten mit der nichtinvasiven Methode der ADP, welche sich in verschiedenen Studien als zuverlässig und valide erwies und für die Messung von Kindern gut geeignet ist (*siehe Abschnitt 4.2*). Da vorhandene Studien zum physiologischen kindlichen Körperfettanteil häufig Abweichungen in ihrer Messmethodik aufweisen und es an Referenzwerten für eine deutsche Kohorte im Alter von sechs bis sieben Lebensjahren anhand der ADP derzeit mangelt, stellt die Arbeit einen wichtigen Beitrag für die Interpretation kindlicher Messergebnisse dar. Die Studie zeichnete sich durch eine hohe Teilnahmebereitschaft der Kinder aus, welche durch eine kindgerechte Aufklärung, einen spielerischen Messablauf und die Möglichkeit der Anwesenheit der Familien erreicht wurde. Lediglich das Ergebnis eines Kindes, welches sich im BodPod® stark bewegte, konnte nicht verwertet werden. Für die Repräsentativität der Studienkohorte ist positiv hervorzuheben, dass nur anamnestisch gesunde Kinder ohne relevante Stoffwechselerkrankungen untersucht wurden, wodurch Störfaktoren hinsichtlich der Beeinflussung der Körperzusammensetzung durch Erkrankungen minimiert werden konnten. Darüber hinaus wurden ausschließlich Kinder in die Studie eingeschlossen, die in Deutschland geboren und aufgewachsen sind. Dadurch konnten kulturelle Einflüsse, beispielsweise in Bezug auf die kindliche Ernährung, reduziert werden, wodurch die Vergleichbarkeit mit anderen nationalen Studien erleichtert wird. In Anbetracht des Studienstandortes in Tübingen lässt sich annehmen, dass die Studienpopulation in Bezug auf sozioökonomische, ethnische und kulturelle Merkmale vergleichsweise homogen war. In dieser Hinsicht manifestiert sich jedoch eine Limitation der Studie, da diese Faktoren, abgesehen von der Staatsbürgerschaft, nicht systematisch analysiert wurden.

Die Analyse der kindlichen Körperzusammensetzung erfolgte in dieser Studie als Folgestudie einer Geburtskohortenstudie auf Grundlage einer Kohorte, welche unmittelbar postnatal in die Studienreihe aufgenommen wurde.

Aufgrund dieser Vorgehensweise konnte für die Planung der Größe der Studienkohorte keine klassische Fallzahlberechnung durchgeführt werden [144].

Darüber hinaus ergab sich die Herausforderung der Erreichbarkeit einiger Familien, bedingt durch das Fehlen einer Datenbank, in der aktualisierte Kontaktdaten nach einem Umzug oder einer anderen Veränderung hinterlegt waren. Bedauerlicherweise war es nicht möglich, den Kontakt zu 146 Familien aus der Neugeborenenkohorte herzustellen. Zusätzlich zeigten 117 Familien keine Bereitschaft, an der Messreihe teilzunehmen. Die Gründe hierfür waren beispielsweise ein Zeitmangel oder eine zu große Entfernung des aktuellen Wohnortes zum Messort Tübingen. Die Durchführung der Studienmessungen fiel zudem in den Zeitraum der COVID-19-Pandemie, was die Bereitschaft einiger Familien, für die Messungen in die Kinderklinik des Universitätsklinikums Tübingen zu kommen, weiter einschränkte.

Ein zusätzliches Ziel dieser Studie stellte die Identifizierung verschiedener Einflussfaktoren auf die Körperzusammensetzung dar. Aufgrund der Kategorisierung der Probandinnen und Probanden in verschiedene Gruppen resultierten in vereinzelt statistischen Analysen geringe Fallzahlen. Beispielsweise umfasste die Kohorte der Mütter mit GDM lediglich 17 Frauen, was potenziell die statistische Aussagekraft und die allgemeine Übertragbarkeit der Ergebnisse beeinträchtigte. Die Qualität der Blutzuckereinstellung der Mütter mit GDM war zudem nicht bekannt, sodass die Möglichkeit bestand, dass der Einfluss auf die kindliche Körperzusammensetzung möglicherweise durch die Aufrechterhaltung normaler Blutzuckerwerte in der Schwangerschaft trotz diagnostiziertem GDM verzerrt wurde. Die analysierten Einflussfaktoren auf die Körperzusammensetzung im Rahmen dieser Studie repräsentieren lediglich einen Teil der tatsächlichen Einflussgrößen. Die Analyse des bedeutenden Einflussfaktors der kindlichen Ernährung konnte beispielsweise nicht durchgeführt werden, da nahezu alle Familien im Fragebogen eine ausgewogene Ernährung ihrer Kinder berichteten und keine objektive Überprüfung möglich war. Schlaf- und Bewegungsmuster als potenzielle Einflussfaktoren, welche im Rahmen der Studie mittels eines Aktimeters erfasst wurden, werden zudem im Rahmen einer weiteren Dissertation eingehend untersucht. Zusätzliche Variablen, die im Rahmen des Fragebogens erfasst wurden, wie beispielsweise die wöchentliche Bildschirmzeit, die Mitgliedschaft in einem Sportverein oder der Bildungsabschluss der Eltern, überschritten den Rahmen dieser Untersuchung. Dennoch könnten sie im Sinne eines komplexen

multifaktoriellen Geschehens einen relevanten Einfluss auf die Körperzusammensetzung haben und sollten daher in zukünftigen Studien berücksichtigt werden. Weiterführende Forschungsarbeiten sind erforderlich, die sich auf die Identifizierung der Einflussfaktoren auf die Körperzusammensetzung fokussieren. Der BMI der Eltern, welcher als Einflussfaktor auf die Körperzusammensetzung der Kinder analysiert wurde, wurde lediglich durch anamnestiche Angaben im Rahmen des Fragebogens ermittelt und nicht während der Studienmessungen erhoben, was zu einer gewissen Einschränkung der Objektivität dieses Aspekts führt.

Da bisher nur wenige Längsschnittstudien existieren, die die Entwicklung der Körperzusammensetzung bei Kindern über die gesamte Kindheit beobachten und ihre Einflussfaktoren analysieren, stellt diese Studie einen Ausgangspunkt dar, um eine Kohorte reifgeborener, gesunder Kinder von der Geburt bis ins Erwachsenenalter zu beobachten.

4.4 Schlussfolgerung und Ausblick

Die Zunahme der weltweiten Prävalenz von Übergewicht und Adipositas stellen bedeutende gesellschaftliche Herausforderungen dar. Angesichts des erhöhten Risikos von Kindern mit Übergewicht, bis ins Erwachsenenalter übergewichtig zu bleiben und den damit verbundenen gesundheitlichen Konsequenzen, gewinnt die Prävention bereits im Kindesalter an Bedeutung. Die Erstellung von Normwerten der kindlichen Körperzusammensetzung im Verlauf der Entwicklung, die Etablierung präziser Erhebungsverfahren zur Bestimmung der Körperzusammensetzung und die Identifikation von modifizierbaren Einflussfaktoren sind in diesem Zusammenhang wesentliche Aspekte.

In dieser Studie wurde mithilfe der ADP die Körperzusammensetzung von ehemals reifgeborenen, gesunden, sechs- bis siebenjährigen Kindern ermittelt. Der mediane BF% betrug 14,6 % (♀: 15,3 %, ♂: 14,3 %). Es wurde eine signifikante Zunahme des medianen BF% von der Geburt bis zum sechsten bis siebten Lebensjahr in der Studienkohorte festgestellt. Allerdings bestand auf individueller Ebene keine signifikante Korrelation zwischen dem postnatalen BF% und dem BF% im Kindesalter. Die vorliegende Studie, als Abschnitt einer Längsschnittuntersuchung, dient als Grundlage für die Erstellung von Normwertkurven von der Geburt bis ins Erwachsenenalter. Die Einordnung des individuellen BF% in Referenzperzentilen und die Identifikation vulnerabler Phasen für die Zunahme des BF% im Kindes- und Jugendalter sind von Bedeutung, um Entwicklungstrends des BF% zu verfolgen und frühzeitig präventiv und therapeutisch eingreifen zu können.

Die Bewertung der kindlichen körperlichen Konstitution basiert in den meisten Studien und in der klinischen Praxis auf dem BMI. In unserer Studie wurde eine signifikant positive Korrelation zwischen dem BMI und dem BF% anhand der ADP festgestellt. Es ist jedoch zu beachten, dass der BMI bei Kindern eine ungenaue Schätzung des tatsächlichen Körperfettanteils darstellt. Der Einsatz des BMI zur Bewertung des Entwicklungs- und Ernährungszustandes, ebenso wie die Beurteilung des BF% anhand von Hautfaltendicken, sollte daher nur in Fällen erfolgen, in denen präzise Messmethoden wie die ADP nicht verfügbar sind.

Im Rahmen der statistischen Datenanalyse wurden potenzielle Einflussfaktoren auf die Körperzusammensetzung untersucht. Dabei wurden einige Tendenzen identifiziert, welche jedoch keine signifikanten Ergebnisse lieferten und daher nicht auf größere Populationen verallgemeinert werden können. Dennoch werden die gewonnenen Erkenntnisse in Bezug auf potenzielle Einflussfaktoren für das Design zukünftiger Studien hilfreich sein und sollten durch Untersuchungen größerer Studienpopulationen weiter vertieft werden.

Die begrenzten Möglichkeiten für eine einfache, nichtinvasive und präzise Bestimmung der kindlichen Körperzusammensetzung sowie der Mangel an populationspezifischen Referenzdaten haben bislang dazu geführt, dass diese in der klinischen Routine zur Bewertung des Entwicklungs- und Ernährungszustandes eines Kindes lediglich einen geringen Stellenwert einnahm. Die vorliegende Studie stellt die ADP als eine geeignete Methode zur Bestimmung der Körperzusammensetzung im Kindesalter vor, die daher für die routinemäßige klinische Bewertung empfohlen wird.

Die im Rahmen dieser Studie erstellten Referenzdaten ermöglichen die Einordnung und Bewertung der kindlichen Körperzusammensetzung. Sie erleichtern darüber hinaus die Einschätzung der Entwicklung besonderer Personengruppen, wie ehemalige Frühgeborene oder Personen mit Stoffwechselerkrankungen. Dadurch können die Ergebnisse zu Normwerten der Körperzusammensetzung beispielsweise die Zielsetzungen von ernährungstherapeutischen Maßnahmen unterstützen. Parallel zu dieser Studie wird in der Kinderklinik des Universitätsklinikums Tübingen derzeit eine Studie mit ehemaligen Frühgeborenen durchgeführt, die ebenfalls hinsichtlich ihrer Körperzusammensetzung ab dem Neugeborenenalter anhand des BodPod® longitudinal analysiert werden. Um den Entwicklungsverlauf der Körperzusammensetzung vom Kindes- bis ins Erwachsenenalter zu verfolgen, sind weitere Messungen über das siebte Lebensjahr hinaus erforderlich. Da alle an unserer Studie teilnehmenden Familien ihre Zustimmung zur erneuten Kontaktaufnahme für Folgeerhebungen erteilt haben, konnte bereits eine erneute Messreihe der Kinder durchgeführt, welche derzeit analysiert wird. Diese Bereitschaft ermöglicht zudem potenziell die langfristige Begleitung der Studienkohorte bis ins Jugend- oder sogar Erwachsenenalter.

5 Zusammenfassung

In der medizinischen Fachliteratur wird die Bestimmung der Körperzusammensetzung, insbesondere des Körperfettanteils, als bevorzugte Methode zur Beurteilung des kindlichen Ernährungs- und Entwicklungszustandes angesehen, jedoch mangelt es derzeit an Referenzwerten für gesunde Kinder in Deutschland. Ziel der Studie war es daher, alters- und geschlechtsspezifische Normwerte der Körperzusammensetzung anhand einer repräsentativen Referenzkohorte im Alter von sechs bis sieben Lebensjahren zu erheben. Die Studie umfasste zudem die Analyse der Entwicklung der Körperzusammensetzung ab der Geburt, den Vergleich verschiedener Methoden zur Erfassung der kindlichen körperlichen Konstitution sowie die Evaluation potenzieller Einflussfaktoren.

Die Bestimmung der Körperzusammensetzung erfolgte in dieser Studie mithilfe des BodPod® der Firma COSMED, welcher die Methode der ADP zur Bestimmung des BF% und der FFM% verwendet. Zudem erfolgte die Berechnung des kindlichen BMI anhand der im Rahmen der Studienmessungen ermittelten Daten zur Körpergröße und zum Körpergewicht. Die Hautfaldendicken wurden am Trizeps, am Abdomen und subskapulär unter Verwendung einer Körperfetzange der Firma Holtain Ltd. gemessen. Darüber hinaus wurde ein umfangreicher Fragebogen verwendet, um demographische Daten der Kinder und ihrer Eltern zu erfassen sowie potenzielle Einflussfaktoren auf den BF% zu identifizieren.

Die Studienkohorte umfasste 92 Kinder, welche zum Zeitpunkt der Messungen ein medianes Alter von 6,6 Jahren (6,4 Jahre – 6,8 Jahre) aufwiesen. Der mediane BF% betrug 14,6 % (11,8 % – 18,5 %), wobei die Mädchen der Kohorte einen medianen BF% von 15,3 % (11,9 % – 19,3 %) und die Jungen einen medianen BF% von 14,3 % (11,7 % – 17,8 %) aufwiesen. Es konnte ein signifikanter Unterschied zwischen dem postnatalen BF% und dem BF% mit sechs bis sieben Lebensjahren festgestellt werden ($p < 0,05$). Es zeigte sich allerdings keine signifikante Korrelation der Ergebnisse beider Messzeitpunkte ($p > 0,05$).

Als alternative Methode zur Beurteilung der kindlichen Körperkonstitution wurden zunächst die BMI-Werte der Kinder ermittelt, die einen Median von 15,7 kg/m² (14,5 kg/m² – 16,9 kg/m²) aufwiesen. Anhand des BMI ergab sich in der Studienkohorte ein Anteil von 80,4 % normalgewichtiger ($n = 74$), 8,7 % untergewichtiger

(n = 8) und 10,8 % übergewichtiger oder adipöser (n = 10) Kinder. Zusätzlich wurde der BF% anhand von Hautfaltendicken berechnet, wobei ein medianer BF% von 15,6 % (13,6 % – 18,9 %) ermittelt wurde. Die Ergebnisse beider Verfahren zeigten in der Studienkohorte eine mäßig positive Korrelation mit dem BF% anhand der ADP. Die Berechnung des BF% anhand von Hautfaltendicken ergab im Vergleich zur Messung des BF% anhand der ADP tendenziell höhere Werte. Obwohl beide Alternativverfahren durch ein einfaches und nichtinvasives Erhebungsmanagement gekennzeichnet sind, sollten sie in der klinischen Praxis nur bei fehlender Verfügbarkeit präziserer Methoden zur Bestimmung der Körperzusammensetzung, wie der ADP, angewendet werden.

Die Körperzusammensetzung wurde in Bezug auf verschiedene Einflussfaktoren untersucht, darunter die Stilldauer, das Vorhandensein eines mütterlichen GDM, der elterliche BMI, das Geburtsgewicht der Kinder sowie ihr Geschlecht. Hinsichtlich der untersuchten Einflussfaktoren konnten in der Studienkohorte Tendenzen, jedoch keine signifikanten Assoziationen mit dem BF% evaluiert werden. Dies deutet darauf hin, dass weitere Studien mit größeren Kohorten unter der Berücksichtigung möglicher Einflussgrößen erforderlich sind.

Abschließend ergibt sich, dass der BodPod® anhand der Methode der ADP ein geeignetes Messinstrument zur Analyse der Körperzusammensetzung bei Kindern darstellt. Die Methode zeichnet sich durch ihre Nichtinvasivität, ihr einfaches und schnelles Erhebungsmanagement, ihre Präzision der Ergebnisse, ihre hohe Übereinstimmung mit Alternativmethoden und eine hohe Re-Test-Reliabilität aus und bietet so Potenzial für große epidemiologische Studien. Es ist erstrebenswert, dass die Analyse der Körperzusammensetzung bei Kindern mittels ADP zukünftig einen integralen Bestandteil der klinischen Beurteilung des Entwicklungs- und Ernährungszustandes darstellt.

Unsere Daten können zur Integration der ADP in die klinische Routine beitragen, um die Körperzusammensetzung sowohl gesunder als auch kranker Kinder und Frühgeborener zu beurteilen und dadurch optimierte Ernährungsstrategien für diese vulnerablen Patientengruppen zu entwickeln.

6 Literaturverzeichnis

1. Lobstein, T., et al., 2015, Child and adolescent obesity: part of a bigger picture, *The Lancet*, 385(9986): p. 2510-2520.
2. Abarca-Gómez, L., et al., 2017, Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128.9 million children, adolescents, and adults, *The Lancet*, 390(10113): p. 2627-2642.
3. World Health Organization, 2024, Obesity and overweight
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
Zugriffsdatum: 10.05.2024.
4. WHO Consultation on Obesity, 1999, Geneva Switzerland & World Health Organization, 2000, Obesity: preventing and managing the global epidemic: report of a WHO consultation, World Health Organization,
<https://iris.who.int/handle/10665/42330>
5. Lobstein, T., Baur, L., and Uauy, R., 2004, Obesity in children and young people: a crisis in public health, *Obesity Reviews*, 5(s1): p. 4-85.
6. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) and Ständige Kommission Leitlinie, 2019, S3-Leitlinie Therapie und Prävention der Adipositas im Kindes- und Jugendalter, AWMF-Nr. 050-002, Version August 2019, Zugriffsdatum: 10.03.2023
7. WHO Consultation on Obesity, 1998, Obesity: preventing and managing the global epidemic: report of a WHO Consultation on Obesity, Geneva, 3-5 June 1997, World Health Organization, Geneva.
8. Onyango, A.W. and de Onis, M., 2008, WHO child growth standards: training course on child growth assessment
<https://www.who.int/toolkits/child-growth-standards>
Zugriffsdatum 20.03.2023
9. Cole, T. J., et al., 2000, Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey, *BMJ*, 320(7244): p. 1240.
10. Kromeyer-Hauschild, K., et al., 2001, Perzentile für den Body-mass-Index für das Kindes- und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben, *Monatsschrift Kinderheilkunde*, 149(8): p. 807-818.
11. NCD Risk Factor Collaboration, 2017, Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128.9 million children, adolescents, and adults, *Lancet*, 390(10113): p. 2627-2642.

12. The GBD 2015 Obesity Collaborators, 2017, Health Effects of Overweight and Obesity in 195 Countries over 25 Years, *New England Journal of Medicine*, 377(1): p.13-27.
13. Kurth, B. M., and Schaffrath Rosario, A., 2007, Die Verbreitung von Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland, *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 50(5): p. 736-743.
14. Brettschneider, A.-K., et al., 2017, Updated prevalence rates of overweight and obesity in 4- to 10-year-old children in Germany. Results from the telephone-based KiGGS Wave 1 after correction for bias in parental reports, *European Journal of Pediatrics*, 176(4): p. 547-551.
15. Brettschneider, A.-K., et al., 2015, Updated prevalence rates of overweight and obesity in 11- to 17-year-old adolescents in Germany. Results from the telephone-based KiGGS Wave 1 after correction for bias in self-reports, *BMC Public Health*, 15(1): p. 1101.
16. Schienkiewitz, A., et al., 2018, Übergewicht und Adipositas im Kindes- und Jugendalter in Deutschland – Querschnittergebnisse aus KiGGS Welle 2 und Trends, Robert Koch-Institut, *Epidemiologie und Gesundheitsberichterstattung, Journal of Health Monitoring*, 3(1): p. 16-23.
17. Geserick, M., et al., 2018, Acceleration of BMI in Early Childhood and Risk of Sustained Obesity, *New England Journal of Medicine*, 379(14): p. 1303-1312.
18. Güngör, N. K., 2014, Overweight and obesity in children and adolescents, *Journal of Clinical Research in Pediatric Endocrinology*, 6(3): p. 129-43.
19. Smith, J. D., Fu, E., and Kobayashi, M. A., 2020, Prevention and Management of Childhood Obesity and Its Psychological and Health Comorbidities, *Annual Review of Clinical Psychology*, 16: p. 351-378.
20. Lacagnina, S., 2020, The Developmental Origins of Health and Disease (DOHaD), *American Journal of Lifestyle Medicine*, 14(1): p. 47-50.
21. Watzek, J. S., et al., 2013, Perinatal nutrition programs the hypothalamic melanocortin system in offspring, *Hormone and Metabolic Research*, 45(13): p. 980-90.
22. Langley-Evans, S. C., and McMullen, S., 2010, Developmental origins of adult disease, *Medical Principles and Practice*, 19(2): p. 87-98.
23. Hoffman, D.J., et al., 2021, Developmental origins of metabolic diseases, *Physiological Reviews*, 101(3): p. 739-795.
24. Voerman, E., et al., 2019, Maternal body mass index, gestational weight gain, and the risk of overweight and obesity across childhood: An individual participant data meta-analysis, *PLOS Medicine*, 16(2): p. e1002744.

25. Wijga, A. H., et al., 2010, Comorbidities of obesity in school children: a cross-sectional study in the PIAMA birth cohort, *BMC Public Health*, 10(1): p. 184.
26. Singh, A. S., et al., 2008, Tracking of childhood overweight into adulthood: a systematic review of the literature, *Obesity Reviews*, 9(5): p. 474-488.
27. Lifshitz, F., 2008, Obesity in children, *Journal of Clinical Research in Pediatric Endocrinology*, 1(2): p. 53-60.
28. Ying-xiu, Z., et al., 2013, Association between body mass index, skinfold thickness and blood pressure in 12-year-old children, *European Journal of Pediatrics*, 172(9): p. 1167-1171.
29. Martín-Espinosa, N., et al., 2017, Prevalence of high blood pressure and association with obesity in Spanish schoolchildren aged 4-6 years old, *PIOS one*, 12(1): p. e0170926-e0170926.
30. Meixner, L., et al., 2020, Health-related quality of life in children and adolescents with overweight and obesity: results from the German KIGGS survey, *BMC Public Health*, 20(1): p. 1722.
31. Li, L., C. Law, and C. Power, 2007, Body mass index throughout the life-course and blood pressure in mid-adult life: a birth cohort study, *J Hypertens*, 25(6): p. 1215-1223.
32. Barker, D. J. P., et al., 2005, Trajectories of Growth among Children Who Have Coronary Events as Adults, *New England Journal of Medicine*, 353(17): p. 1802-1809.
33. Janssen, I., et al., 2005, Utility of Childhood BMI in the Prediction of Adulthood Disease: Comparison of National and International References, *Obesity Research*, 13(6): p. 1106-1115.
34. Schmidt, M. D., et al., 2011, Predictive associations between alternative measures of childhood adiposity and adult cardio-metabolic health, *International Journal of Obesity*, 35(1): p. 38-45.
35. Bjørge, T., et al., 2008, Body mass index in adolescence in relation to cause-specific mortality: a follow-up of 230,000 Norwegian adolescents, *American Journal of Epidemiology*, 168(1): p. 30-7.
36. Morrison, J. A., et al., 2010, Childhood predictors of adult type 2 diabetes at 9- and 26-year follow-ups, *Archives of pediatrics & adolescent medicine*, 164(1): p. 53-60.
37. Berenson, G. S. and Pickoff, A. S., 1995, Preventive Cardiology and Its Potential Influence on the Early Natural History of Adult Heart Diseases: The Bogalusa Heart Study and the Heart Smart Program, *The American Journal of the Medical Sciences*, 310: p. S133-S138.

38. Monasor-Ortolá, D., et al., 2021, Degree of Accuracy of the BMI Z-Score to Determine Excess Fat Mass Using DXA in Children and Adolescents, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(22): p. 12114.
39. Wells, J. C. K., 2014, Toward Body Composition Reference Data for Infants, Children, and Adolescents, *Advances in Nutrition*, 5(3): p. 320S-329S.
40. Reilly, J. J., 1998, Assessment of body composition in infants and children, *Nutrition*, 14(10): p. 821-825.
41. Wells, J. C., et al., 2012, Body-composition reference data for simple and reference techniques and a 4-component model: a new UK reference child, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 96(6): p. 1316-1326.
42. Müller, M. J., et al., 2016, Application of standards and models in body composition analysis, *Proceedings of the Nutrition Society*, 75(2): p. 181-187.
43. Elia, M., 1992, Body composition analysis: an evaluation of 2 component models, multicomponent models and bedside techniques, *Clinical Nutrition*, 11(3): p. 114-127.
44. Power, C., Lake, J. K., and Cole T. J., 1997, Measurement and long-term health risks of child and adolescent fatness, *International journal of obesity and related metabolic disorders*, 21(7): p. 507-26.
45. Bosy-Westphal, A., et al., 2006, Körperzusammensetzung - Was kann man wie und mit welchem Wert in der Praxis messen? *Aktuelle Ernährungsmedizin*, 31(04): p. 189-195.
46. Lohman, T. G. and Going, S. B., 2006, Body Composition Assessment for Development of an International Growth Standard for Preadolescent and Adolescent Children, *Food and Nutrition Bulletin*, 27(4_suppl5): p. S314-S325.
47. Nagel, E., et al., 2021, Weight for length measures may not accurately reflect adiposity in preterm infants born appropriate for gestational age during hospitalisation or after discharge from the neonatal intensive care unit, *Pediatric Obesity*, 16(5): p. e12744-e12744.
48. Jensen, N. S. O., Camargo, T. F. B. and Bergamaschi, D. P., 2016, Comparison of methods to measure body fat in 7-to-10-year-old children: a systematic review, *Public Health*, 133: p. 3-13.
49. Müller, M. J., 2007, *Ernährungsmedizinische Praxis*. 2. Auflage, Heidelberg, Deutschland, Springer Medizin Verlag, p. 36-42.
50. Kouwenhoven, S. M. P., et al., 2021, Methods to Assess Fat Mass in Infants and Young Children: A Comparative Study Using Skinfold Thickness and Air-Displacement Plethysmography, *Life (Basel)*, 11(2): p. 75.

51. de Bruin, N. C., et al., 1995, Body fat and fat-free mass in infants: new and classic anthropometric indexes and prediction equations compared with total-body electrical conductivity, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 61(6): p. 1195-1205.
52. Huxley, R., et al., 2010, Body mass index, waist circumference and waist ratio as predictors of cardiovascular risk - a review of the literature, *European Journal of Clinical Nutrition*, 64(1): p. 16-22.
53. World Health Organization, W.H.O., 2011, Waist circumference and waist-hip-ratio: report of a WHO expert consultation, Geneva, Switzerland, <https://www.who.int/publications/i/item/9789241501491>
Zugriffsdatum: 01.06.2023
54. Seidell, J. C., et al., 2001, Waist and hip circumferences have independent and opposite effects on cardiovascular disease risk factors: the Quebec Family Study, *American Journal of Clinical Nutrition*, 74(3): p. 315-321.
55. Demerath, E. W., et al., 2002, Comparison of percent body fat estimates using air displacement plethysmography and hydrodensitometry in adults and children, *International Journal of Obesity*, 26(3): p. 389-397.
56. Lingwood, B., et al., 2011, Prediction of fat-free mass and percentage of body fat in neonates using bioelectrical impedance analysis and anthropometric measures: validation against the PEA POD, *The British Journal of Nutrition*, 107: p. 1545-1552.
57. Coppini, L. Z., Waitzberg, D. L. and Campos, A. C. L., 2005, Limitations and validation of bioelectrical impedance analysis in morbidly obese patients, *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 8(3): p. 329-332.
58. Wells, J. C. K., et al., 2020, Body composition reference charts for UK infants and children aged 6 weeks to 5 years based on measurement of total body water by isotope dilution, *European Journal of Clinical Nutrition*, 74(1): p. 141-148.
59. Fields, D.A., et al., 2012, Body Composition at 6 months of Life: Comparison Of Air Displacement Plethysmography and Dual-Energy X-Ray Absorptiometry, *Obesity*, 20(11): p. 2302-2306.
60. Barbour, L. A., et al., 2016, Striking differences in estimates of infant adiposity by new and old DXA software, PEAPOD and skin-folds at 2 weeks and 1 year of life, *Pediatric Obesity*, 11(4): p. 264-271.
61. Dyke, J. P., et al., 2018, High-resolution rapid neonatal whole-body composition using 3.0 Tesla chemical shift magnetic resonance imaging, *Pediatric Research*, 83(3): p. 638-644.
62. De Lucia Rolfe, E., et al., 2013, Ultrasound estimates of visceral and subcutaneous-abdominal adipose tissues in infancy, *Journal of Obesity*, 2013: p. 951954.

63. Dempster, P. and Aitkens, S., 1995, A new air displacement method for the determination of human body composition, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 27(12): p. 1692-1697.
64. Ellis, K. J., et al., 2007, Body-composition assessment in infancy: air-displacement plethysmography compared with a reference 4-compartment model, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 85(1): p. 90-95.
65. Wulan, S. N., Westerterp, K. R., and Plasqui, G., 2010, Ethnic differences in body composition and the associated metabolic profile: A comparative study between Asians and Caucasians, *Maturitas*, 65(4): p. 315-319.
66. Fleischer Mechaelsen, K., et al., 2003, Feeding and nutrition of infants and young children, in *Guidelines for the WHO European Region, with emphasis on the former Soviet countries*, WHO Regional Publications, European Series, 87, p. 288
67. von Kries, R., et al., 1999, Breast feeding and obesity: cross sectional study, *BMJ*, 319(7203): p. 147-150.
68. Butte, N., et al., 2001, Infant Feeding Mode Affects Early Growth and Body Composition, *Pediatrics*, 106: p. 1355-1366.
69. Carberry, A. E., Colditz, P. B. and Lingwood, B. E. 2010, Body Composition From Birth to 4.5 Months in Infants Born to Non-Obese Women, *Pediatric Research*, 68(1): p. 84-88.
70. Eriksson, B., Löf, M. and Forsum, E., 2010, Body composition in full-term healthy infants measured with air displacement plethysmography at 1 and 12 weeks of age, *Acta Paediatrica*, 99(4): p. 563-568.
71. Gale, C., et al., 2012, Effect of breastfeeding compared with formula feeding on infant body composition: a systematic review and meta-analysis, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 95(3): p. 656-669.
72. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF), D.D.G. S3-Leitlinie Gestationsdiabetes mellitus (GDM), Diagnostik, Therapie und Nachsorge, AWMF-Nummer: 057-088. 2018, <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/057-008>
Zugriffsdatum: 10.01.2023.
73. International Association of Diabetes and Pregnancy Study Groups Consensus Panel, 2010, International Association of Diabetes and Pregnancy Study Groups Recommendations on the Diagnosis and Classification of Hyperglycemia in Pregnancy, *Diabetes Care*, 33(3): p. 676-682.
74. International Diabetes Federation (IDF), 2021, *IDF Diabetes Atlas*, 10. Edition, Brussels, Belgium,
<https://www.diabetesatlas.org>
Zugriffsdatum: 25.08.2023

75. Reitzle, L., et al., 2021, Gestationsdiabetes in Deutschland: Zeitliche Entwicklung von Screeningquote und Prävalenz, Robert Koch-Institut, Journal of Health Monitoring, 6(2), p. 3-19.
76. Lowe, L. P., et al., 2012, Hyperglycemia and Adverse Pregnancy Outcome (HAPO) Study: Associations of maternal A1C and glucose with pregnancy outcomes, Diabetes Care, 35(3): p. 574-580.
77. Pedersen, J., 1968, The Pregnant Diabetic and Her Newborn. Problems and Management, Archives of Disease in Childhood, 43: p. 391-391.
78. Catalano, P.M. and Hauguel-De Mouzon, S., 2011, Is it time to revisit the Pedersen hypothesis in the face of the obesity epidemic? American Journal of Obstetrics and Gynecology, 204(6): p. 479-487.
79. Zhao, P., et al., 2016, Maternal gestational diabetes and childhood obesity at age 9–11: results of a multinational study, Diabetologia, 59(11): p. 2339-2348.
80. Wang, J., et al., 2018, Maternal gestational diabetes and different indicators of childhood obesity: a large study, Endocrine Connections, 7(12): p. 1464-1471.
81. Josefson, J. L., et al., 2020, The Joint Associations of Maternal BMI and Glycemia with Childhood Adiposity, The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 105(7): p. 2177-2188.
82. Au, C. P., et al., 2013, Body Composition Is Normal in Term Infants Born to Mothers With Well-Controlled Gestational Diabetes Mellitus, Diabetes Care, 36(3): p. 562-564.
83. Rising, R. and F. Lifshitz, 2008, Lower energy expenditures in infants from obese biological mothers, Nutrition Journal, 7(1): p. 15.
84. Lee, J. S., Jin, M. H. and Lee, H. J., 2022, Global relationship between parent and child obesity: a systematic review and meta-analysis, Clinical and Experimental Pediatrics, 65(1): p. 35-46.
85. Classen, T. J. and Thompson, O., 2016, Genes and the intergenerational transmission of BMI and obesity, Economics & Human Biology, 23: p. 121-133.
86. Devakumar, D., et al., 2016, Disentangling the associations between parental BMI and offspring body composition using the four-component model, American Journal of Human Biology, 28(4): p. 524-33.
87. Baran, R., et al., 2022, Sociodemographic and Socioeconomic Factors Influencing the Body Mass Composition of School-Age Children, International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(18), p. 11261.

88. World Health Organization, 1995, Physical Status: The use and interpretation of anthropometry, WHO Technical Report Series, 854
89. Hong, Y. H. and Lee, J. E., 2021, Large for Gestational Age and Obesity-Related Comorbidities, *Journal of Obesity & Metabolic Syndrome*, 30(2): p. 124-131.
90. Sparano, S., et al., 2013, Being Macrosomic at Birth is an Independent Predictor of Overweight in Children: Results from the IDEFICS Study, *Maternal and Child Health Journal*, 17(8): p. 1373-1381.
91. Schellong, K., et al., 2012, Birth Weight and Long-Term Overweight Risk: Systematic Review and a Meta-Analysis Including 643,902 Persons from 66 Studies and 26 Countries Globally, *PLOS ONE*, 7(10): p. e47776.
92. Rogers, I.S., et al., 2006, Associations of size at birth and dual-energy X-ray absorptiometry measures of lean and fat mass at 9 to 10 y of age, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 84(4): p. 739-747.
93. Elia, M., et al., 2007, Fetal programming of body dimensions and percentage body fat measured in prepubertal children with a 4-component model of body composition, dual-energy X-ray absorptiometry, deuterium dilution, densitometry, and skinfold thicknesses, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 86(3): p. 618-624.
94. Rallis, D., et al., 2021, A systematic review indicates an association between birth weight and body fat in childhood, *Acta Paediatrica*, 110(7): p. 2023-2039.
95. Regitz-Zagrosek, V. and Seeland, U., 2012, Sex and gender differences in clinical medicine, *Handbook of Experimental Pharmacology*, 214: p. 3-22.
96. Chang, E., Varghese, M. and Singer, K. 2018, Gender and Sex Differences in Adipose Tissue, *Current Diabetes Reports*, 18(9): p. 69.
97. Cooper, A.J., et al., 2021, Sex/Gender Differences in Obesity Prevalence, Comorbidities, and Treatment, *Current Obesity Reports*, 10(4): p. 458-466.
98. Fields, D. A., Goran, M. I., and McCrory, M. A., 2002, Body-composition assessment via air-displacement plethysmography in adults and children: a review, *American Journal of Clinical Nutrition*, 75(3): p. 453-467.
99. COSMED, 2012, BOD POD® Gold Standard Body Composition Tracking System, Operator's Manual, P/N 210-2400 Rev.U-DCO 1980, COSMED, Editor.
100. Lohman, T. G., 1986, Applicability of body composition techniques and constants for children and youths, *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 14: p. 325-357.

101. Slaughter, M. H., et al., 1988, Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth, *Human Biology*, 60(5): p. 709-723.
102. Cole, T. J., Freeman, J. V. and Preece, M. A. 1998, British 1990 growth reference centiles for weight, height, body mass index and head circumference fitted by maximum penalized likelihood, *Statistics in Medicine*, 17(4): p. 407-429.
103. Limited, H. P., 2014, LMSgrowth.
<https://www.healthforallchildren.com/?product=lmsgrowth>
Zugriffsdatum: 18.03.2022
104. World Health Organization, W.H.O, 2022, Child growth standards.
<https://www.who.int/tools/child-growth-standards/standards>.
Zugriffsdatum: 18.03.2022
105. Wiechers, C., et al., 2019, Neonatal body composition: cross-sectional study in healthy term singletons in Germany, *BMC Pediatrics*, 19(1): p. 488.
106. Wiechers, C., et al., 2021, Body composition in term offspring after maternal gestational diabetes does not predict postnatal hypoglycemia, *BMC Pediatrics*, 21(1): p. 111.
107. Plachta-Danielzik, S., et al., 2012, Body Fat Percentiles for German Children and Adolescents, *Obesity Facts*, 5(1): p. 77-90.
108. Santos, I. S., et al., 2014, Cohort Profile Update: 2004 Pelotas (Brazil) Birth Cohort Study. Body composition, mental health and genetic assessment at the 6 years follow-up, *International Journal of Epidemiology*, 43(5): p. 1437-1437f.
109. Kurtoglu, S., et al., 2010, Body fat reference curves for healthy Turkish children and adolescents, *European Journal of Pediatrics*, 169(11): p. 1329-1335.
110. McCarthy, H.D., et al., 2006, Body fat reference curves for children, *International Journal of Obesity*, 30(4): p. 598-602.
111. Shaw, N. J., et al., 2007, Ethnic and gender differences in body fat in British schoolchildren as measured by DXA, *Archives of Disease in Childhood*, 92(10): p. 872.
112. Stanfield, K. M., et al., 2012, Differences in body composition between infants of South Asian and European ancestry: the London Mother and Baby Study, *International Journal of Epidemiology*, 41(5): p. 1409-1418.
113. Fields, D. A., et al., 2011, Longitudinal Body Composition Data in Exclusively Breast-Fed Infants: A Multicenter Study, *Obesity*, 19(9): p. 1887-1891.

114. Andersen, G. S., et al., 2013, Body composition from birth to 6 mo of age in Ethiopian infants: reference data obtained by air-displacement plethysmography, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 98(4): p. 885-894.
115. Norris, S.A., et al., 2024, Infant growth and body composition from birth to 24 months: are infants developing the same?, *European Journal of Clinical Nutrition*, DOI 10.1038/s41430-023-01386-5
116. Admassu, B., et al., 2018, Body composition during early infancy and its relation with body composition at 4 years of age in Jimma, an Ethiopian prospective cohort study, *Nutrition & Diabetes*, 8(1): p. 46.
117. Moore, B. F., et al., 2020, Neonatal Adiposity and Childhood Obesity, *Pediatrics*, 146(3): p. e20200737.
118. Iglesia Altaba, I., et al., 2021, Early Nutrition and Later Excess Adiposity during Childhood: A Narrative Review, *Hormone Research in Paediatrics*, 95(2): p. 112-119.
119. Barbeau, P., et al., 1999, Correlates of individual differences in body-composition changes resulting from physical training in obese children, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 69(4): p. 705-711.
120. Ellis, K. J., Abrams, S. A. and Wong, W. W., 1999, Monitoring Childhood Obesity: Assessment of the Weight/Height² Index, *American Journal of Epidemiology*, 150(9): p. 939-946.
121. Vanderwall, C., et al., 2017, BMI is a poor predictor of adiposity in young overweight and obese children, *BMC Pediatrics*, 17(1): p. 135.
122. Hall, D. M. and Cole, T. J., 2006, What use is the BMI?, *Archives of Disease in Childhood*, 91(4): p. 283-286.
123. Rush, E.C., Freitas, I., and Plank, L. D. 2009, Body size, body composition and fat distribution: comparative analysis of European, Maori, Pacific Island and Asian Indian adults, *British Journal of Nutrition*, 102(4): p. 632-641.
124. Daniels, S. R., Khoury, P. R. and Morrison, J. A., 1997, The Utility of Body Mass Index as a Measure of Body Fatness in Children and Adolescents: Differences by Race and Gender, *Pediatrics*, 99(6): p. 804-807.
125. Kromeyer-Hauschild, K., Gläßer, N. and Zellner, K., 2012, Percentile curves for skinfold thickness in 7- to 14-year-old children and adolescents from Jena, Germany, *European Journal of Clinical Nutrition*, 66(5): p. 613-621.
126. Stolzenberg, H., Kahl, H. and Bergmann, K. E., 2007, 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(5-6): p. 659-669.

127. Michels, N., et al., 2013, Caucasian children's fat mass: routine anthropometry v. air-displacement plethysmography, *British Journal of Nutrition*, 109(8): p. 1528-1537.
128. Orsso, C.E., et al., 2020, Assessment of body composition in pediatric overweight and obesity: A systematic review of the reliability and validity of common techniques, *Obesity Reviews*, 21(8): p. e13041.
129. Gillman, M.W., et al., 2001, Risk of Overweight Among Adolescents Who Were Breastfed as Infants, *Journal of the American Medical Association*, 285(19): p. 2461-2467.
130. Touger, L., et al., 2005, Early Growth in Offspring of Diabetic Mothers, *Diabetes Care*, 28(3): p. 585-589.
131. Sauder, K.A., et al., 2019, Gestational diabetes exposure and adiposity outcomes in childhood and adolescence: An analysis of effect modification by breastfeeding, diet quality, and physical activity in the EPOCH study, *Pediatric Obesity*, 14(12): p. e12562.
132. Kim, S. Y., Sharma, A. J. and Callaghan, W. M., 2012, Gestational diabetes and childhood obesity: what is the link?, *Current Opinion in Obstetrics and Gynecology*, 24(6): p. 376-381.
133. Yu, Z. B., et al., 2011, Birth weight and subsequent risk of obesity: a systematic review and meta-analysis, *Obesity Reviews*, 12(7): p. 525-542.
134. Fields, D.A., Krishnan, S. and Wisniewski, A. B, 2009, Sex differences in body composition early in life, *Gender Medicine*, 6(2): p. 369-375.
135. Kiviranta, P., et al., 2016, Transient Postnatal Gonadal Activation and Growth Velocity in Infancy, *Pediatrics*, 138(1), p. e20153561.
136. Leskinen, T., et al., 2021, Changes in body composition by age and obesity status in preschool-aged children: the STEPS study, *European Journal of Clinical Nutrition*, 75(1): p. 57-65.
137. Danielzik, S., et al., 2004, Parental overweight, socioeconomic status and high birth weight are the major determinants of overweight and obesity in 5-7 y-old children: baseline data of the Kiel Obesity Prevention Study (KOPS), *International Journal of Obesity*, 28(11): p. 1494-1502.
138. Li, C., et al., 2005, Additive interactions of maternal prepregnancy BMI and breast-feeding on childhood overweight, *Obesity Research*, 13(2): p. 362-371.
139. Wells, J. C., et al., 1999, Four-component model of body composition in children: density and hydration of fat-free mass and comparison with simpler models, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 69(5): p. 904-912.

140. Dewit, O., et al., 2000, Whole body air displacement plethysmography compared with hydrodensitometry for body composition analysis, *Archives of Disease in Childhood*, 82(2): p. 159-164.
141. Wells, J. C., et al., 2003, Evaluation of air-displacement plethysmography in children aged 5-7 years using a three-component model of body composition, *British Journal of Nutrition*, 90(3): p. 699-707.
142. Fields, D. A. and Allison, D. B., 2012, Air-Displacement Plethysmography Pediatric Option in 2–6 Years Old Using the Four-Compartment Model as a Criterion Method, *Obesity*, 20(8): p. 1732-1737.
143. Fields, D. A., Gunatilake, R. and Kalaitzoglou, E., 2015, Air Displacement Plethysmography, *Nutrition in Clinical Practice*, 30(2): p. 219-226.
144. Agency, E. M., 1998, ICH Topic E 9, Statistical Principles for Clinical Trials Step 5 Reference Number: CPMP/ICH/363/96,
<https://www.ema.europa.eu/en/ich-e9-statistical-principles-clinical-trials>
Zugriffsdatum: 10.02.2024

7 Erklärung zum Eigenanteil der Dissertationsschrift

Die Arbeit wurde in der Abteilung Kinderheilkunde IV Neonatologie der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendmedizin Tübingen unter der Betreuung von Herrn Prof. Dr. Axel Franz und Frau PD Dr. Cornelia Wiechers durchgeführt.

Die Konzeption der Studie erfolgte in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Axel Franz (Leiter des „Center for Pediatric Clinical Studies“ und Oberarzt der Neonatologie und neonatologischen Intensivstation des Universitätsklinikums Tübingen), Frau PD Dr. Cornelia Wiechers (stellvertretende ärztliche Direktorin der Neonatologie und neonatologischen Intensivstation des Universitätsklinikums Tübingen), Frau PD Dr. Mirja Quante (Oberärztin der Neonatologie und neonatologischen Intensivstation und Bereichsleiterin der Kinderschlafmedizin des Universitätsklinikums Tübingen) sowie Frau Helen Deutsch (Doktorandin).

Sämtliche klinische Studienmessungen wurden von mir in Zusammenarbeit mit Helen Deutsch unter der Unterstützung von Frau PD Dr. Cornelia Wiechers und Frau Karin Weber durchgeführt. Die Daten der Neugeborenenkohorte basieren auf der PeaPod®-Studienreihe des Universitätsklinikums Tübingen aus den Jahren 2014 und 2015, die im Rahmen von Dissertationen durch Sara Kirchhof, Vanessa Avellina, Romy Reinhardt und Lena Balles analysiert wurden.

Die statistische Auswertung erfolgte eigenständig, nach Beratung durch das Institut für Biometrie der Kinderklinik Tübingen und unter Unterstützung durch Herrn Prof. Dr. Franz, durch mich. Ein Teil der Ergebnisse wurde durch mich bereits auf der 49. Jahrestagung der Gesellschaft für Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin (GNPI), (Hamburg, 06/2023) im Rahmen einer Posterpräsentation vorgestellt (Poster siehe Anhang).

Ich versichere, das Manuskript selbständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Tübingen, den 20.10.2024

8 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich den Menschen einen besonderen Dank aussprechen, die mich bei der Durchführung der Studie und der Anfertigung meiner Dissertation unterstützt haben. Ihre Unterstützung ermöglichte es mir, ein sehr relevantes Thema, das mich zusätzlich in besonderem Maße interessiert, im Rahmen einer wissenschaftlichen Studie zu untersuchen und weiterzuentwickeln.

Herrn Professor Dr. med. Christian Poets danke ich für die Möglichkeit, die Studie in der Abteilung für Neonatologie durchführen zu können.

Herrn Professor Dr. med. Axel Franz möchte ich herzlich dafür danken, dass er mir das Thema überlassen hat und mich sowohl bei der Durchführung der Studie, der Auswertung der Daten und der Verfassung der Dissertationsschrift unterstützt hat. Zusätzlich schätze ich es sehr, dass er mir die Möglichkeit gegeben hat, die Ergebnisse meiner Arbeit auf dem Kongress des GNPI in Hamburg 2023 präsentieren zu dürfen.

Frau PD Dr. med. Cornelia Wiechers gilt mein besonderer Dank für ihre Unterstützung bei der Umsetzung des Forschungsprojekts und Durchführung der Studie sowie für ihre zahlreichen wertvollen Anregungen und Ratschläge. Zudem möchte ich mich sowohl für die fachliche als auch für die persönliche Inspiration bedanken, die mich während der Forschungsarbeit und auch im Verlauf meines Studiums stets bereichert hat.

Mein Dank gilt auch Helen Deutsch für die gute Zusammenarbeit während der Datenerhebung.

Den Familien, die sich zur Teilnahme an dieser Studie bereit erklärt haben, danke ich für ihre Bereitschaft und ihr entgegengebrachtes Vertrauen.

Von Herzen bedanke ich mich bei meinem Partner Florian, meiner Familie und meinen Freundinnen und Freunden für ihre unermüdliche Unterstützung, ihr Verständnis und ihre liebevolle Ermutigung, ohne die diese Arbeit nicht realisierbar gewesen wäre.

9 Anhang

9.1 Votum der Ethikkommission vom 23.04.2021

161/2021BO1
Unsere Projekt-Nummer

15.04.2021
eingegangen am

23.04.2021
Datum

Körperzusammensetzung bei Kindern mittels Air Displacement-Plethysmographie. Erstellung von Referenzwerten im Alter von 6-7 Jahren – als Abschnitt einer geplanten longitudinalen Kohortenuntersuchung.

Hier: Anschreiben vom 15.04.2021, geänderte Elterninformation und Einwilligungserklärung vom 15.04.2021

Sehr geehrte Frau Dr. Wiechers,

die Ethik-Kommission hatte in der Sitzung am 15.03.2021 über die o.g. Studie beraten. Das Ergebnis der Beratung wurde Ihnen mit Schreiben vom 23.03.2021 mitgeteilt. Mit den Ergänzungen in der Elterninformation und der Einwilligungserklärung wurden die Empfehlungen der Ethik-Kommission berücksichtigt.

Danach bestehen gegen die Durchführung dieser Studie seitens der Kommission keine Bedenken.

Für die Durchführung Ihres Studienvorhabens wünschen wir viel Erfolg.

Mit freundlichen Grüßen

Prof. Dr. med. Karl Jaschonek
Vorsitzender der Ethik-Kommission

ALLGEMEINE HINWEISE:

Vorsitz der Ethik-Kommission

Professor Dr. med. Karl Jaschonek
Professor Dr. med. Dr. phil. Urban Wiesing
Professor Dr. med. Dieter Luft

(Vorsitzender)
(1. stellv. Vorsitzender)
(2. stellv. Vorsitzender)

Innere Medizin
Medizinische Ethik
Innere Medizin

Mitglieder der Ethik-Kommission

Professor Dr. med. Berthold Drexler
Professor Dr. med. Jürgen Honegger

Anästhesiologie
Neurochirurgie

9.2 Elterninformationsschreiben und Einverständniserklärung zur Studienteilnahme



**Universitätsklinikum
Tübingen**

Abt. Kinderheilkunde IV
Kinderheilkunde Neonatologie

Ärztlicher Direktor
Prof. Dr. med. C. Poets
Calwerstraße 7
72076 Tübingen

Leiter der Klinischen Prüfung
Dr. med. Cornelia Wiechers

Doktorandinnen:
Helen Deutsch
Marleen Harnack

Kinderklinik/ Abteilung Neonatologie · Postfach 2669 · 72016 Tübingen

Adresse
Name
Straße und Hausnummer
PLZ und Ort

21.03.2024

Studieninformationsblatt über die Teilnahme an der wissenschaftlichen Untersuchung mit dem Titel Körperzusammensetzung bei Kindern mittels Air Displacement-Plethysmographie Erstellung von Referenzwerten im Alter von 6-7 Jahren

Liebe Eltern,

zunächst möchten wir uns noch einmal herzlich bei Ihnen bedanken, dass wir bei Ihrem Kind kurz nach der Geburt im Rahmen unserer „PeaPod-Studie“ im Jahr 2014/2015 die Körperzusammensetzung messen durften. Wir konnten mehr als 300 Neugeborene und bisher ca. 150 Frühgeborene in unseren Studien zur Messung der Körperzusammensetzung einschließen. Diese Daten konnten wir bereits erfolgreich unter anderem mit dem Titel: „Neonatal body composition: crosssectional study in healthy term singletons in Germany“ veröffentlichen (online frei verfügbar). Wir konnten bei den von uns gemessenen, reifen Neugeborenen einen Körperfettanteil von 10.8% (7,7 – 13,4%) finden, diese Werte lagen im Bereich von anderen europäischen Ländern. Die Körperzusammensetzung war mit dem Body-Mass-Index vor der Schwangerschaft, dem Rauchen in der Schwangerschaft sowie dem Geschlecht des Kindes assoziiert.

Seite 1 von 8



Hintergrund und Ziele der hier vorgestellten Untersuchung

Mit dieser Elterninformation möchten wir Sie herzlich zu einer nachfolgenden Untersuchung Ihres Kindes einladen. Wir würden sehr gerne die Tübinger Referenzgruppe von gesunden Neugeborenen, die wir vor ca. 6 Jahren messen durften, in ihrer körperlichen Entwicklung weiterverfolgen. Wir möchten Veränderungen der Körperzusammensetzung im Verlauf untersuchen und Normwerte der Körperzusammensetzung von Kindern und Jugendlichen erheben. Direkt nach der Geburt im Jahr 2014/2015 haben wir ca. 320 Neugeborene in unsere Studie eingeschlossen und wir hoffen, dass wir vielleicht 100-150 Kinder erneut untersuchen können.

Seit ein paar Monaten haben wir Dank einer Projektförderung über die „Stiftung Hilfe für kranke Kinder“ der Kinderklinik Tübingen nun auch die Möglichkeit, die Körperzusammensetzung mit der gleichen, gänzlich ungefährlichen Messmethode (BodPod® der Firma Cosmed) Kinder ab 2 Jahren bis in das Erwachsenenalter messen zu können. Daher würden wir Sie und Ihr Kind gerne einladen, erneut bei unserer Studie zur Erstellung von Normwerten der Körperzusammensetzung bei gesunden Kindern teilzunehmen. Uns interessiert auch sehr, ob sich die Körperzusammensetzung ihres Kindes im Laufe der Jahre verändert hat und welche Lebens- oder Essgewohnheiten möglicherweise eine Rolle spielen könnten.

Ziel soll es sein, Referenzwerte von gesunden Kindern zu ermitteln, um diese Messwerte später mit denen von kranken Kindern vergleichen zu können. Wir können Ihnen direkt nach der Messung die Körperzusammensetzungswerte Ihres Kindes mitteilen, ihr Kind hat jedoch keine direkten Vorteil durch die Studienmessung.

Welche Untersuchungen würden durchgeführt werden?

Im Rahmen unsere Studie möchten wir gerne bei ihrem Kind folgende Untersuchungen durchführen.

1. Bestimmung von Größe, Gewicht, Kopfumfang, Blutdruck und Erhebung der Messwerte aus dem Kinderuntersuchungsheft („gelbes Heft“), Dauer 1-2 Minuten
2. Ausfüllen eines Fragebogens zu Lebens- und Essgewohnheiten, Dauer ca. 30 Minuten (kann am Besten bereits zu Hause ausgefüllt werden)
3. Bestimmung der Körperzusammensetzung (Dauer inkl. Vorbereitung und Aufklärungsgespräch ca. 30 Minuten, Dauer der Messung im BodPod® maximal 5 min)
4. Bestimmung der Hautfaldendicke (Dauer ca. 1 Minute)
5. Tragen eines Aktimeters über den Zeitraum von einer Woche und Führen eines Schlaftagebuchs (kann im Anschluss per Post an uns zurückgesandt werden)

Wie wird die Studie konkret ablaufen?

Unser Studienteam wird mit Ihnen einen für Sie passenden Termin telefonisch oder per Mail vereinbaren. Die Messung der Körperzusammensetzung wird in der Kinderklinik Tübingen, Hoppe-Seylerstraße 1, durchgeführt. Unser Studienteam wird Ihnen zuvor genau erklären, wie Sie uns finden und sie dann in der Kinderklinik in Empfang nehmen.

Bestimmung der Körperzusammensetzung

Nach Bestimmung der Größe, des Kopfumfanges und des Blutdrucks möchten wir die Körperzusammensetzung bei den Kindern und Jugendlichen mit dem BodPod messen, deren Messprinzip dem PeaPod -



mit dem die Messungen den von uns untersuchten Neugeborenen durchführt wurden- entspricht. Mit der Bestimmung des Gewichts und des Volumens (Luftverdrängung in der Messkammer durch den Probanden) kann die Körperzusammensetzung berechnet werden kann. Hierzu wird Ihr Kind gewogen und darf sich dann auf einen Stuhl in eine Messkammer (BodPod) setzen. Die Messkammer, die an eine Raumkapsel erinnert, hat eine große verglaste Tür, die zur Messung für etwa 50 Sekunden geschlossen wird. Die Messung wird nach kurzem Öffnen der Tür die Untersuchung noch ein- bis zweimal wiederholt, sodass die Gesamtdauer im BodPod maximal 5 Minuten beträgt. Sie können während der Messung mit im Raum sein und Ihr Kind durch ein großes Fenster sehen und sich auch unterhalten. Da lose Kleidung oder abstehende Haare die Messung verändern können, wird die Untersuchung in Badeanzug/Unterwäsche und mit einer Badehaube durchgeführt.

Diese Messung ist völlig schmerzfrei und nicht belastend. Da das Gerät nur mit Raumluft arbeitet, gibt es keinerlei keine gesundheitlichen Risiken.



Abbildung 1-3: Kind bei der Messung der Körperzusammensetzung im BodPod® (Kinderklinik Tübingen)

Bestimmung der Hautfaldendicke

Zusätzlich möchten wir gerne eine Hautfaldendickenmessung durchführen. Zur Bestimmung der Hautfaldendicke wird an drei verschiedenen Körperstellen (Schulterblatt, Oberarm, Bauch) mit einem speziellen Messzange innerhalb von wenigen Sekunden schmerzfrei die Dicke von Hautfalten gemessen.

Aktivitätsmessung

Da es Hinweise darauf gibt, dass sowohl die Aktivität als auch die Dauer und die Qualität des Schlafes einen Einfluss auf die Körperzusammensetzung haben, möchten wir gerne mit einem sogenannten Aktimeter die Aktivitäts- und Schlafphasen Ihres Kindes beobachten. Das Aktimeter wird wie eine Armbanduhr getragen und die Daten können im Anschluss durch eine spezielle Software ausgewertet werden. Sie müssen am Gerät selbst keine Einstellungen vornehmen. Das Gerät wird Ihnen mit einer kurzen Bedienungsanleitung per Post zugesendet oder sie nehmen es nach der BodPod Messung mit nach Hause und schicken es uns dann in einem frankierten Rückumschlag zurück. Der Aktimeter wird kontinuierlich über eine Woche getragen und nur beim Duschen, Baden oder Schwimmen abgelegt. Des Weiteren bitten wir Sie, ein Schlaf- und Wachtagebuch zu führen. Dies hilft uns bei der Auswertung der Aktimeterdaten. Zwei bis drei Tage nach Start der Aktigraphie-Messung ruft Sie die betreuende Mitarbeiterin zu Hause an, um



gegebenenfalls aufkommende Fragen zum Gerät oder zum Ausfüllen des Schlaftagebuchs zu besprechen. Wenn Ihr Kind bisher noch nie eine Armbanduhr getragen hat, könnte das Tragen in den ersten Tagen ungewohnt sein. In sehr seltenen Fällen könnte es zu Hautreizungen kommen, woraufhin die Aktigraphie abgebrochen werden sollte.



Abbildung 4: Aktimeter

Untersuchungszeitpunkte

Wir würden Sie und Ihr Kind gerne bitten, dass wir Sie auch in Zukunft kontaktieren dürfen, um weitere Messungen zur Körperzusammensetzung mit einem Abstand von jeweils ein paar Jahren (im Alter von 89 Jahren bzw. 14-16 Jahren) durchführen dürfen. Sie würden uns zunächst nur die Erlaubnis erteilen, dass wir Sie erneut kontaktieren. Sie sind selbstverständlich frei, sich zum jeweiligen Zeitpunkt erneut für oder gegen eine Teilnahme zu entscheiden.

Dankeschön

Als Aufwandsentschädigung und als Dank für die Unterstützung bei unserer Studie bekommt Ihr Kind einen 50€ Gutschein. Dieser setzt sich zusammen aus 20€ für die BodPod-Messung und 30€ das Tragen des Aktimeters.

Wegeversicherung

Eine Wegeunfallversicherung wurde für die Studienteilnehmer und einen begleitenden Elternteil durch die Universitätsklinik für Kinder- und Jugendmedizin, Tübingen abgeschlossen.

Versicherer: SV Sparkassen Versicherung AG Hessen-Nassau-Thüringen, Firmen/Gewerbe HU Betrieb (FG 51) Bahnhofstr. 69; 65185 Wiesbaden; Tel. 0611/1782531; Fax 0611/1782877). Wege-Unfall-Versicherung Nr. 50090020320. Versicherungshöhe je versicherter Person: 100.000€ bei Invalidität, 50.000€ bei Tod. Versicherungsschutz besteht für Unfälle, die sich auf dem direkten Weg vom jeweiligen Wohnort zum Untersuchungsort oder auf dem Rückweg ereignen. Der Versicherungsschutz entfällt, wenn die normale Dauer des Weges verlängert bzw. der Weg selbst durch rein private Maßnahmen unterbrochen wird. Unfälle während des Aufenthalts am Studienort sind mitversichert.

Corona Pandemie

Wir sind aufgrund der Pandemie dazu gezwungen zu jedem Zeitpunkt die aktuell geltenden Regeln zu befolgen: wir rechnen im Moment damit, dass bei den Studienteilnehmern und ggf. der Begleitpersonen ein Schnelltest auf das Coronavirus durchgeführt werden muss. Wir werden darauf achten, dass es sich um den einfachen "nasalen" Test handelt, bei dem das Teststäbchen nur 2cm tief in den Nasenvorhof eingeführt wird. Wenn die Bedingungen es ermöglichen, werden wir auf Schnelltests verzichten.

Die Teilnahme an dieser Untersuchung ist freiwillig!



Weder Sie noch Ihr Kind haben Nachteile zu befürchten, wenn Sie sich gegen eine Teilnahme entscheiden. Selbstverständlich kann das Einverständnis zur Untersuchung auch jederzeit und ohne Angaben von Gründen formlos widerrufen werden, ohne dass Ihnen oder Ihrem Kind daraus Nachteile erwachsen.

Information zum Umgang mit in einer Studie erhobenen Daten

Im Rahmen der Studie werden personenbezogene Daten (Namen, Geburtsdatum, Adresse, Vorbefunde, studienbezogene Befunde) erhoben und verarbeitet.

In die Verarbeitung werden, soweit erforderlich, auch Gesundheitsdaten einbezogen. Die Dokumentation der Daten und deren Archivierung erfolgt pseudonymisiert in einer geschützten elektronischen Datenbank, zu der nur befugte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter einschließlich auf das Berufs- und Datengeheimnis verpflichtete Doktorandinnen und Doktoranden Zutritt haben. Alle beteiligten Mitarbeiter unterliegen der Schweigepflicht.

Die im Rahmen der Studie erhobenen Daten können auch für künftige Forschungsvorhaben der Klinik bzw. des Instituts genutzt und weiterverarbeitet werden. Die Verarbeitung und Nutzung der pseudonymisierten Daten erfolgt auf Erhebungsbögen und elektronischen Datenträgern im Regelfall für die Dauer von 10 Jahren, soweit der Zweck der Studie, z. B. bei Einbringung in eine Datenbank und bei Langzeitstudien, keine längere Speicherdauer erfordert. Die im Verlauf dieser Studie gewonnenen Informationen können für wissenschaftliche Zwecke auch an Kooperationspartner im Geltungsbereich der Europäischen Datenschutz-Grundverordnung und an Kooperationspartner außerhalb des Europäischen Wirtschaftsraumes, d.h. in Länder mit geringerem Datenschutzniveau (dies gilt auch für die USA) übermittelt werden. Soweit Ihre Daten in Länder mit geringerem Datenschutzniveau übermittelt werden, wird der Verantwortliche alle erforderlichen Maßnahmen treffen, um das Datenschutzniveau zu gewährleisten. Sollte dies nicht möglich sein, werden Ihre Daten lediglich dann übermittelt, wenn Sie in die vorgeschlagene Datenübermittlung ausdrücklich einwilligen, nachdem Sie über die für Sie bestehenden möglichen Risiken einer derartigen Datenübermittlung unterrichtet wurden.

Die Forschungsergebnisse aus der Studie werden in anonymisierter Form in Fachzeitschriften oder in wissenschaftlichen Datenbanken veröffentlicht. Bei der Veröffentlichung der Forschungsergebnisse wird Ihre Identität sowie die Identität Ihres Kindes nicht bekannt. Die Prüfarzte vor Ort können jedoch mit Hilfe einer Patientenliste bei Rückfragen die Daten zu Ihrer Person zurückführen.

Sie können jederzeit Auskunft über Ihre gespeicherten Daten anfordern sowie die Überlassung einer kostenlosen Kopie verlangen und haben das Recht, fehlerhafte Daten berichtigen zu lassen. Sie können auch jederzeit verlangen, dass Ihre Daten gelöscht oder anonymisiert werden, so dass ein Bezug zu Ihrer Person nicht mehr hergestellt werden kann. Diese Rechte sind nach § 13 des Landesdatenschutzgesetzes bzw. § 27 des Bundesdatenschutzgesetzes insoweit beschränkt, als dass diese Rechte voraussichtlich die Verwirklichung der jeweiligen Forschungszwecke unmöglich machen oder ernsthaft beeinträchtigen und die Beschränkung für die Erfüllung der jeweiligen Forschungszwecke notwendig ist. Das Recht auf Auskunft besteht darüber hinaus nicht, wenn die Daten für Zwecke der wissenschaftlichen Forschung erforderlich sind und die Auskunftserteilung einen unverhältnismäßigen Aufwand erfordern würde.



Rechtsgrundlage für die Verarbeitung sind Art. 6 Abs. 1 lit. a und Art. 9 Abs. 2 lit. a Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) in Verbindung mit Ihrer Einwilligung. Für die Erhebung, Speicherung, Nutzung und Weitergabe Ihrer Daten ist Ihre ausdrückliche Zustimmung durch Unterzeichnung der Einwilligungserklärung zum Datenschutz erforderlich.

Durch diese Studie können Referenzwerte der Körperzusammensetzung von gesunden Kindern erstellt werden, die uns in Zukunft helfen wird, die Messwerte von kranken Kindern besser bewerten zu können. Über Ihre Studienteilnahme würden wir uns sehr freuen und stehen Ihnen gerne jederzeit für Rückfragen zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen,

Prof. Dr. C. F. Poets
Geschäftsführender Ärztlicher Direktor
Der Klinik für Kinder- und Jugendmedizin

Prof. Dr. Axel Franz
Oberarzt Abteilung Neonatologie
Leiter Center for Pediatric Clinical Studies

Dr. Cornelia Wiechers
Oberärztin
Neonatologie

Dr. Mirja Quante
Oberärztin
Leitung Kinderschlafmedizin

Prof. Dr. Gerhard Binder
Oberarzt
Pädiatrische Endokrinologie

Einverständniserklärung zur Studienteilnahme

an der klinischen Studie mit dem Titel

„Körperzusammensetzung bei Kindern mittels Air Displacement-Plethysmographie Erstellung von Referenzwerten im Alter von 6-7 Jahren“

(Name und Geburtsdatum der Patientin in Blockschrift)



Ich erkläre:

1. dass ich die Elterninformation (Version 3.0 vom 15.04.2021) zur Durchführung der o. g. Studie gelesen und verstanden habe und die Möglichkeit hatte, Fragen zu besprechen,
2. dass ich über die Ziele, die Dauer und den Ablauf der Studie aufgeklärt wurde, und darüber dass die Studie nicht mit zusätzlichen Risiken für mein Kind verbunden ist,
3. dass ich darüber informiert wurde, dass die Teilnahme an der Untersuchung freiwillig ist und dass das Einverständnis jederzeit ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile widerrufen werden kann (dies gilt insbesondere auch, wenn ich in einigen Jahren mit der Bitte um die Wachstumsdaten meines Kindes kontaktiert werde).

Ich erkläre, dass ich mit der im Rahmen der Studie erfolgenden Erhebung und Verarbeitung von Daten und ihrer verschlüsselten (pseudonymisierten) Weitergabe einverstanden bin.

Ich stimme zu, dass bevollmächtigte Personen zum Zwecke der Überprüfung der Daten Einblick in meine persönliche Krankenakte nehmen dürfen und entbinde den behandelnden Arzt insoweit von seiner ärztlichen Schweigepflicht.

Mir ist bewusst, dass die Ergebnisse dieser Studie in medizinischen Fachzeitschriften veröffentlicht werden, allerdings in anonymisierter Form, so dass ein direkter Bezug zu meiner Person nicht hergestellt werden kann.

Ich wurde darüber informiert, dass ich jederzeit Auskunft über meine gespeicherten Daten und die Berichtigung von fehlerhaften Daten verlangen kann.

Ich weiß, dass ich jederzeit, beispielsweise beim Widerruf der Studienteilnahme, verlangen kann, dass meine bis dahin erhobenen Daten gelöscht oder unverzüglich anonymisiert werden.

Ich erkläre, dass ich über die Erhebung und Verarbeitung meiner in dieser Studie erhobenen Daten und meine Rechte angemessen informiert wurde.

Ich stimme der Verwendung der im Rahmen dieser Studie erhobenen Daten in der oben beschriebenen Form zu.

Hiermit erkläre ich mich einverstanden mit der Teilnahme unseres Kindes an der Untersuchung.

Tübingen, den

.....
Datum	Name des Elternteils (Name in Blockbuchstaben)	Unterschrift des Eltern
.....
Datum	Name der aufklärenden Person (Name in Blockbuchstaben)	Unterschrift der aufklärenden Person

(Die unterschriebene Einwilligungserklärung wurde mir in Kopie ausgehändigt)



Möchten Sie bei weiteren Studienmessungen mitmachen?

Gerne würden wir Ihr Kind in den kommenden Jahren noch einmal messen, um Vergleichswerte der Körperzusammensetzung im Kindesalter zu erstellen.

Ich bin einverstanden, in 1-2 Jahren für eine erneute Messung der Körperzusammensetzung meines Kindes angesprochen zu werden.

- Ja
- Nein

9.3 Fragebogen

Elternfragebogen im Rahmen der BODPOD-Studie



Liebe Eltern,

vielen Dank, dass Sie sich die Zeit nehmen, diesen Fragebogen zu beantworten.
Die Bearbeitung der Fragen dauert etwa 30 Minuten. Sollten Ihrerseits Fragen auftreten,
werden wir diese gerne persönlich bei Ihrem Termin beantworten.

Bitte bringen Sie den ausgefüllten Fragebogen zum vereinbarten Tag mit in die Klinik.

1. Allgemeiner Teil

Wer beantwortet diesen Fragebogen?

<input type="checkbox"/> Mutter	<input type="checkbox"/> Vater
---------------------------------	--------------------------------

Familienstand:

- verheiratet
- ledig
- geschieden
- verwitwet
- eingetragene Lebensgemeinschaft

Leben Sie mit Ihrem Partner/ Ihrer Partnerin in einem Haushalt?

<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
-----------------------------	-------------------------------

Wie viele Personen leben derzeit insgesamt in Ihrem Haushalt?

Wie beschreiben Sie Ihre aktuelle Wohnsituation?

<input type="checkbox"/> eher städtisch	<input type="checkbox"/> eher ländlich
---	--

Wohnung ohne Gartenzugang	<input type="checkbox"/>
Wohnung mit Gartenzugang	<input type="checkbox"/>
Haus ohne Gartenzugang	<input type="checkbox"/>
Haus mit Gartenzugang	<input type="checkbox"/>

Ungefähre Quadratmeteranzahl des Wohnraums (in m): _____

Elternfragebogen im Rahmen der BODPOD-Studie



Bitte beantworten Sie den nun folgenden Fragebogenteil jeweils für sich und den Kindsvater/ die Kindsmutter.

	Mutter	Vater
Alter		
Größe (in m)		
Gewicht (in kg)		
Staatsangehörigkeit		
Geburtsland		

Welchen höchsten allgemeinen Schulabschluss haben Sie?

Mutter	Vater
<input type="checkbox"/> Sonderschulabschluss	<input type="checkbox"/> Sonderschulabschluss
<input type="checkbox"/> Hauptschulabschluss	<input type="checkbox"/> Hauptschulabschluss
<input type="checkbox"/> Qualifizierender Hauptschulabschluss	<input type="checkbox"/> Qualifizierender Hauptschulabschluss
<input type="checkbox"/> Realschulabschluss (mittlere Reife)	<input type="checkbox"/> Realschulabschluss (mittlere Reife)
<input type="checkbox"/> Fachhochschulreife	<input type="checkbox"/> Fachhochschulreife
<input type="checkbox"/> Allgemeine Hochschulreife/ Fachabitur	<input type="checkbox"/> Allgemeine Hochschulreife/ Fachabitur
<input type="checkbox"/> Ausländischer Schulabschluss	<input type="checkbox"/> Ausländischer Schulabschluss
<input type="checkbox"/> Sonstiger Schulabschluss	<input type="checkbox"/> Sonstiger Schulabschluss
<input type="checkbox"/> Kein Schulabschluss	<input type="checkbox"/> Kein Schulabschluss

Welchen höchsten Ausbildungsabschlussabschluss haben Sie?

Mutter	Vater
<input type="checkbox"/> Beruflich-betriebliche Berufsausbildung (Lehre)	<input type="checkbox"/> Beruflich-betriebliche Berufsausbildung (Lehre)
<input type="checkbox"/> Beruflich-schulische Berufsausbildung	<input type="checkbox"/> Beruflich-schulische Berufsausbildung
<input type="checkbox"/> Fachschule, Meister- oder Technikerschule, Berufs- oder Fachakademie	<input type="checkbox"/> Fachschule, Meister- oder Technikerschule, Berufs- oder Fachakademie
<input type="checkbox"/> Fachhochschulabschluss	<input type="checkbox"/> Fachhochschulabschluss
<input type="checkbox"/> Hochschulabschluss	<input type="checkbox"/> Hochschulabschluss
<input type="checkbox"/> Promotion	<input type="checkbox"/> Promotion
<input type="checkbox"/> Sonstiger Ausbildungsabschluss	<input type="checkbox"/> Sonstiger Ausbildungsabschluss
<input type="checkbox"/> Kein Berufsabschluss	<input type="checkbox"/> Kein Berufsabschluss

Rauchen Sie?

	Mutter	Vater
Ja, täglich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ja, gelegentlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wird in der Gegenwart des Kindes in der Wohnung geraucht?

Elternfragebogen im Rahmen der BODPOD-Studie



Bitte beantworten Sie den nun folgenden Fragebogenteil jeweils für sich und den Kindsvater/ die Kindsmutter.

	Mutter	Vater
Alter		
Größe (in m)		
Gewicht (in kg)		
Staatsangehörigkeit		
Geburtsland		

Welchen höchsten allgemeinen Schulabschluss haben Sie?

Mutter	Vater
<input type="checkbox"/> Sonderschulabschluss	<input type="checkbox"/> Sonderschulabschluss
<input type="checkbox"/> Hauptschulabschluss	<input type="checkbox"/> Hauptschulabschluss
<input type="checkbox"/> Qualifizierender Hauptschulabschluss	<input type="checkbox"/> Qualifizierender Hauptschulabschluss
<input type="checkbox"/> Realschulabschluss (mittlere Reife)	<input type="checkbox"/> Realschulabschluss (mittlere Reife)
<input type="checkbox"/> Fachhochschulreife	<input type="checkbox"/> Fachhochschulreife
<input type="checkbox"/> Allgemeine Hochschulreife/ Fachabitur	<input type="checkbox"/> Allgemeine Hochschulreife/ Fachabitur
<input type="checkbox"/> Ausländischer Schulabschluss	<input type="checkbox"/> Ausländischer Schulabschluss
<input type="checkbox"/> Sonstiger Schulabschluss	<input type="checkbox"/> Sonstiger Schulabschluss
<input type="checkbox"/> Kein Schulabschluss	<input type="checkbox"/> Kein Schulabschluss

Welchen höchsten Ausbildungsabschlussabschluss haben Sie?

Mutter	Vater
<input type="checkbox"/> Beruflich-betriebliche Berufsausbildung (Lehre)	<input type="checkbox"/> Beruflich-betriebliche Berufsausbildung (Lehre)
<input type="checkbox"/> Beruflich-schulische Berufsausbildung	<input type="checkbox"/> Beruflich-schulische Berufsausbildung
<input type="checkbox"/> Fachschule, Meister- oder Technikerschule, Berufs- oder Fachakademie	<input type="checkbox"/> Fachschule, Meister- oder Technikerschule, Berufs- oder Fachakademie
<input type="checkbox"/> Fachhochschulabschluss	<input type="checkbox"/> Fachhochschulabschluss
<input type="checkbox"/> Hochschulabschluss	<input type="checkbox"/> Hochschulabschluss
<input type="checkbox"/> Promotion	<input type="checkbox"/> Promotion
<input type="checkbox"/> Sonstiger Ausbildungsabschluss	<input type="checkbox"/> Sonstiger Ausbildungsabschluss
<input type="checkbox"/> Kein Berufsabschluss	<input type="checkbox"/> Kein Berufsabschluss

Rauchen Sie?

	Mutter	Vater
Ja, täglich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ja, gelegentlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wird in der Gegenwart des Kindes in der Wohnung geraucht?

Elternfragebogen im Rahmen der BODPOD-Studie



<input type="checkbox"/> Ja, täglich	<input type="checkbox"/> Ja, mehrmals pro Woche	<input type="checkbox"/> Ja, einmal pro Woche	<input type="checkbox"/> Nein
--------------------------------------	---	---	-------------------------------

2. Veränderungen unter der Bedingung der Corona-Pandemie

Sind Sie aktuell berufstätig?

	Mutter	Vater
Ja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Elternzeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wenn ja, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen dieser Seite.

Haben Sie vor der Corona-Pandemie bereits vollständig/ teilweise im Homeoffice gearbeitet?

	Mutter	Vater
Ja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Arbeiten Sie während der Corona-Pandemie vollständig/ teilweise im Homeoffice?

	Mutter	Vater
Ja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie viele Tage pro Woche wurde/ wird ungefähr im Homeoffice gearbeitet?

	Mutter	Vater
Vor der Corona-Pandemie		
Seit Beginn der Corona-Pandemie		

Elternfragebogen im Rahmen der BODPOD-Studie



3. Fragen zum Kind

Bitte beantworten Sie den nun folgenden Fragebogenteil zu Ihrem Kind, welches an unserer Studie teilnimmt.

3.1: Allgemein:

Geschlecht:

<input type="checkbox"/> männlich	<input type="checkbox"/> weiblich	<input type="checkbox"/> divers
-----------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------

Alter	
Größe (in m)	
Gewicht (in kg)	
Staatsangehörigkeit	
Geburtsland	
Anzahl der Geschwister	

Besucht Ihr Kind bereits die Schule?

Ja

Klasse: ____

Nein

Kindergarten

Vorschule

3.2: Chronische Erkrankungen

Leidet Ihr Kind unter einer chronischen körperlichen Erkrankung?

<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
-----------------------------	-------------------------------

Wenn ja, welche? _____

3.3: Ernährung

Wurde Ihr Kind gestillt?

<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
-----------------------------	-------------------------------

Wenn ja: Es wurde insgesamt über etwa _____ Wochen gestillt.

Wenn ja: Es wurde etwa ab der _____ Woche zugefüttert (z.B. Säuglingsmilch, Brei).

Elternfragebogen im Rahmen der BODPOD-Studie



Wie lässt sich die Ernährungsweise Ihres Kindes beschreiben?

	Ja	Nein
Ohne Fleisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ohne Fisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ohne Milch oder Milchprodukte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vegan	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sonstiges bitte hier eintragen: _____

**Wenn eine der Antwortmöglichkeiten mit „Ja“ beantwortet wurde:
In welchem Lebensjahr hat Ihr Kind mit der Ernährungsweise begonnen? ____**

Sind Sie der Meinung, dass...

	Ja	Eher ja	Nein	Eher nein
... die Ernährungsweise Ihres Kindes ausgewogen ist?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... die Ernährung Ihres Kindes viele Ballaststoffe enthält?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... die Ernährung Ihres Kindes viel Obst und Gemüse enthält?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... Ihr Kind zu dick ist?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... Ihr Kind zu dünn ist?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... Ihr Kind ein gutes Gewicht hat?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.4: Mediennutzung VOR Beginn der Corona-Pandemie

Wie lange nutzte Ihr Kind unter der Woche täglich digitale Medien?

	Gar nicht	< 1 Stunde	1-2 Stunden	3-4 Stunden	> 4 Stunden
Handy/ Smartphone	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Computer/ Tablet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fernsehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Playstation/ Wii/ Konsole	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie lange nutzte Ihr Kind am Wochenende täglich digitale Medien?

	Gar nicht	< 1 Stunde	1-2 Stunden	3-4 Stunden	> 4 Stunden
Handy/ Smartphone	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Computer/ Tablet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fernsehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Playstation/ Wii/ Konsole	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Elternfragebogen im Rahmen der BODPOD-Studie



Aktivität VOR Beginn der Corona-Pandemie

Wie häufig...	Nie	< 1x pro Woche	1-2x pro Woche	3-5x pro Woche	(fast) jeden Tag
... spielte Ihr Kind im Freien?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... trieb Ihr Kind Sport in einem Verein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... trieb Ihr Kind Sport außerhalb eines Vereins?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Kindliche Veränderungen UNTER der Bedingung der Corona-Pandemie

Welche Aussagen treffen bei Ihrem Kind in Bezug auf die Corona-Pandemie zu?

Seit dem Beginn der Corona-Pandemie...

	Ja	Nein
...nahm der kindliche Medienkonsum (z.B. Fernsehen, Smartphone, Internet) zu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...bewegt sich das Kind deutlich weniger.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...isst das Kind mehr Fertiggerichte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...isst das Kind mehr Süßigkeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...isst das Kind weniger ausgewogen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...gibt es mehr Konflikte zwischen Eltern und Kind	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

War Ihr Kind in den letzten 4 Wochen aufgrund der Corona-Pandemie seltener in der Schule/Kindergarten?

Ja, nicht mehr in der Schule/Kindergarten	<input type="checkbox"/>
Ja, deutlich seltener (ca. 1 bis 2 mal pro Woche)	<input type="checkbox"/>
Ja, etwas seltener (ca. 3 bis 5 mal pro Woche)	<input type="checkbox"/>
Nein, genauso häufig wie früher auch	<input type="checkbox"/>

Wie lange nutzt Ihr Kind seit Beginn der Corona-Pandemie unter der Woche täglich digitale Medien?

	Gar nicht	< 1 Stunde	1-2 Stunden	3-4 Stunden	> 4 Stunden
Handy/ Smartphone	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Computer/ Tablet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fernsehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Elternfragebogen im Rahmen der BODPOD-Studie



Universitätsklinikum
Tübingen

Playstation/ Wii/ Konsole	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
---------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Wie lange nutzt Ihr Kind seit Beginn der Corona-Pandemie am Wochenende täglich digitale Medien?

	Gar nicht	< 1 Stunde	1-2 Stunden	3-4 Stunden	> 4 Stunden
Handy/ Smartphone	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Computer/ Tablet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fernsehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Playstation/ Wii/ Konsole	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Aktivität seit Beginn der Corona-Pandemie

Wie häufig...	Nie	< 1x pro Woche	1-2x pro Woche	3-5x pro Woche	(fast) jeden Tag
... spielt Ihr Kind im Freien?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... treibt Ihr Kind Sport in einem Verein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... treibt Ihr Kind Sport außerhalb eines Vereins?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Elternfragebogen im Rahmen der BODPOD-Studie



5. Fragen zum Schlaf des Kindes

Die folgenden Aussagen betreffen die Schlafgewohnheiten Ihres Kindes und mögliche Schwierigkeiten mit dem Schlaf. Denken Sie bei der Beantwortung der Fragen an die **vergangene Woche** im Leben Ihres Kindes. Wenn die letzte Woche aus irgendeinem Grund keine typische Woche für das Schlafverhalten Ihres Kindes darstellt (z. B. weil Ihr Kind krank war und deshalb besonders schlecht geschlafen hat oder weil es außergewöhnlich gut geschlafen hat), wählen Sie stattdessen bitte eine vergangene, typische Woche aus dem Leben Ihres Kindes.

Antworten Sie mit **GEWÖHNLICH**, wenn eine Aussage **5 mal oder öfter** pro Woche zutrifft; antworten Sie mit **MANCHMAL**, wenn eine Aussage **2-4 mal** pro Woche zutrifft; antworten Sie mit **SELTEN**, wenn eine Aussagen **nie oder 1 mal** pro Woche zutrifft. Bitte geben Sie immer zusätzlich an, ob die Schlafgewohnheiten ein Problem darstellen, indem Sie **JA**, **NEIN** oder **KEINE ANGABE (K/A)** einkreisen.

Schlafenszeit

Notieren Sie hier die Zubettgehzeit Ihres Kindes: _____

	3 Gewöhnlich (5-7)	2 Manchmal (2-4)	1 Selten (0-1)	Stellt dies ein Problem für Sie dar?		
Das Kind geht jeden Abend zur gleichen Zeit ins Bett (R)(1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind schläft nach dem Zubettgehen innerhalb von 20 Minuten ein (R)(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind schläft alleine im eigenen Bett ein (R)(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind schläft im Bett der Eltern/der Geschwister ein (4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind schläft mit schaukelnden/rhythmischen Bewegungen ein (101)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind benötigt ein bestimmtes Objekt um einzuschlafen (Puppe, spezielle Decke, etc.) (102)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind braucht Mutter/Vater im Zimmer um einzuschlafen (5)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind ist zur Schlafenszeit bettfertig (R)(103)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind sträubt sich zur Schlafenszeit ins Bett zu gehen (104)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind kämpft beim Zubettgehen (weint, weigert sich im Bett zu bleiben, etc.) (6)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind hat Angst im Dunkeln zu schlafen (7)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind hat Angst alleine zu schlafen (8)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A

Schlafverhalten

Übliche Schlafmenge Ihres Kindes pro Tag: _____ Stunden und _____ Minuten
(Gesamtschlafmenge aus Nacht und Tag)

Elternfragebogen im Rahmen der BODPOD-Studie



	3 Gewöhnlich (5-7)	2 Manchmal (2-4)	1 Selten (0-1)	Stellt dies ein Problem für Sie dar?		
Das Kind schläft zu wenig (9)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind schläft zu viel (105)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Die Schlafdauer des Kindes ist genau richtig (R)(10)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind schläft jeden Tag ungefähr gleich viel (R)(11)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind nässt nachts ein (12)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind redet während des Schlafes (13)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind ist ruhelos und bewegt sich oft während des Schlafes (14)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind schlafwandelt während der Nacht (15)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind wechselt nachts in das Bett eines anderen (Eltern, Geschwister etc.) (16)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind berichtet von Schmerzen während des Schlafes. Wenn ja, wo? (106)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind knirscht mit den Zähnen während des Schlafes (17)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind schnarcht laut (18)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind scheint während des Schlafes Atemaussetzer zu haben (19)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind schnappt nach Luft oder atmet laut während des Schlafes (20)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind hat Schwierigkeiten bei anderen zu schlafen (Besuch bei Verwandten, Ferien) (21)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind klagt über Schlafprobleme (107)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind wacht nachts schreiend und schwitzend auf und kann nicht/nur schwer beruhigt werden (22)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind wacht durch einen beängstigenden Traum auf (23)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A

Nächtliches Erwachen

	3 Gewöhnlich (5-7)	2 Manchmal (2-4)	1 Selten (0-1)	Stellt dies ein Problem für Sie dar?		
Das Kind wacht einmal während der Nacht auf (24)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind wacht mehr als einmal während der Nacht auf (25)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind schläft nach dem Aufwachen ohne elterliche Unterstützung wieder ein (R) (108)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A

Notieren Sie hier die Minuten, die ein nächtliches Erwachen gewöhnlich dauert: _____

Elternfragebogen im Rahmen der BODPOD-Studie



Universitätsklinikum
Tübingen

Morgendliches Erwachen

Notieren Sie hier die Uhrzeit, zu der das Kind gewöhnlich morgens aufwacht: _____

	3 Gewöhnlich (5-7)	2 Manchmal (2-4)	1 Selten (0-1)	Stellt dies ein Problem für Sie dar?		
Das Kind wacht von alleine auf (R) (26)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind wacht durch einen Wecker auf (109)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind wacht mit schlechter Laune auf (27)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Erwachsene oder die Geschwister wecken das Kind (28)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind hat Schwierigkeiten morgens aus dem Bett zu kommen (29)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind braucht lange um morgens munter zu werden (30)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind wacht sehr früh am Morgen auf (110)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind hat morgens einen guten Appetit (R)(111)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A

Tagesmüdigkeit

	3 Gewöhnlich (5-7)	2 Manchmal (2-4)	1 Selten (0-1)	Stellt dies ein Problem für Sie dar?		
Das Kind macht während des Tages ein/mehrere Schläfchen (112)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind schläft plötzlich inmitten einer Tätigkeit (z.B. Spielen, Hausaufgaben) ein (113)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A
Das Kind erscheint müde (31)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ja	Nein	K/A

Wirkte Ihr Kind während der letzten Woche bei einer der folgenden Aktivitäten sehr schläfrig oder ist es eingeschlafen (Markieren Sie alles Zutreffende):

	1 Nicht schläfrig	2 Sehr schläfrig	3 Schläft ein
Alleine Spielen (114)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fernsehen (32)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Autofahren (33)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mahlzeiten essen (115)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

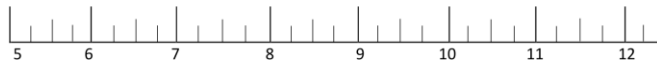
Elternfragebogen im Rahmen der BODPOD-Studie



Reduced Morningness-Eveningness Questionnaire for Children and Adolescents – Parent version

rMEQ-CP (Schlarb, Roeser, Randler, 2016)

Wenn es nur nach dem Wohlbefinden Ihres Kindes ginge und es sich seinen Tag völlig frei einteilen könnte, wann würde es Ihrer Meinung nach aufstehen? Bitte markieren Sie die Uhrzeit auf der Zeitleiste.



Wie müde fühlt sich Ihrer Meinung nach Ihr Kind morgens in der ersten halben Stunde nach dem Aufwachen?

- sehr müde
- ziemlich müde
- ziemlich frisch
- sehr frisch

Um wieviel Uhr wird Ihr Kind abends müde und hat das Bedürfnis schlafen zu gehen? Bitte markieren Sie die Uhrzeit auf der Zeitleiste.



Zu welcher Tageszeit fühlt sich Ihr Kind Ihrer Meinung nach am besten?



Man spricht bei Menschen von „Morgen- und Abendtypen“. Zu welchem der Typen würden Sie Ihr Kind zählen?

- eindeutig „Morgentyp“
- eher „Morgen-“, als „Abendtyp“
- eher „Abend-“, als „Morgentyp“
- eindeutig „Abendtyp“

Basierend auf MEQ (Horne & Östberg 1976; Griefahn et al., 2001; Adan & Almirall, 1991; Randler 2013).

9.4 Poster-Vortrag: Jahrestagung der Gesellschaft für Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin (GNPI) (Hamburg, 2023)

Körperzusammensetzung postnatal und mit 6-7 Lebensjahren. Daten einer deutschen Referenzkohorte gesunder reifer Einlingsneugeborener und einer Kohorte von Kindern mit mütterlichem Gestationsdiabetes.

Wiechers C, Harnack M, Deutsch H, Quante M, Poets CF, Franz AR

Einleitung

Das Ziel enteraler und parenteraler Ernährung Frühgeborener ist, Wachstum und Entwicklung wie in utero zu ermöglichen. Zur Evaluation von Ernährungsinterventionen muss neben Gewicht, Länge und Kopfumfang auch die **Körperzusammensetzung** untersucht werden. Hierzu ist auch eine mit der gleichen Technologie untersuchte **Referenzkohorte reifer Neugeborener (NG)** erforderlich.

Wir berichteten zuvor die unmittelbar nach Geburt mittels **Air-Displacement-Plethysmography (ADP, PeaPod, Cosmed)** gemessene Körperzusammensetzung von reifen Einlingen **ohne und mit mütterlichem Gestationsdiabetes (GDM)** [1,2].

Ziel dieser Folgeuntersuchung ist eine Beschreibung der mittels ADP gemessenen Körperzusammensetzung einer **Referenzkohorte für den deutschsprachigen Raum im Alter von 6-7 Jahren** sowie eine Beurteilung des **Einflusses eines GDM** und weiterer Faktoren auf die Körperzusammensetzung.

Methoden

Die Kinder der zuvor beschriebenen „**Tübinger ADP-Referenzkohorte**“ (2014-2015) gesunder reifer Einlings-NG wurden 2021 im Alter von 6-7 Jahren erneut mittels ADP (BodPod®, Cosmed) untersucht.

Die Ergebnisse sind als Median (Q1-Q3) dargestellt.



Abb. 7: Messung eines Kindes im PeaPod® (Cosmed) und im BodPod® (Cosmed)

Ergebnisse

Insgesamt konnten **n=92** Kinder erneut untersucht werden, davon **n=75** ehemalige gesunde reife Einlings-NG von Müttern **ohne Gestationsdiabetes** (davon **n=45** Mädchen) im Alter von 6,6 (6,4-6,8) Jahren und **n=17** ehemalige gesunde reife Einlings-NG von Müttern **mit Gestationsdiabetes** (davon **n=8** Mädchen) im Alter von 6,6 (6,4-6,7) Jahren.

Der Körperfettanteil der Kinder ohne mütterlichem GDM betrug bei den **Mädchen 15,0%** (11,6%-18,7%) und bei den **Jungen 13,8%** (10,7%-16,9%). Die Differenz zwischen dem Körperfettanteil bei Geburt und bei 6-7 Jahren betrug bei den Mädchen **+2,5%** (-1,9%-8,3%) und bei den Jungen **+4,5%** (-1,0%-6,9%). Es bestand keine Korrelation zwischen Körperfettanteil bei Geburt und Körperfettanteil mit 6-7 Jahren.

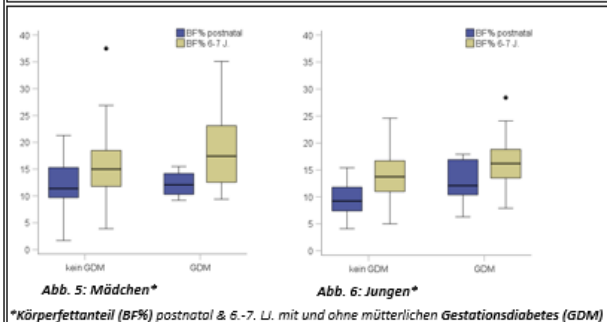
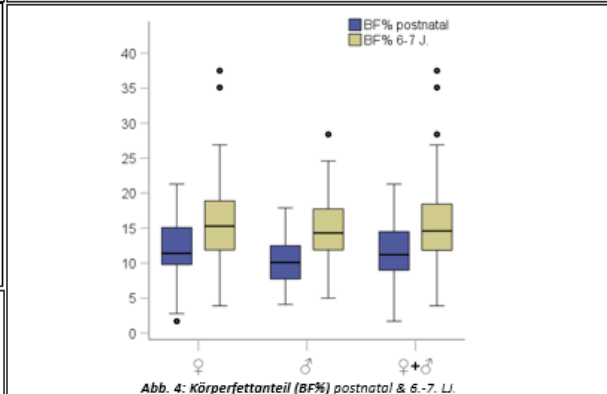
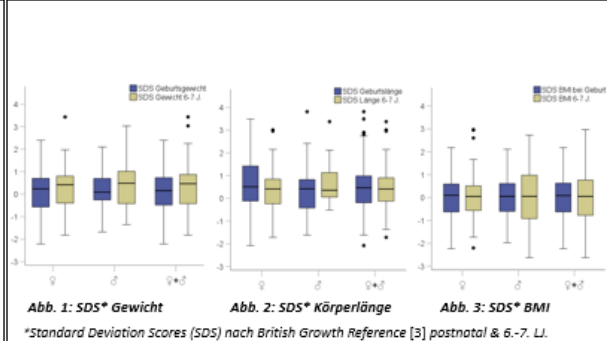
Der Körperfettanteil der Kinder mit mütterlichem GDM betrug bei den **Mädchen 17,5%** (12,4%-23,8%) und bei den **Jungen 16,2%** (12,8%-21,5%). Die Differenz zwischen dem Körperfettanteil bei Geburt und bei 6-7 Jahren betrug bei den Mädchen **+7,2%** (-0,7%-14,0%) und bei den Jungen **+4,1%** (-2,1%-7,8%). Es bestand kein signifikanter Unterschied zwischen der Referenzkohorte und der Kohorte von Kindern, deren Mütter einen Gestationsdiabetes hatten.

Schlussfolgerung

Im Mittel stieg der Körperfettanteil zwischen Geburt und dem Alter von 6-7 Jahren leicht an, bei hoher Streuung für die Differenz in dieser Kohorte. Es bestand **keine Assoziation zwischen Körperfettanteil bei Geburt und Körperfettanteil mit 6-7 Jahren**. Im Mittel zeigten die Kinder, deren Mütter einen Gestationsdiabetes hatten, im Alter von 6-7 Jahren einen **höheren Körperfettanteil**. Im Gegensatz zur Untersuchung bei Geburt war der Unterschied jedoch nicht signifikant.

Ausblick

Stilldauer, elterliches Gewicht, Schlaf- und Aktivitätsuntersuchungen, die möglicherweise einen Teil der Variabilität in der Körperzusammensetzung erklären könnten, werden zurzeit analysiert.



Referenzen

- Wiechers C et al. Neonatal body composition: cross-sectional study in healthy term singletons in Germany. BMC Pediatr. 2019 Dec 12;19(1):488. doi: 10.1186/s12887-019-1837-4.
- Wiechers C et al. Body composition in term offspring after maternal gestational diabetes does not predict postnatal hypoglycemia. BMC Pediatr. 2021 Mar 6;21(1):111.
- Cole, T.J., et al. British 1990 growth reference centiles for weight, height, body mass index and head circumference fitted by maximum penalized likelihood. Stat Med, 1998. 17(4): p.407-29.