

**Vergleich der Körperzusammensetzung von Kindern
mit normalem Ernährungszustand und Kindern mit nutritiver
Wachstumsverzögerung**

Inauguraldissertation
zur
Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
des Fachbereichs Humanmedizin
der Justus-Liebig-Universität, Giessen

Vorgelegt von
Anke Füchsel
aus Köln

Giessen 2002

Aus dem Institut für Ernährungswissenschaft
Abteilung „Ernährung in Entwicklungsländern“

Leiter: Universitätsprofessor Dr. med. M. Krawinkel
des Universitätsklinikums Gießen

Gutachter: Prof. Dr. Krawinkel

Gutachter: PD Dr. Wudy

Tag der Disputation: 20. Februar 2003

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einleitung	1
2. Material und Methodik	4
2.1 Methodik	4
2.2 Anthropometrie	5
2.2 Bioelektrische Impedanz-Analyse (BIA)	7
2.2.1 Grundlagen	7
2.2.2 Messung	8
2.2.3 Formeln	9
2.3 Auswertung	10
3. Ergebnisse	11
3.1 Anthropometrie	13
3.2 BIA	15
3.3 Methodenvergleich	17
3.4 Körperzusammensetzung verschiedener Altersgruppen	20
4. Diskussion	24
4.1 Körperzusammensetzung	24
4.2 Vergleich mit anderen Studien	31
4.3 Methodenvergleich	35
5. Zusammenfassung	40
6. Literaturverzeichnis	42
7. Anhang	52
8. Tabellenverzeichnis	59
9. Abbildungsverzeichnis	60
10. Danksagung	61
11. Lebenslauf	62

1. EINLEITUNG

Mehr als ein Drittel aller Schulkinder in Ländern mit niedrigem sozialen Standard ist chronisch unterernährt. Die höchsten Prävalenzen werden in Ostafrika mit durchschnittlich 47% angegeben (92). Malnutrition ist somit immer noch eines der gravierendsten Probleme in Entwicklungsländern.

Eine ausreichende Ernährung ist ein maßgeblicher Grundbaustein für die Entwicklung im Kindesalter. Ist diese über längere Zeit nicht gewährleistet, kommt es zu bleibenden Schäden des physischen Wachstums und der intellektuellen, emotionalen und sozialen Entwicklung eines Kindes (6).

Nach Ausmaß und Dauer der Malnutrition werden anhand der WHO-Klassifikation drei Gruppen definiert (92):

- a) **Stunting:** wird durch die **Körpergröße in Bezug auf das Lebensalter** beschrieben. Dieser anthropometrische Parameter spiegelt das Längenwachstum wieder und gibt Hinweise auf Defizite bei langanhaltender inadäquater Ernährung und/oder gesundheitlichen Problemen.
- b) **Wasting:** setzt **Körpergewicht zur Körpergröße in Bezug**. Es ist ein Indikator für einen akuten, schweren Prozeß, welcher eine fehlende Gewichtszunahme oder einen Gewichtsverlust verursacht; es kann allerdings auch auf der Basis einer chronischen Malnutrition oder Krankheit ausgelöst werden.
- c) **Underweight:** bezieht sich auf das **Körpergewicht in Bezug auf das Lebensalter**. Es wird von der Größe und dem Gewicht eines Kindes beeinflusst und kommt daher sowohl bei stunting als auch bei wasting vor. Liegt wasting bei einem Kind mit Untergewicht nicht vor, so weist dies auf ein langanhaltendes Ernährungs- und/oder Gesundheitsdefizit hin.

Nach WHO-Definition spricht man von einer der genannten Malnutritionsformen, wenn der jeweilige anthropometrische Befund eines Kindes unterhalb von zwei

Standardabweichungen vom Median seiner gleichaltrigen Referenzgruppe liegt (91;92).

Verschiedene Studien haben das Wasting-Syndrom untersucht und es als kritischen Zustand für den Organismus bestätigt. Es existieren allgemeine Handlungsrichtlinien, um ein adäquates und schnelles Handeln zu gewährleisten (6;30;65).

Beim Stunting-Syndrom ist ein sofortiger Eingriff von ärztlicher Seite meist nicht notwendig (91). Es stellt sich vielmehr die Frage, ob die nutritive Wachstumsverzögerung einen schädigenden Einfluß auf den Körper hat, oder ob es sich um einen sinnvollen Adaptationsprozess des Körpers an die niedrige Energiezufuhr („small but healthy“) handelt.

Nach einigen Autoren ist zur Bestimmung des Gesundheitszustandes von Kindern nicht Größe und Gewicht allein, sondern die Körperzusammensetzung ausschlaggebend (90). Zu deren näherer Beschreibung verwendet man Kompartimentmodelle (80;89). Das Körpergewicht (Einkompartiment-Modell) kann in Fettmasse und fettfreie Masse (Zweikompartiment-Modell) unterteilt werden. Gelingt es, eines dieser Kompartimente zu ermitteln, kann das andere berechnet werden. Gebräuchliche Methoden zur Bestimmung des Zwei-Kompartiment-Modells sind die Hydrodensitometrie, die Anthropometrie und als neuere Methode die bioelektrische Impedanzanalyse (BIA). Bei dieser handelt es sich um ein einfaches Verfahren, welches über eine Gesamtwiderstandsmessung des Körpers die Bestimmung von Körperwasser, fettfreier Masse, Körperfett, Körperzellmasse und extrazellulärer Masse erlaubt.

In der vorliegenden klinischen Studie wurde die Körperzusammensetzung von Kindern und Jugendlichen im Alter von vier bis achtzehn Jahren in Tansania bestimmt. Als Standardmethode zur Beurteilung des Ernährungszustandes verwendete man die Anthropometrie; zusätzlich wurde die bioelektrische Impedanzanalyse als diagnostisches Mittel eingesetzt.

Es waren folgende Fragen zu untersuchen:

- 1) Wie sieht die Körperzusammensetzung bei Kindern mit nutritiver Wachstumsverzögerung im Vergleich zu Kindern mit normalem Ernährungszustand aus?
- 2) Ist das Phänomen des stunting eine Form der Adaptation als „beste“ Reaktion des Körpers oder hat es einen eigenen Krankheitswert?
- 3) Eignet sich die bioelektrische Impedanzanalyse als diagnostisches Mittel zur Erkennung einer chronischen Unterernährung?

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1 Methodik

In der vorliegenden Studie wurde der Ernährungszustand von 166 Kindern im Alter von vier bis achtzehn Jahren mit normalem Ernährungszustand und mit nutritivem Wachstumsrückstand bestimmt.

Die Untersuchungen fanden in der Ambulanz des Kilimanjaro Christian Medical Centre (KCMC), des Mawenzi District Hospitals und der Sokoine Primary School in Moshi, desweiteren in der Kahe Primary School und der Oria Primary School in Kahe statt. Die meisten Kinder stammten aus der Kilimanjaro Region, einzelne kamen aus Arusha, und Dar-el-Salaam und anderen Regionen.

Als anthropometrische Kriterien wurden die Größe, das Gewicht, der Oberarmumfang und die Hautfaltendicke über dem Triceps sowie subscapular gemessen. Aus Größe und Gewicht errechnete man den Body-Mass-Index, aus Oberarmumfang und Hautfaltendicke jeweils die Muskelmasse und den Körperfettgehalt.

Zusätzlich wurde die bioelektrische Impedanzanalyse eingesetzt und Berechnungen der fettfreien Masse, des Körperfettgehalts und des Gesamtkörperwassers erstellt.

Anhand ihrer Größe teilte man die Probanden in zwei Gruppen ein: Die Grenze war nach der WHO-Definition für stunting minus zwei Standardabweichungen der Referenztablette der WHO (91). Dementsprechend umfasste die erste Gruppe alle Personen mit normalem Ernährungszustand (NEZ), d.h. oberhalb der zweiten Standardabweichung. In der zweiten Gruppe befanden sich die Kinder mit nutritiver Wachstumsverzögerung (NWV). Sie lagen unterhalb der zweiten Standardabweichung.

Das Alter der Probanden wurde in Abständen von sechs Monaten erfasst und mit den Referenzgruppen verglichen. Zur besseren Übersicht wurde in den folgenden Darstellungen auf ganze Jahre abgerundet.

2.2 Anthropometrie

Für die Messung der Körpergröße stellten sich die Kinder barfuß an ein Stadiometer. Die Werte wurden jeweils in Schritten von fünf Millimetern abgelesen. Das Gewicht wurde mit einer Standwaage in leichter Kleidung bestimmt und in Abständen von hundert Gramm angegeben. Größe und Gewicht wertete man anhand der Referenztabelle der WHO aus (91).

Der Body-Mass-Index (BMI) errechnete sich aus Körpergröße und –Gewicht nach der Formel Körpergewicht (kg) / Körpergröße (m) ² .

Die Hautfaltendicke am Triceps und subscapular wurde aus Standardisierungsgründen jeweils auf der rechten Seite ohne Kleidung mit einem Kaliper bestimmt, welches in seiner Meßgenauigkeit von einem Millimeter den Lange-Calipern entsprach (27). Hierzu maß man in der Mitte zwischen Olecranon und Acromionspitze am entspannt hängenden Oberarm eine Hautfalte. Subscapular nahm man eine Hautfalte unterhalb und seitlich der Scapulaspitze mit einem Winkel von 45 Grad zwischen Hautfalte und Wirbelsäule (25;58).

Der Oberarmumfang wurde ebenfalls am bloßen, entspannt hängenden Arm der rechten Seite in der Mitte zwischen Olecranon und Acromionspitze mit einem Zentimeterband mit einer Meßgenauigkeit von einem Millimeter gemessen (58).

Aus den anthropometrischen Messungen konnte anhand spezifischer Formeln für Kinder der Körperwassergehalt, das Körperfett und die fettfreie Masse errechnet werden. In den Gleichungen sind die Körpergröße und Oberarmumfang in Zentimeter, Hautfaltendicke in Millimeter und Gewicht in Kilogramm angegeben.

- 1) Das **Gesamtkörperwasser (TBW)** ergibt sich nach alters- und geschlechtsspezifischen Formeln von Rauh et al. (68) aus Größe und Gewicht:

Jungen: $TBW = 0,397 * \text{Gewicht} + 0,067 * \text{Größe} - 2,778$; $\text{Größe} \leq 137,22 \text{ cm}$
 $TBW = 0,381 * \text{Gewicht} + 0,257 * \text{Größe} - 28,985$; $\text{Größe} \geq 137,22 \text{ cm}$

Mädchen: $TBW = 0,024 * \text{Gewicht} + 0,136 * \text{Größe} - 4,476$; $\text{Größe} \leq 113,02 \text{ cm}$
 $TBW = 0,320 * \text{Gewicht} + 0,135 * \text{Größe} - 9,577$; $\text{Größe} \geq 113,02 \text{ cm}$

2) Für die Berechnung des **Körperfetts (BF)** verwendete man die Formeln von Johnston (45;46); zum Vergleich wurden weiterhin die Formeln von Frerichs (25) und Slaughter (79) hinzugezogen. Frerichs bezieht sich bei der Bestimmung des Körperfettes neben Größe und Gewicht nur auf die Hautfaltendicke über dem Triceps (TSF). Die anderen Autoren verwenden zusätzlich die subscapulare Hautfaltendicke (SCSF). Slaughter gibt auch Werte für schwarzhäutige Jungen an.

2.1) Johnston:

Mädchen (6-10 J.): $BF = 1,35 * (TSF + SCSF) - 0,012 * (TSF + SCSF)^2 - 1,4$;
(11-13 J.): $BF = 1,35 * (TSF + SCSF) - 0,012 * (TSF + SCSF)^2 - 2,4$;
(14-15 J.): $BF = 1,35 * (TSF + SCSF) - 0,012 * (TSF + SCSF)^2 - 3,4$;
(>15 J.): $BF = 1,35 * (TSF + SCSF) - 0,012 * (TSF + SCSF)^2 - 4,0$

Jungen (6-11 J.): $BF = 1,35 * (TSF + SCSF) - 0,012 * (TSF + SCSF)^2 - 3,4$;
(12-14 J.): $BF = 1,35 * (TSF + SCSF) - 0,012 * (TSF + SCSF)^2 - 4,4$;
(15-17 J.): $BF = 1,35 * (TSF + SCSF) - 0,012 * (TSF + SCSF)^2 - 5,4$;

2.2) Frerichs:

Alle: $BF = 51,73 + 0,28 * \text{Gewicht} + (-0,35 * \text{Größe}) + 0,78 * \text{TSF}$

2.3) Slaughter:

Mädchen: $BF = 1,33 * (TSF + SCSF) - 0,013 * (TSF + SCSF)^2 - 2,5$

Jungen ($\leq 12 \text{ J.}$): $BF = 1,21 * (TSF + SCSF) - 0,008 * (TSF + SCSF)^2 - 3,2$
($> 12 \text{ J.}$): $BF = 1,21 * (TSF + SCSF) - 0,008 * (TSF + SCSF)^2 - 5,2$

3) Die **fettfreie Masse (FFM)** errechnete sich aus dem Gesamtkörperwasser (TBW) oder aus dem Körperfett. Bei der Berechnung der Magermasse aus dem Gesamtkörperwasser wurde der unterschiedliche Wassergehalt der verschiedenen Alterstufen nach Goulet (30) und Forbes (22) berücksichtigt.

3.1) $FFM = TBW / \% \text{Wasseranteil an FFM}$

3.2) $FFM = \text{Körpergewicht} - BF$

2.3 Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA)

2.3.1 Grundlagen

Das Prinzip der bioelektrischen Impedanzanalyse beruht auf der Messung des Gesamtwiderstandes eines organischen Körpers in einem Wechselstromfeld (40;48;61;75). Über Hautelektroden wird ein elektrisches Wechselstromfeld mit konstanter Stromstärke von 800 μA und einer Frequenz von 50 kHz erzeugt (59). Es werden der Gesamtwiderstand (die Impedanz Z) und die Phasenverschiebung, ausgedrückt durch den Phasenwinkel α , gemessen.

Mit Hilfe des Phasenwinkels läßt sich die Impedanz in ihre Komponenten Resistance R und Reactance X_c nach der Formel $Z^2 = R^2 + X_c^2$ aufteilen. Die Resistance R ist der reine Widerstand eines Leiters gegen den Wechselstrom. Da die Leitfähigkeit eines organischen Körpers abhängig von seinem Wasser und Elektrolytgehalt ist; ist R umgekehrt proportional zum Gesamtkörperwasser. Die Reactance X_c gilt als der kapazitative Widerstand, welcher durch die Zellmembranen erzeugt wird.

Aufgrund ihres hohen Anteils an Wasser und Elektrolyten ist die fettfreie Masse gut leitend, die Fettmasse hingegen hat einen hohen elektrischen Widerstand .

Die Phasenverschiebung des Stromes wird bestimmt durch die Kondensatoreigenschaften der Zellmembranen; sie verursachen eine Zeitverschiebung im Wechselstromkreis. Da Wechselstrom eine Sinusform hat, wird die Phasenverschiebung in Grad gemessen und als Phasenwinkel α bezeichnet. Er ist proportional zur Zellmasse des Körpers (body cell mass = BCM) und gilt als generelles Maß für die Membranintegrität.

Anhand der Resistance R und des Phasenwinkels α lassen sich spezifische Formeln zur Berechnung des Gesamtkörperwassers (TBW), der fettfreien Körpermasse (FFM) und des Gesamtkörperfettes (BF) ableiten. Damit ermöglicht die BIA eine Analyse der Körperzusammensetzung.

2.3.2. Messung

Die Messungen wurden stets von der gleichen Person jeweils vormittags von 10.30 Uhr bis 13.00 Uhr durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt hatten sich die Probanden noch nicht sportlich betätigt und waren entweder nüchtern oder hatten nur ein leichtes Mahl zu sich genommen.

Für die Messung mit der BIA legten sich die Kinder auf eine Liege. Der rechte Hand- und Fußrücken wurde gereinigt und getrocknet, um eine gute Leitfähigkeit zu gewährleisten. Aus Standardisierungsgründen maß man stets auf der rechten Seite.

Jeweils zwei Elektroden wurden an Hand und Fuß, aufgeklebt und über ein Messkabel mit dem Gerät BIA 2000 verbunden. Um eine Beeinflussung des Stromkreises zu verhindern, achtete man darauf, dass sich die einzelnen Körperteile nicht berührten oder sie in Kontakt mit äußeren Metallgegenständen kamen. Daraufhin wurde bei 50 kHz etwa eine Sekunde lang gemessen, bis der Monitor die Messergebnisse für R, Xc und α zeigte.

Von jedem Probanden wurden drei Messwerte erhoben, deren arithmetischer Mittelwert zur weiteren Auswertung diente. Diese Mittelwerte wurden in alters- und geschlechtsspezifische Formeln zur Berechnung des Gesamtkörperwassers, der fettfreien Masse und des Körperfettes eingesetzt.

Das Auswertungssystem Body 4 (9) ist für die Berechnung der Körperzusammensetzung von Erwachsenen konzipiert worden. Aufgrund des höheren Körperwassergehaltes von Kindern, konnte das Programm in dieser Studie nicht angewendet werden. Daher wurden für die weitere Auswertung Gleichungen, die an Kindern der gleichen Alterstufe erstellt und überprüft worden sind, hinzugezogen.

2.2.3. Formeln

Für das Gesamtkörperwasser (TBW) wurde die Formel von Kushner (54), für die fettfreie Masse und für das Gesamtkörperfett wurden Formeln von Houtcooper (40;41) angewandt.

In den Formeln wird die Körpergröße in Zentimetern, das Körpergewicht in Kilogramm und das Alter in Jahren angegeben.

1) Gesamtkörperwasser (TBW)

Kushner: $TBW = 0,59 \cdot \text{Größe} / R + 0,065 \cdot \text{Gewicht} + 0,04$

2) Fettfreie Masse (FFM):

Houtcooper: $FFM = 0,61 \cdot \text{Größe}^2 / R + 0,25 \cdot \text{Gewicht} + 1,31$

Zum Vergleich wurden drei weitere Formeln für Kinder von Schaefer et al (72), Goran et al (29) und Suprasongsin et al (82) verwendet:

Schaefer: $FFM = 0,65 \cdot \text{Größe}^2 / R + 0,68 \cdot \text{Alter} + 0,15$

Goran: $FFM = 0,59 \cdot \text{Größe}^2 / R + 0,065 \cdot \text{Gewicht} + 0,04 / 76,9 - 0,25 \cdot \text{Alter} - 1,9 \cdot \text{Geschlecht}$

Suprasongsin: $FFM = 0,632 \cdot \text{Größe}^2 / R + 289 \cdot \text{Gewicht} + 1,445$

3) Körperfett (BF):

Houtcooper: $BF = - 1,11 \cdot \text{Größe}^2 / R + 1,04 \cdot \text{Gewicht} + 15,16$

Die Formel von Young et al (93) wurde zum Vergleich hinzugezogen:

Young: $BF = 0,3981 \cdot \text{Größe}^2 / R + 0,3066 \cdot \text{Gewicht} + 0,0953 \cdot (\text{Größe} - 100) + 0,7414$

2.4 Auswertung

Die Auswertung erfolgte durch die Programme „Microsoft Excel“ und „Statistical Package for Social Sciences“ (SPSS)[®]. Anhand des KOLMOGOROV-SMIRNOV-Anpassungstests wurde die Annahme der Normalverteilung der Daten überprüft. Für den Vergleich zweier Gruppen wurde der t-Test nach STUDENT verwendet, sofern die Varianzen beider Gruppen ähnlich waren, oder - bei nicht normalverteilten Gruppen – der nichtparametrische Test von MANN-WHITNEY U-Test.

Dementsprechend verwendete man bei normalverteilten Gruppen den PEARSON-Korrelationskoeffizienten, um lineare Beziehungen zwischen zwei Variablen auszudrücken. Bei fehlender Varianzgleichheit wurde die Berechnung der Korrelationen nach SPEARMAN durchgeführt.

Sofern nicht anders erwähnt, werden die Daten in Mittelwerten (MW) und Standardabweichungen (SD) ausgedrückt.

Die Größe- und Gewichtstabellen der WHO (91) dienen als Referenzwerte für Größe und Gewicht. Als Normwerte für Tricepshautfaldendicke und Oberarmumfang, werden die Median-Perzentilen aus einer Studie an 19047 Personen im Alter von 1–74 Jahren von Frisancho (25) verwendet. Sollwerte für die Magermasse und den Körperfettgehalt waren die Medianwerte aus einer Studie an 8480 Kindern im Alter von 5–18 Jahren von Rauh et al.(68).

Weiterhin wurden das Längensollgewicht nach Kunze (51) als Referenzwert hinzugezogen.

Acht Kinder, welche aufgrund genetischer oder chronisch auszehrender Krankheiten Abweichungen von einem normalen Körperwachstum aufwiesen, wurden aus der Studie ausgeschlossen (Anhang 1).

3. ERGEBNISSE

Insgesamt sind 166 Kinder und Jugendliche, davon 69 Mädchen und 97 Jungen, im Alter von 4-17 Jahren untersucht worden.

Es zeigt sich, dass die Probanden im Durchschnitt etwas kleiner und leichter als die von der WHO angegebenen Referenzwerte sind (Tabelle 1). Die Körperlänge liegt -1,6 Standardabweichungen (SD) unterhalb des Medians, das Körpergewicht -1,4 Standardabweichungen.

Verglichen mit den Sollwerten des Kilimanjaro Christian Medical Centre (KCMC) betragen Größe und Gewicht im Mittel bei 94 bzw. 84 Prozent des Längensolls und befinden sich somit im Normbereich (Anhang 2).

Anhand des anthropometrischen Index Größe/Lebensalter sind die Probanden in zwei Gruppen eingeteilt worden:

- 1) Kinder mit normalen Ernährungszustand (NEZ)
- 2) Kinder mit nutritiver Wachstumsverzögerung, oder „stunting“ (NWV)

In der Gruppe mit NEZ befinden sich 96, in der Gruppe mit NWV 70 Personen.

Tabelle 1: Länge, Körpergewicht und Body-Mass-Index

	Insgesamt		Gruppe mit NEZ		Gruppe mit NWV	
	MW ⁵	SD ⁶	MW	SD	MW	SD
Alter (Jahre)	9,3	2,9	8,8	2,8	10,1	2,9
Größe (cm)	125,3	14,6	128,7*	15,3	120,6*	12,1
H/A ¹	-1,6	1,5	-0,5*	6,8	-2,7*	0,8
(% von KCMC-Soll ⁴)	(94,1)	(6,5)	(98)	4,5	(87,7)	3,5
Gewicht (kg)	24,9	8,6	27,0*	9,6	22,1*	5,9
W/A ²	-1,4	1,1	-0,7*	0,9	-2,2*	0,7
(% von KCMC-Soll)	(83,9)	(13,8)	(91,5)	9,5	(71,7)	10,3
Body Mass Index	15,4	1,8	15,8	1,8	15,0	1,7
W/H ³	-0,6	1,1	-0,6	0,9	-0,7	1,2
(% von KCMC-Soll)	(94,5)	(7,6)	(95,1)	6,8	(93,6)	8,6

¹H/A: anthropometrischer Index: Größe pro Lebensalter

*p<0,001

²W/A: anthropometrischer Index: Körpergewicht pro Lebensalter

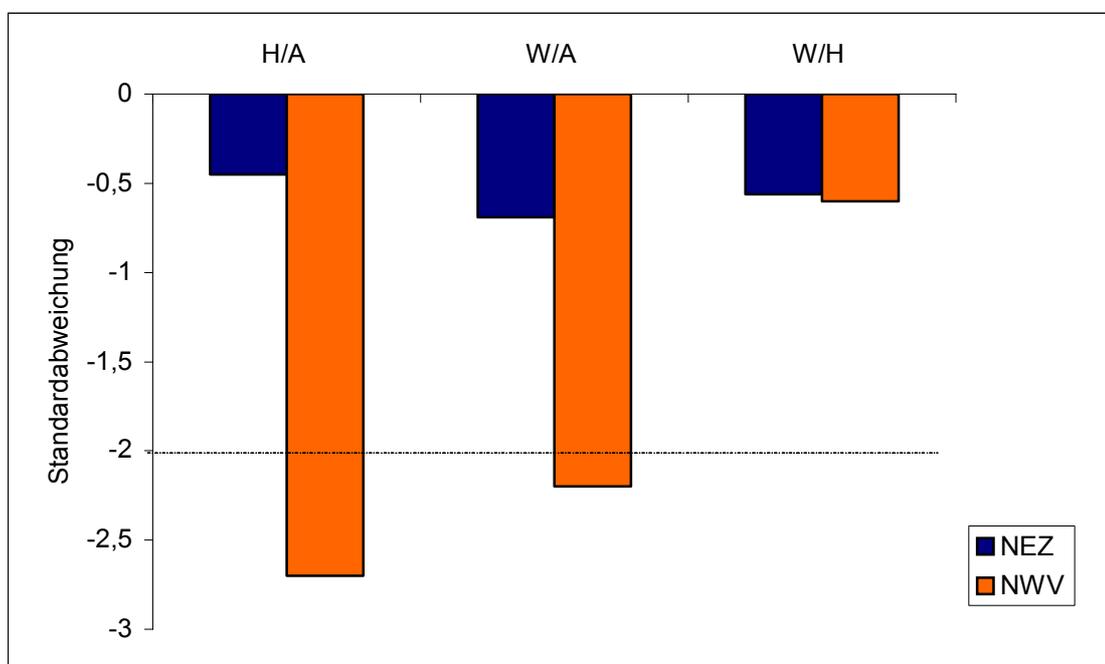
³W/H: anthropometrischer Index: Körpergewicht pro Körpergröße

⁴KCMC: Abweichung der Längen-Sollwerte des Kilimanjaro-Christian Medical Centers in Prozent

⁵MW: Mittelwert; ⁶SD: Standardabweichung

Die Kinder mit nutritiver Wachstumsverzögerung haben sowohl in ihrer Größe als auch in ihrem Körpergewicht signifikant niedrigere Werte als die Kinder mit normalem Ernährungszustand ($p < 0,001$). Nach den WHO-Referenzkriterien befindet sich die Größe der Kinder mit NWV durchschnittlich 2,7 Standardabweichungen und das Körpergewicht 2,2 Standardabweichungen unterhalb des Medians der WHO.

Der anthropometrische Index Körpergewicht pro Körpergröße weist mit $-0,6$ SD bzw. $-0,7$ SD in beiden Gruppen ähnliche Werte auf. Auch die Body-Mass-Indices unterscheiden sich statistisch nicht signifikant voneinander (Abbildung 1).



¹H/A: Größe pro Lebensalter; ²W/A: Körpergewicht pro Lebensalter
³W/H: Körpergewicht pro Körpergröße

Abbildung 1: Mittlere Abweichungen von Größe und Gewicht von den Medianen der WHO-Referenzwerte der Kinder mit NEZ im Vergleich zu den Kindern mit NWV

3.1 Anthropometrie

Die anthropometrischen Messungen ergeben durchschnittlich einen Oberarmumfang von 18,2 cm bei den Probanden mit NEZ und 16,7 cm bei Kindern mit NWV. Die Hautfaltendicke liegt in der Gruppe mit NEZ im Mittel bei 8,8 mm, in der Gruppe mit NWV bei 6,8 mm (Tabelle 2).

Verglichen mit den Referenzwerten von Frisancho sind die Werte beider Gruppen niedriger. Die Oberarmhautfaltendicke liegt bei durchschnittlich 75,8 % vom Median, der Oberarmumfang bei 84,9 %. Insbesondere die Hautfaltendicke der Kinder mit NWV weist mit 65,5 % auf einen geringen Körperfettanteil hin.

Sowohl für die Hautfaltendicke als auch für den Oberarmumfang ergeben sich nach dem Mann-Whitney-U-Test (für nicht normalverteilte Gruppen) statistisch höchst signifikante Unterschiede ($p \leq 0,001$) zwischen beiden Gruppen.

Tabelle 2: durchschnittliche Werte von Oberarmumfang und Hautfaltendicke

	Insgesamt		Gruppe mit NEZ		Gruppe mit NWV	
	MW ⁴	SD ⁵	MW	SD	MW	SD
TSF ¹ (mm)	8,0	2,9	8,8*	3,1	6,8*	2,1
- (% Soll) ³	75,8	25,7	83,1	27,2	65,5	19,1
OAU ² (cm)	17,5	2,5	18,2*	2,6	16,7*	2,1
- (% Soll) ³	84,9	10,7	89,3	8,7	78,8	10,2

¹TSF = Tricephautfaltendicke, ²OAU = Oberarmumfang

* $p < 0,001$

³%-Soll = Prozent der 50er Perzentilen von Frisancho (1981)

⁴MW = Mittelwert; ⁵SD = Standardabweichung

Die Ergebnisse der Körperzusammensetzung nach anthropometrischen Berechnungen sind in Tabelle 3 dargestellt. Für das Gesamtkörperfett ergeben sich bei den Kindern mit NEZ durchschnittlich Werte von 3,9 kg, bei den Kindern mit NWV lag der Fettgehalt bei 2,5 kg. Im Vergleich zu der Referenzfettmasse von Rauh ist die Fettmasse der Probanden mit NEZ (NWV) auf 76,7% (44,1%) des Medians vermindert. Das aufgrund der anthropometrischen Messungen berechnete Gesamtkörperwasser beträgt 16,7 kg (14,0 kg).

Die magere Körpermasse ist zum einen aus dem Gesamtkörperwassergehalt und zum anderen aus der Fettmasse berechnet worden. Es resultieren ähnliche Ergebnisse mit einer Magermasse von durchschnittlich 21,8 kg (21,5 kg) bei den Kindern mit NEZ und 18,5 kg (19,8 kg) in der anderen Gruppe.

Tabelle 3: Körperzusammensetzung aufgrund der Ergebnisse anthropometrischer Berechnungen

	Insgesamt		Gruppe mit NEZ		Gruppe mit NWW	
	MW ⁶	SD ⁷	MW	SD	MW	SD
BF ¹ (kg)	3,3	2,2	3,9°	2,5	2,5°	1,5
%-Soll ²	63,3	29,7	76,7	29,3	44,1	17,0
FFM ³ (kg)	20,8	4,3	21,5*	6,2	19,8*	5,4
%-Soll	80,9	21,8	90,7	21,4	66,1	11,9
TBW ⁴ (kg)	15,5	4,8	16,7	5,3	14,0	3,3
FFM _{TBW} ⁵ (kg)	20,5	6,4	21,9*	7,3	18,5*	4,5
%-Soll	77,4	17,5	86,6	16,6	65,0	8,9

¹BF = Körperfett nach Johnston et al; National Center for Health Statistics

*p<0,001

²%-Soll = Prozent vom Sollgewicht nach Rauh et al

°p<0,005

³FFM = Magermasse als Differenz von Körpergewicht (KG) und Körperfett (BF)

⁴TBW = Gesamtkörperwasser nach Rauh et al

⁵FFM = Magermasse aus dem Gesamtkörperwasser berechnet

⁶MW = Mittelwert; ⁷SD = Standardabweichung

Im Anhang 3 finden sich die Ergebnisse der Körperfettmasse nach den Formeln von Slaughter et al. und Frerichs et al. Die Berechnung des Körperfettes nach Slaughter et al. ergibt mit durchschnittlich 2,9 kg niedrigere, nach Frerichs mit 5,2 kg deutlich höhere Werte als die Resultate nach Johnston. Nach beiden Formeln finden sich ebenfalls höchst signifikante Unterschiede ($p \leq 0,001$) zwischen beiden Gruppen.

3.2 BIA

Tabelle 4 zeigt die Ergebnisse der bioelektrischen Impedanzanalyse. Nach der Formel von Houtcooper ergibt sich eine durchschnittliche fettfreie Masse von 20,4 kg und ein Anteil fettfreier Masse am Gesamtkörpergewicht von 82,8 %. Das Gesamtkörperfett beträgt 4,7 kg bzw. 17,9 %, und das Gesamtkörperwasser liegt bei 14,1 kg bzw. 57,0 %.

Tabelle 4: Ergebnisse der bioelektrischen Impedanzanalyse

	Insgesamt		Gruppe mit NEZ		Gruppe mit NWV	
	MW ²	SD ³	MW	SD	MW	SD
Magermasse (kg)	20,4	6,1	21,9*	6,7	18,3*	4,3
Magermasse (%)	82,8	5,7	82,5	6,0	83,1	5,3
Körperfett in (kg)	4,7	2,7	5,1°	3,2	4,0°	1,4
Körperfett (%)	17,9	3,1	18,0	3,7	17,7	1,8
TBW ¹ (%)	57,0	4,9	57,1	5,2	56,8	4,6

¹TBW = Gesamtkörperwasser in Prozent

²MW = Mittelwert; ³SD = Standardabweichung

*p<0,01

°p<0,02

Die magere Masse der Kinder mit NEZ ist mit durchschnittlich 21,9 kg größer als die magere Masse der Kinder mit NWV mit durchschnittlich 18,3 kg. Prozentual hat sie jedoch in beiden Gruppen mit 83,1% bzw. 82,5 % ungefähr den gleichen Anteil an der Körperzusammensetzung. Auch das Gesamtkörperfett beider Gruppen zeigt ähnliche Resultate in den relativen Werten, jedoch einen Unterschied in den absoluten Werten der Körperfettmasse.

Vergleicht man die Mittelwerte beider Gruppen auf Varianzgleichheit nach dem t-Test von Levene so ergibt sich kein signifikanter Unterschied in der prozentualen Körperzusammensetzung. Die Mittelwerte der absoluten Ergebnisse weisen jedoch statistisch signifikante Unterschiede auf.

Weiterhin ist die Anwendung der Gleichung von Houtcooper mit den Formeln anderer Autoren verglichen worden (Anhang 4). Die Gleichung für die magere Masse von Suprasongsin ermittelt durchschnittlich um 7% höhere Werte als die Formel von Houtcooper. Die Gleichung von Schäfer überschätzt die magere Masse insbesondere bei den Kindern mit NWV.

Die Korrelationen für die fettfreie Masse in Kilogramm zwischen den Formeln sind sehr hoch ($r=0,968$ bis $r=0,996$; Abbildung 2 und 3). Für die Magermasse in Prozent weisen nur die Gleichungen von Suprasongsin und Goran ($r=0,935$; bzw. $r=0,832$) hohe Korrelationen mit der Formel von Houtcooper auf.

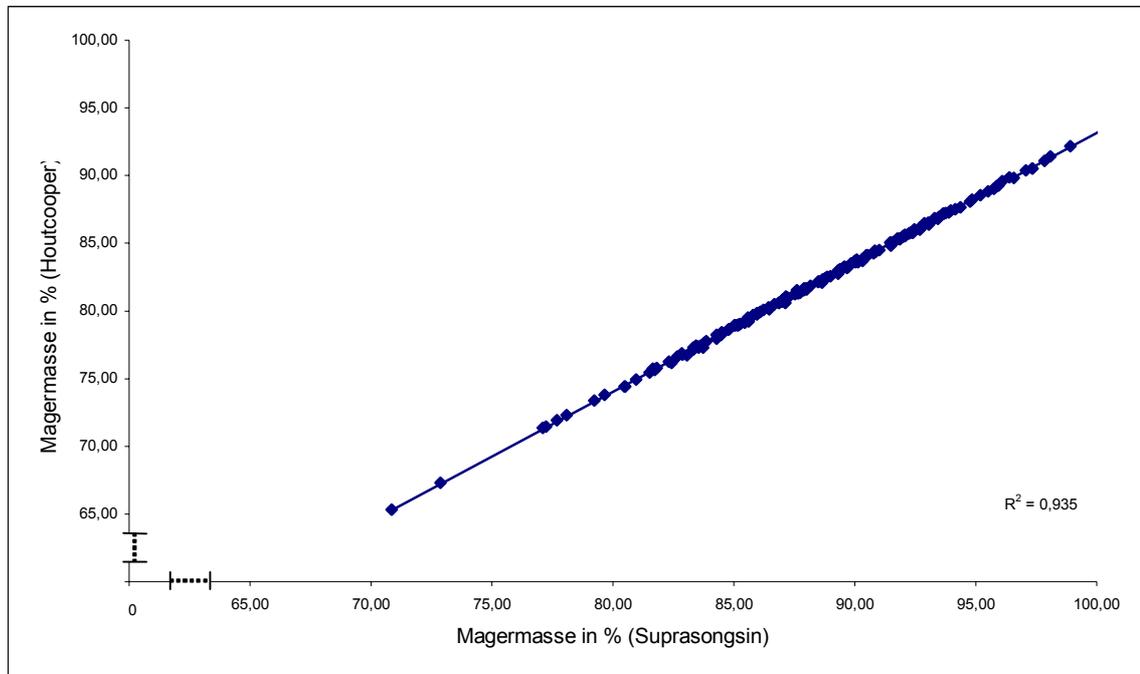


Abbildung 2: Korrelation zwischen den Ergebnissen der Formeln von Suprasongsin und Houtcooper

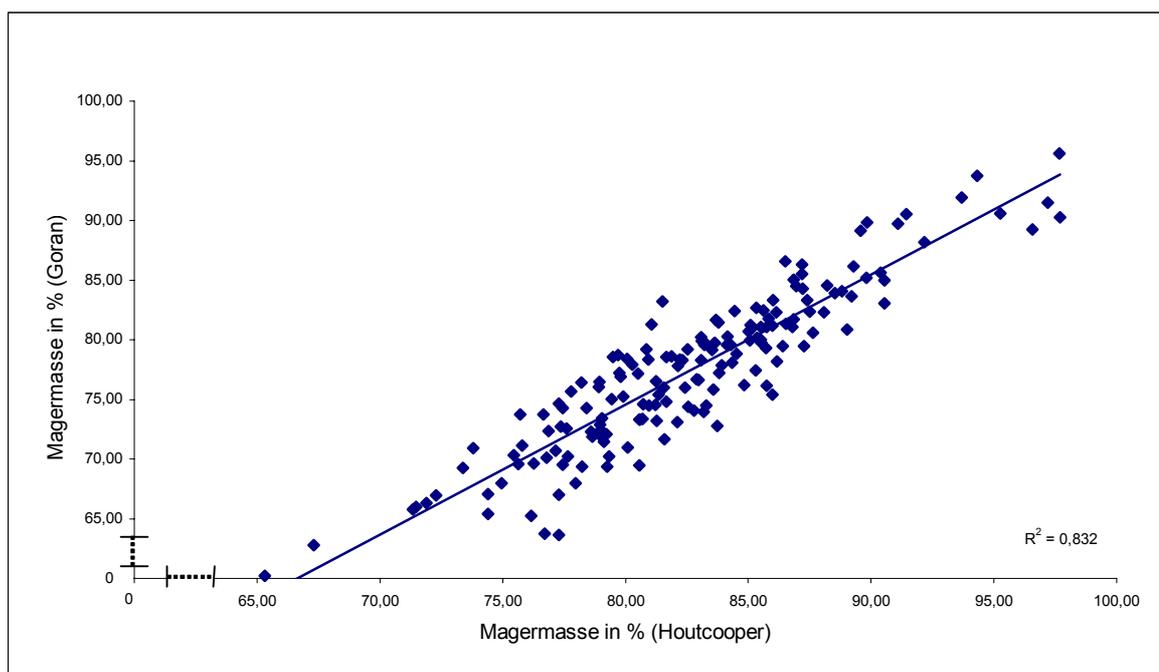


Abbildung 3: Korrelation zwischen den Ergebnissen der Formeln von Goran und Houtcooper

Die Gleichungen für den Körperfettgehalt von Young und Houtcooper korrelieren ebenfalls hoch zwischen absoluten Werten ($r=0,931$) und mittelmäßig zwischen den Prozentwerten ($r=0,546$).

3.3 Methodenvergleich

Zum Vergleich der Ergebnisse der anthropometrisch und impedanzanalytisch bestimmten Körperzusammensetzung sind lineare Korrelationen berechnet worden (Tabelle 5).

Insgesamt ergeben sich hohe Korrelationen für die fettfreie Masse in kg ($r=0,98$; Abbildung 4), und für das Gesamtkörperfett in kg ($r=0,93$; Abbildung 5).

Tabelle 5: Korrelationen zwischen den Ergebnissen der Anthropometrie und den Ergebnissen der Impedanzanalyse

($p \leq 0,01$)	BFa	BFi (%)	BFi (kg)	FFMa (kg)	FFMi (%)	FFMi (kg)
BFa ¹ (kg)	1	0,693	0,931			
BFi ² (%)	0,693	1	0,872			
BFi (kg)	0,931	0,872	1			
FFMa ³ (kg)				1	-0,466	0,979
FFMi ⁴ (%)				-0,466	1	-0,346
FFMi (kg)				0,979	-0,346	1

¹BFa: Körperfett anthropometrisch bestimmt; ²BFi: Körperfett impedanzanalytisch bestimmt

³FFMa: magere Masse anthropometrisch (KG-BF); ⁴FFMi: magere Masse impedanzanalytisch.

Berechnet man die Differenz zwischen beiden Meßmethoden, so wird das Körperfett anthropometrisch durchschnittlich um 29% niedriger bestimmt. Die anthropometrisch bestimmte fettfreie Masse hat mit einer Spannbreite von 81% bis 128% der impedanzanalytisch bestimmten Magermasse gleiche Mittelwerte wie die bioelektrische Impedanzanalyse.

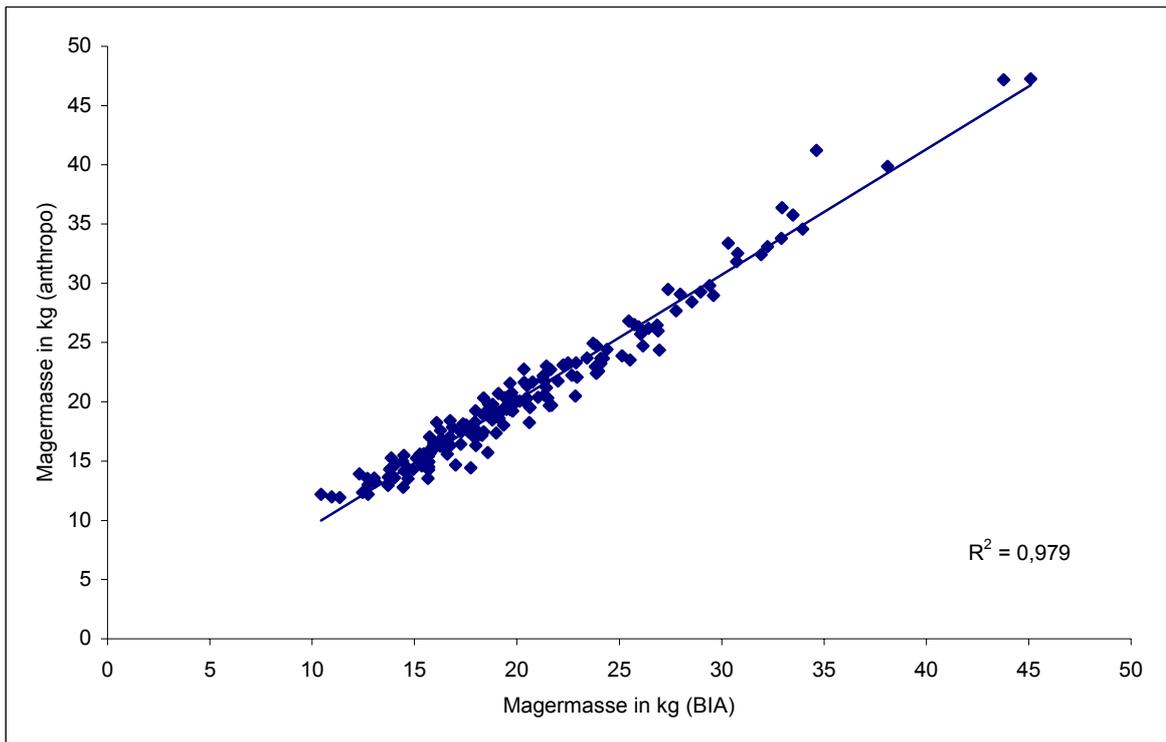


Abbildung 4: Korrelation zwischen anthropometrisch und impedanzanalytisch bestimmter Magermasse

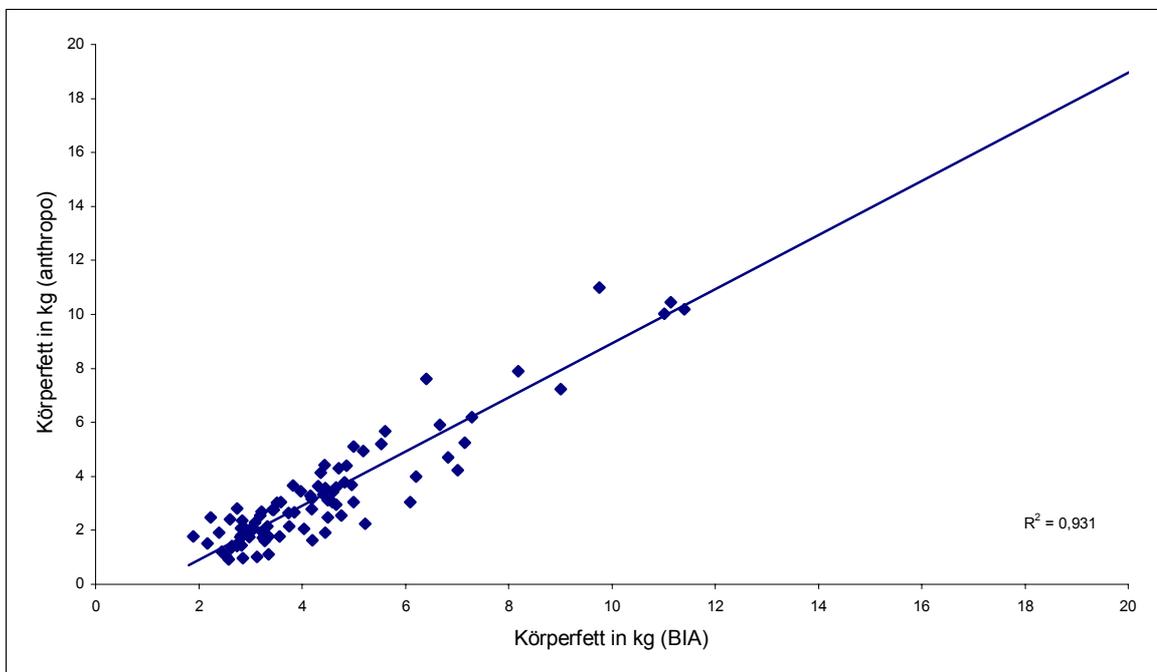


Abbildung 5: Korrelation zwischen anthropometrisch und impedanzanalytisch bestimmten Körperfett

In Tabelle 6 sind die Korrelationen der anthropometrischen und impedanzanalytischen Ergebnisse mit weiteren Parametern dargestellt. Die Körpergröße und das Körpergewicht zeigen hohe Korrelationen von $r=0,94$ bis $r=0,987$ mit der berechneten Magermasse in kg beider Meßmethoden. Der impedanzanalytisch ermittelte Quotient $\text{Größe}^2/R$ korreliert ($r=0,991$) nur geringfügig höher mit der Magermasse als das Körpergewicht allein ($r=0,987$). Bei beiden Meßmethoden korreliert der Body-Mass-Index eng mit der absoluten Fett- ($r=0,79$) und Magermasse ($r=0,73$); der Oberarmumfang mit der Magermasse ($r=0,77$). Die Hautfaltendicke korreliert hoch mit der anthropometrisch bestimmten Fettmasse ($r=0,97$).

Tabelle 6: Korrelationen zwischen Fett und Muskelmasse mit anderen anthropometrischen Parametern

($p \leq 0,01$)	BFa ¹ (kg)	BFi ² (%)	BFi (kg)	FFMa ³ (kg)	FFMi ⁴ (%)	FFMi (kg)
Größe	0,803	0,506	0,792	0,951	-0,399	0,944
Gewicht	0,915	0,683	0,929	0,989	-0,530	0,973
BMI	0,783	0,692	0,796	0,753	-0,621	0,730
Oberarmumfang	0,743	0,371	0,620	0,769	-0,282	0,772
Hautfaltendicke	0,869	0,502	0,617	0,531	-0,412	0,604
Hautfalte sub.	0,883	0,577	0,723	0,599	-0,424	0,699
Größe ² /R	0,842	0,420	0,781	0,968	-0,292	0,991

BFa¹: Körperfett anthropometrisch bestimmt; BFi²: Körperfett impedanzanalytisch bestimmt
 FFMa³: magere Masse anthropometrisch (KG-BF); FFMi⁴: magere Masse impedanzanalytisch

Berechnet man für beide Gruppen separat die Korrelationskoeffizienten ergeben sich für die fettfreie Masse in kg in beiden Gruppen sehr gute Korrelationen ($r=0,987$; bzw. $0,97$). Das Körperfett hat bei den Kindern mit NWV etwas geringere Korrelationen ($r=0,81$).

Tabelle 7a: Korrelationen zwischen anthropometrischen Daten und bioelektrischer Impedanzanalyse bei Kindern mit normalem Ernährungszustand

($p \leq 0,01$)	FFMa (kg)	FFMi (kg)	BFa (kg)	BFi (%)
FFMi (kg)	0,987	1		
BFa (kg)	0,903	0,901	1	
BFi (%)			-0,624	1
BFi (kg)	0,921	0,820	0,969	-0,904

Tabelle 7b: Korrelationen zwischen anthropometrischen Daten und bioelektrischer Impedanzanalyse bei Kindern mit nutritiver Wachstumsverzögerung

($p \leq 0,01$) (* $p \leq 0,05$)	FFMa (kg)	FFMi (kg)	BFa (kg)	BFi (%)
FFMi (kg)	0,969	1		
BFa (kg)	0,750	0,824	1	
BFi (%)			0,404*	1
BFi (kg)	0,961	0,891	0,810	0,724

3.4 Körperzusammensetzung verschiedener Altersgruppen

In den Abbildungen 6-9 sind die fettfreie Masse und das Körperfett der verschiedenen Jahrgänge abgebildet. Erwartungsgemäß haben die älteren Kinder beider Gruppen höhere Werte für die fettfreie Masse und das Gesamtkörperfett in Kilogramm (Abbildung 6 und 7). Der Unterschied ist bei den Kindern mit nutritiver Wachstumsverzögerung jedoch deutlich geringer.

In der relativen Verteilung der Körperzusammensetzung verfügen die jüngeren Kinder mit NEZ über einen hohen Anteil an Magermasse mit durchschnittlich 87,5% im Alter von vier Jahren. Mit zunehmendem Alter ist der Anteil an Magermasse geringer bis zu durchschnittlich 74,4% mit 17 Jahren. Der Fettanteil beträgt bei den Vierjährigen durchschnittlich 15,9%, er ist bei den älteren Kindern – insbesondere ab Beginn der Pubertät höher (Abbildung 8 und 9).

Das gegenläufige Verhältnis von Körperfett und Magermasse ist bei den Kindern mit NWV wesentlich schwächer ausgeprägt. Die jüngeren Kinder haben mit

durchschnittlich 18,5% Körperfett im Alter von fünf Jahren eine relativ höhere Fettmasse als die normal ernährten Kinder, im fortgeschrittenen Alter jedoch eine relativ größere Magermasse (78,8% mit 17 Jahren).

In Anhang 5 sind die Ergebnisse der einzelnen Jahrgänge tabellarisch dargestellt.

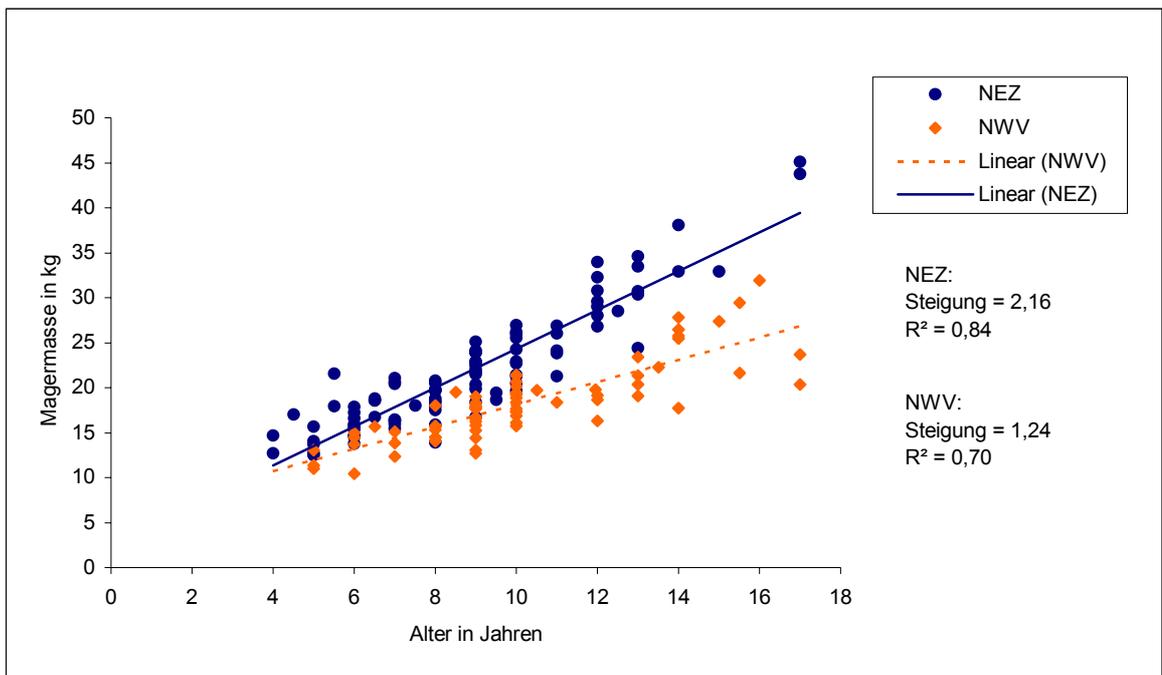


Abbildung 6: Magermasse in Kilogramm

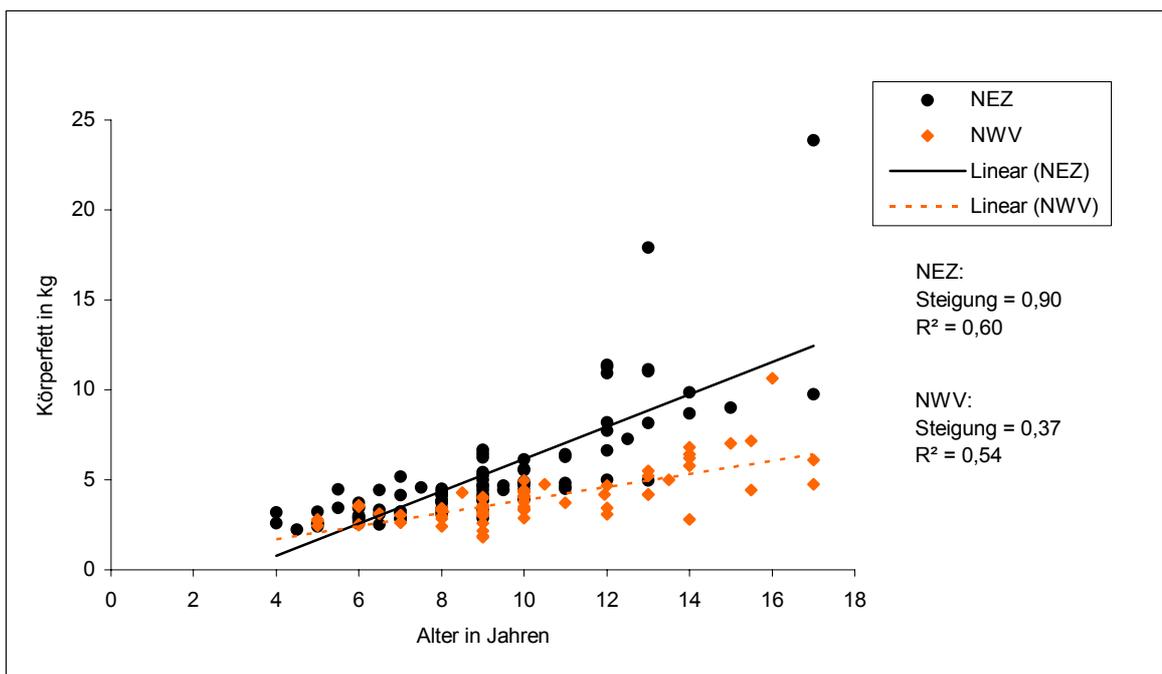


Abbildung 7: Körperfett in Kilogramm

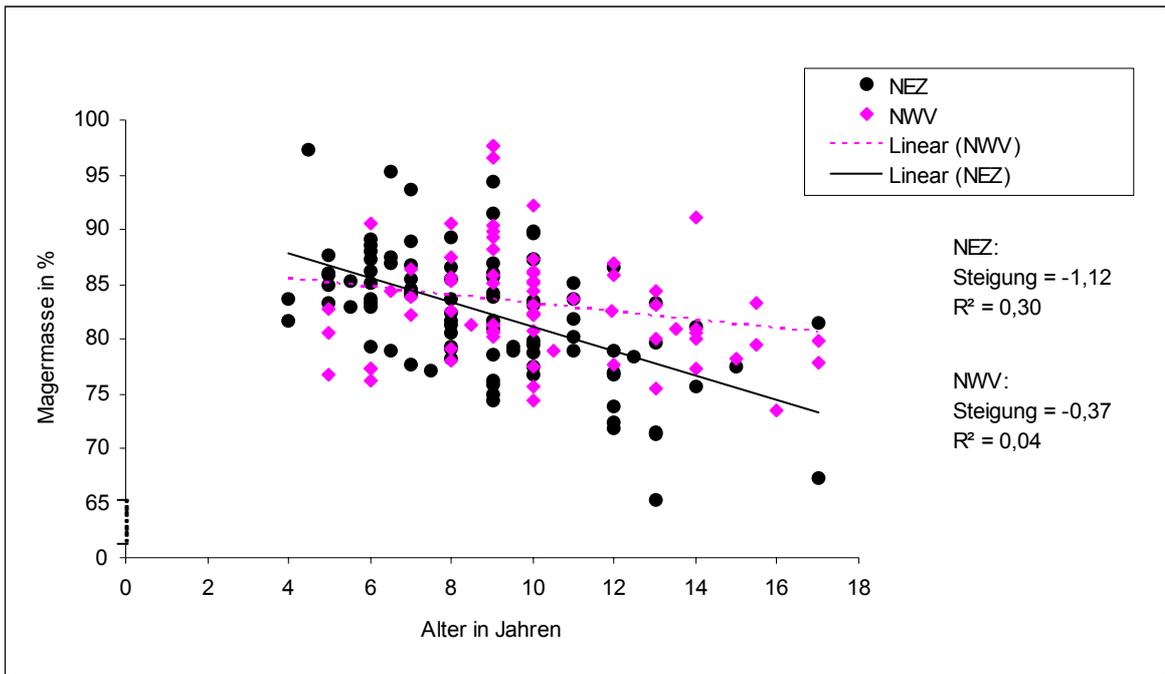


Abbildung 8: Anteil der Magermasse am Körpergewicht

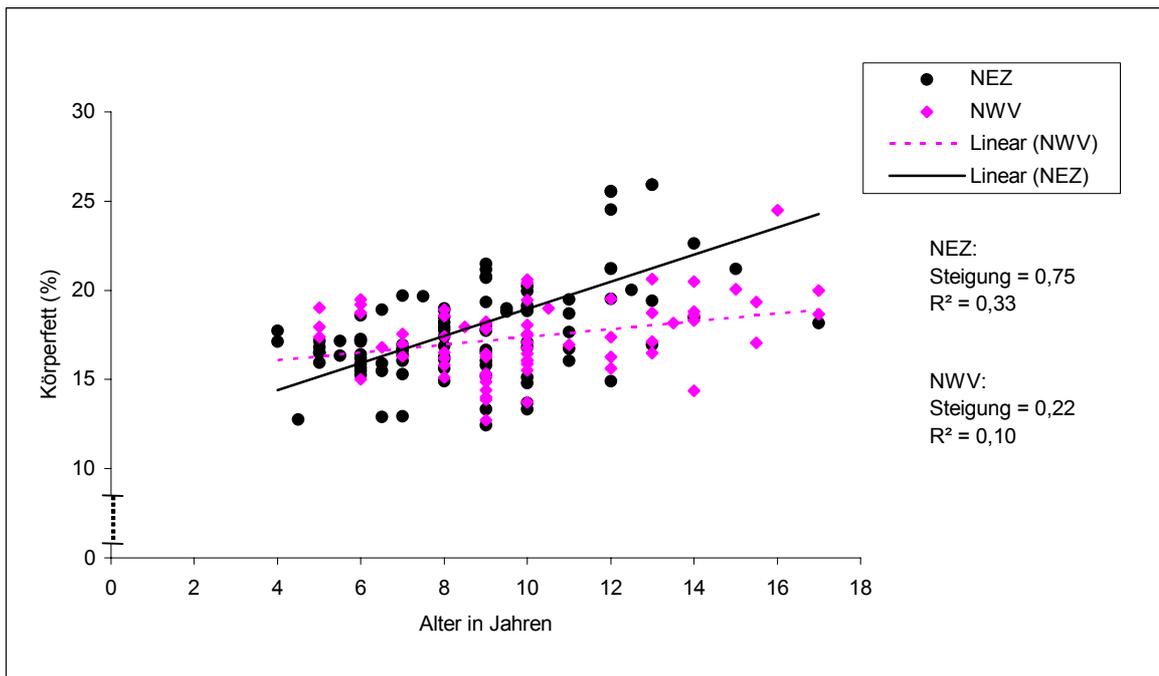


Abbildung 9: Anteil des Körperfettes am Körpergewicht

Die älteren Kinder aus der Gruppe mit NEZ haben mit durchschnittlich 53,3% einen etwas niedrigeren Gesamtkörperwassergehalt als die jüngeren Kinder mit 58,6%. Bei den Kindern mit NWV ist der Gehalt an Gesamtkörperwasser mit 56,8% nahezu konstant.

Um die unterschiedliche Körperzusammensetzung bei jüngeren und älteren Kindern besser beurteilen zu können, sind die Probanden in drei Altersgruppen eingeteilt und anhand ihrer Körperzusammensetzung miteinander verglichen worden (Tabelle 8).

Tabelle 8: Magermasse und Körperfett in verschiedenen Altersstufen

Alter in Jahren	Anzahl		Magermasse in %		Körperfett in %	
	NEZ	NWV	NEZ	NWV	NEZ	NWV
4-7	33	11	85,5*	81,6*	16,3°	17,9°
8-12	53	43	81,8°	84,5°	18,0	17,2
13-17	10	16	76,2	80,3	23,8*	18,8*

*P<0,01
°P<0,05

In der Altersgruppe der Vier- bis Siebenjährigen beträgt die fettfreie Masse der Kinder mit NEZ durchschnittlich 85,5% und der Kinder mit NWV 81,6%. Der Fettgehalt in Prozent ist bei den Kindern mit NWV mit 17,9% gegenüber den Kindern mit NEZ mit 16,3% erhöht.

In der zweiten Altersgruppe hingegen ist die durchschnittliche fettfreie Masse der Gruppe mit NWV mit 84,5% etwas höher als die mittlere Magermasse der Gruppe mit NEZ mit 81,8%.

Noch auffälliger ändert sich das Verhältnis bei den 13-17 Jährigen: Das Körperfett in Prozent ist in der Gruppe mit NEZ mit durchschnittlich 23,8% deutlich höher als bei den Kindern mit NWV mit 18,8%. Der Anteil der fettfreien Masse der normal ernährten Kinder beträgt 76,2%, der Kinder mit NWV 80,3%.

Im Anhang 6 sind die Ergebnisse der Körperzusammensetzung separat für Jungen und Mädchen aufgeführt. Der Vergleich der Mädchen und Jungen zeigt, dass Mädchen über eine etwas höhere Fettmasse, Jungen hingegen über eine höhere fettfreie Masse verfügen. Diese Unterschiede fallen bei den Kindern mit NEZ etwas deutlicher; im allgemeinen jedoch gering aus.

4. DISKUSSION

4.1 Körperzusammensetzung

Zur Beurteilung des Wachstums von Kindern und Jugendlichen werden im allgemeinen Größe- und Gewichtskurven verwendet. Hierbei werden Größe und Gewicht mit alters- und geschlechtsspezifischen Referenzwerten verglichen, das Gewicht im Bezug zur Körpergröße beurteilt sowie die Wachstumsgeschwindigkeit über den Verlauf beobachtet.

Die Kinder beider Gruppen dieser Studie liegen mit ihrer Körpergröße und ihrem Körpergewicht unterhalb des Referenzmedians der WHO. Die Gruppe der Kinder mit normalem Ernährungszustand befindet sich jedoch mit beiden Parametern innerhalb des Normbereiches. Die Probanden mit nutritiver Wachstumsverzögerung erzielen sowohl mit ihrer Körpergröße (Mittel -2,7 SD) als auch größtenteils mit ihrem Körpergewicht (Mittel -2,2 SD) nicht den Bereich oberhalb von minus zwei Standardabweichungen vom Median der Referenzpopulation. Damit ist laut WHO-Definition die Grenze der normalen Größenvariabilität unterschritten, so dass eine Wachstumsverzögerung, wahrscheinlich aufgrund chronischer Unterernährung besteht (92).

In Bezug auf die populationsspezifischen Referenzwerte des Kilimanjaro-Christian-Medical-Centre KCMC (Anhang 2) entsprechen die Kinder mit NEZ den Mittelwerten der lokalen Referenzwerte. 85 Prozent der Kinder mit NWV befinden sich unterhalb 80% des populationsspezifischen Referenzmedians, d.h. sie gelten auch nach regionalen Kriterien als chronisch unterernährt (Tabelle 9).

Tabelle 9: Abweichungen vom Referenzmedian internationaler und lokaler Referenzpopulationen

	WHO	KCMC*
NEZ	↓	↔
NWV	↓	↓

*KCMC: Kilimanjaro Christian Medical Centre

Zu ähnlichen Ergebnissen mit hohen Zahlen von stunting und Unterernährung kommen u.a. Studien aus Nigeria, Yemen, Zanzibar und Peru. (38;62;81;87). Stoltzfus et al. und Walker et al. bemerken bei Untersuchungen von Schulkindern mit chronischer Unterernährung, dass das Körperwachstum stark mit den sozio-ökonomischen Verhältnissen und nicht mit ethnischer Herkunft assoziiert ist (81; 87). Dies stimmt mit den Resultaten aus Studien in verschiedenen Ländern überein, welche bei bedarfsgerecht ernährten Kindern das gleiche Größenwachstum wie bei amerikanischen Kindern feststellen (50;90).

Auffallend ist, dass der Body-Mass-Index (15,8 bzw. 15,0) und das Längensollgewicht (97,6 bzw. 95,7) in den beiden Gruppen dieser Studie nahezu identisch sind und sich im Normbereich befinden (35;51). Verschiedene Studien über chronische Unterernährung zeigen, dass stunting häufig mit einem hohen Längensollgewicht vergesellschaftet ist. Als Ursache dafür wird eine vermehrte Insulinausschüttung aufgrund der chronischen Hypoglykämie während der Schwangerschaft und Stillzeit angesehen. Diese Kinder haben ein größeres Risiko, später Übergewicht mit stammbetonter Adipositas zu entwickeln (66;74;78;84).

Um den Ernährungszustand der Kinder mit nutritiver Wachstumsverzögerung zu beschreiben, ist zusätzlich zu Größe und Gewicht die Körperzusammensetzung anthropometrisch und impedanz-analytisch bestimmt worden.

Sowohl der Oberarmumfang als auch die Hautfaltendicke über dem Triceps sind bei den Kindern mit NWV erniedrigt. Verglichen mit den Sollwerten von Frisancho beträgt der Oberarmumfang durchschnittlich 78,8%, die Hautfaltendicke liegt bei durchschnittlich 65,5%. Dies deutet auf ein stärker vermindertes Unterhautfettgewebe bei insgesamt reduziertem Ernährungszustand hin. Nur leicht vermindert sind Oberarmumfang (89,3% vom Soll) und Hautfaltendicke (83,1% vom Soll) der Kinder mit NEZ.

Die anthropometrisch bestimmte magere Masse und das Körperfett der Kinder mit NWV weisen ebenfalls auf eine Unterernährung hin. Das Körperfett der Kinder mit NWV weist mit durchschnittlich 44% vom Soll größere Abweichungen auf als die Magermasse mit 65% vom Soll. Übereinstimmend mit den Messungen von

Oberarmumfang und Hautfaltendicke ist nach anthropometrischen Berechnungen bei den Kindern mit NWV das Körperfett stärker vermindert als die Muskelmasse. Unter der Berücksichtigung, dass die Normwerte für die Fett- und Magermasse vor über 30 Jahren erstellt wurden, ist sogar eine noch größere Abweichung von einem aktuellen Referenzmedian zu erwarten (68;80). Leider gibt es zur Zeit keine Referenzgruppen neueren Datums.

Bei unseren anthropometrischen Messungen ist nach den Berechnungen für afro-amerikanische Kinder von Slaughter et al. das Körperfett der Kinder mit NWV mit 2,1 kg (37,2 % vom Soll; Anhang 4) deutlich erniedrigt. Obwohl diese Gleichung in der Studie von Bray et al. empfohlen wird (4), sind wir wegen der sehr niedrigen Ergebnisse für die Fettmasse, die auch weit unter den Ergebnissen der BIA liegen, nicht weiter auf sie eingegangen.

Nach der Formel von Frerichs et al., welche nicht die subscapulare Hautfaltendicke, dafür aber Größe und Gewicht mit in die Formel zur Berechnung des Körperfettes einbezieht, entstehen ähnlich dem BMI- oder der W/H-Berechnung deutlich höhere Werte. Hier liegen die Ergebnisse der Kinder mit NWV mit durchschnittlich 4,6 kg bzw. 88,6 % vom Soll nahezu im Normbereich.

Ermittelt man die Körperzusammensetzung mit der bioelektrischen Impedanzanalyse, ergeben sich bei den Kindern mit NWV niedrigere Werte für Magermasse (18,3kg) und Körperfett (4,0 kg) als bei den Kindern mit NEZ (21,9 kg bzw. 5,1kg).

Im Gegensatz zu den Ergebnissen der Anthropometrie ist bei den Kindern mit NWV die Magermasse (64,5% vom Soll) stärker reduziert als die Fettmasse (73,2% vom Soll). Auf diesen Unterschied wird im Methodenvergleich näher eingegangen.

Der Körperwassergehalt beträgt in beiden Gruppen ungefähr 57%. Diese leicht erniedrigten Werte im Vergleich zu den Referenzangaben von Fomon (durchschnittlich 64,2% im Alter von neun Jahren), können auf die hohen Außentemperaturen zur Zeit der Messungen zurückgeführt werden (20). Die Aussage von Goulet, daß Kinder mit Protein-Energy-Malnutrition (PEM) über eine wesentlich größere Menge an Körperwasser verfügen (30), trifft für die Kinder

dieser Studie nicht zu. Es ist jedoch zu vermuten, daß sich Goulet nur auf Kinder mit Kwashiokor bezieht.

Betrachtet man das Verhältnis von Körperfett und fettfreier Masse in beiden Gruppen, zeigt sich insgesamt kein signifikanter Unterschied am Fett-, bzw. Magermassengehalt in Prozent der Körpermasse des Sollwertes. Dies würde für eine ähnliche Körperzusammensetzung bei kleinerer Größe und geringerem Gewicht sprechen.

Die ermittelten Werte sind jedoch die Mittelwerte aller Kinder mit NWV, bzw. NEZ. Sie lassen keine Rückschlüsse auf die Verteilung des Körperfettes bzw. der fettfreien Masse in den einzelnen Jahrgängen zu.

Abbildung 6 und 7 (Seite 21) zeigen die Mittelwerte der einzelnen Altersgruppen für das Körperfett und die fettfreie Masse in Kilogramm. Die Zunahme an Fett- und Muskelmasse bei älteren Kindern ist bei den Probanden mit NWV wesentlich geringer als bei den Kindern mit NEZ.

Die Anteile von Körperfett und fettfreier Masse an der Körperzusammensetzung (Abbildung 8 und 9, Seite 22) zeigen, dass die älteren Kinder mit NEZ über weniger Magermasse, dafür aber über mehr Fettmasse als jüngeren Kinder mit NEZ verfügen. Das entspricht einer normalen Veränderung der Körperzusammensetzung während des Wachstums (22;23;37). Dieser Unterschied ist bei den Kindern mit NWV geringer ausgeprägt, so dass es zu einer relativen Erhöhung des Körperfettes im jüngeren Alter und zu einer relativen Erhöhung der Magermasse bei den älteren Kindern mit NWV kommt.

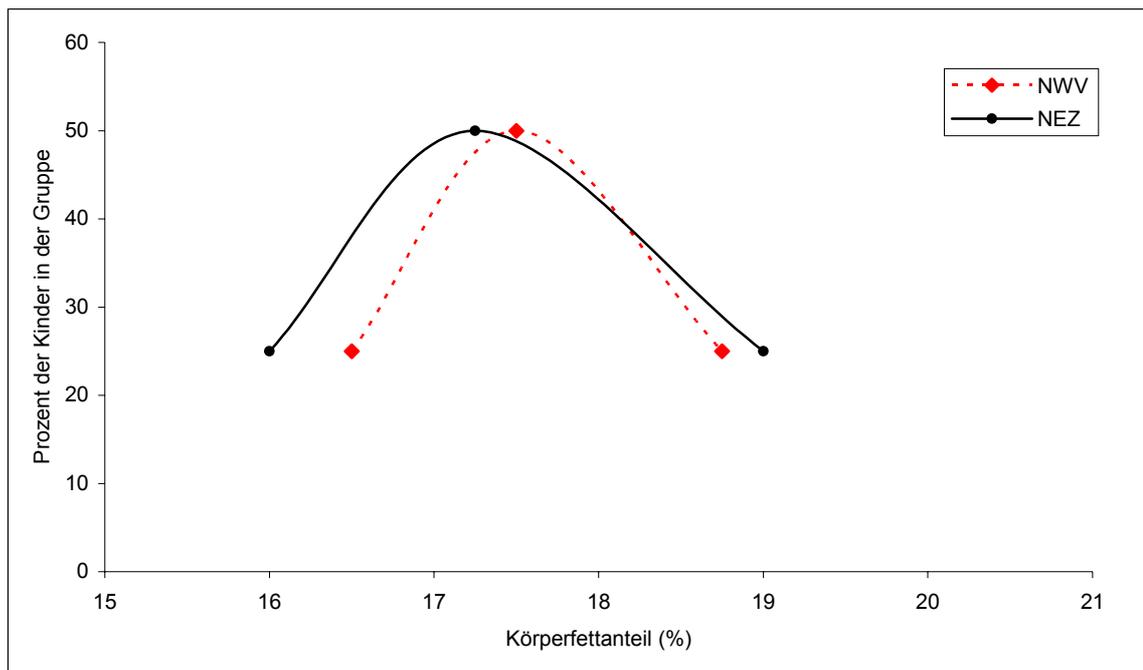


Abbildung 10: Verteilung des Körperfettanteiles beider Gruppen im Vergleich

In Abbildung 10 ist der Körperfettgehalt beider Gruppen mit Median und 25. sowie 75. Perzentile. dargestellt. Das Diagramm zeigt bei den Kindern mit NEZ eine Spannweite von 16,0-19,0% Körperfett zwischen beiden Perzentilen und einen Median bei 17,3% Körperfett. Trotz des insgesamt reduzierten Ernährungszustandes liegen die Kinder mit NWV mit einer Spannweite von 16,5-18,8% und einem Median von 17,5% Körperfett im oberen Bereich der Kinder mit NEZ.

Zur Überprüfung der Körperzusammensetzung in unterschiedlichen Altersklassen sind die Probanden in drei Altersgruppen (4-7 Jahre, 8-12 Jahre und 13-17 Jahre) eingeteilt worden (Tabelle 9, Seite 23).

In der Gruppe der Probanden mit NEZ ist die Magermasse in Prozent bei den 4-7 Jährigen am höchsten und bei den 13-17 Jährigen am niedrigsten. In der anderen Gruppe ergeben sich bei den 8-12 Jährigen die höchsten Werte für die fettfreie Masse in Prozent. Das Körperfett zeigt bei den Kindern mit NEZ ein umgekehrtes Verhältnis zur Magermasse, bei den Probanden mit NWV sind kaum Unterschiede in den Altersklassen feststellbar.

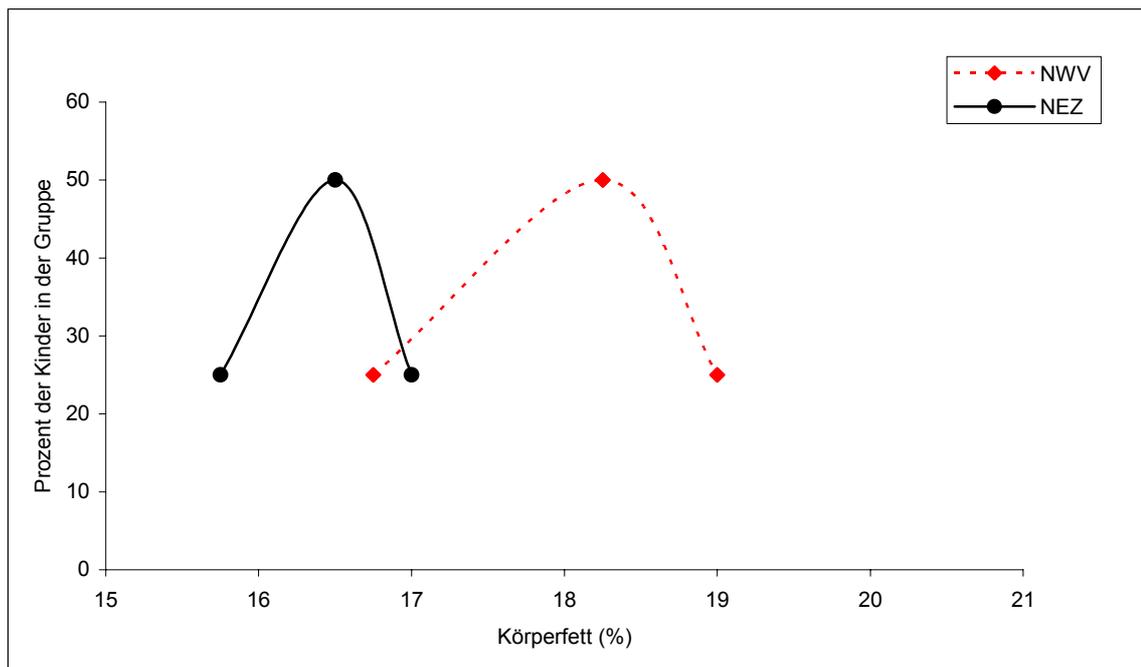


Abbildung 11: Verteilung des Körperfettanteiles der Probanden im Alter von 4-7 Jahren

Im Alter von 4-7 Jahren (Abbildung 11) haben die Kinder mit NWV einen signifikant ($p < 0,02$) höheren Fettgehalt (Spannbreite 16,8-19,0%, Median 18,3%) als die Probanden mit NEZ (Spannbreite 15,8-17,0%, Median 16,5%).

Ein erhöhter Anteil an Körperfett wird auch in anderen Studien über stunting beschrieben (12;39;70). Nach Hoffmann et al. ist eine Ursache dafür die verminderte Fett-Oxidation von Kindern mit NWV, welche zu einer vermehrten Speicherung von Fetten führt (39). Aufgrund einer Prägung der herabgesetzten Fettoxidation entsteht eine Disposition bei erhöhter Energiezufuhr im Erwachsenenalter, ein metabolisches Syndrom zu entwickeln (39).

Als weitere Ursache eines erhöhten Körperfettanteils beschreiben Studien eine erniedrigte Konzentration von Insulin-like growth factor I (IGF-1) (70) und eine erhöhte Konzentration von Glukoneogenese stimulierenden Enzymen im Blut (13;66), wodurch ebenfalls die Speicherung von Fetten gefördert wird.

Studienergebnisse von Sawaya und Popkin zeigten, dass Übergewicht signifikant häufiger bei Kindern mit stunting als bei Kindern mit normalem Ernährungszustand der gleichen Population assoziiert ist (66;71).

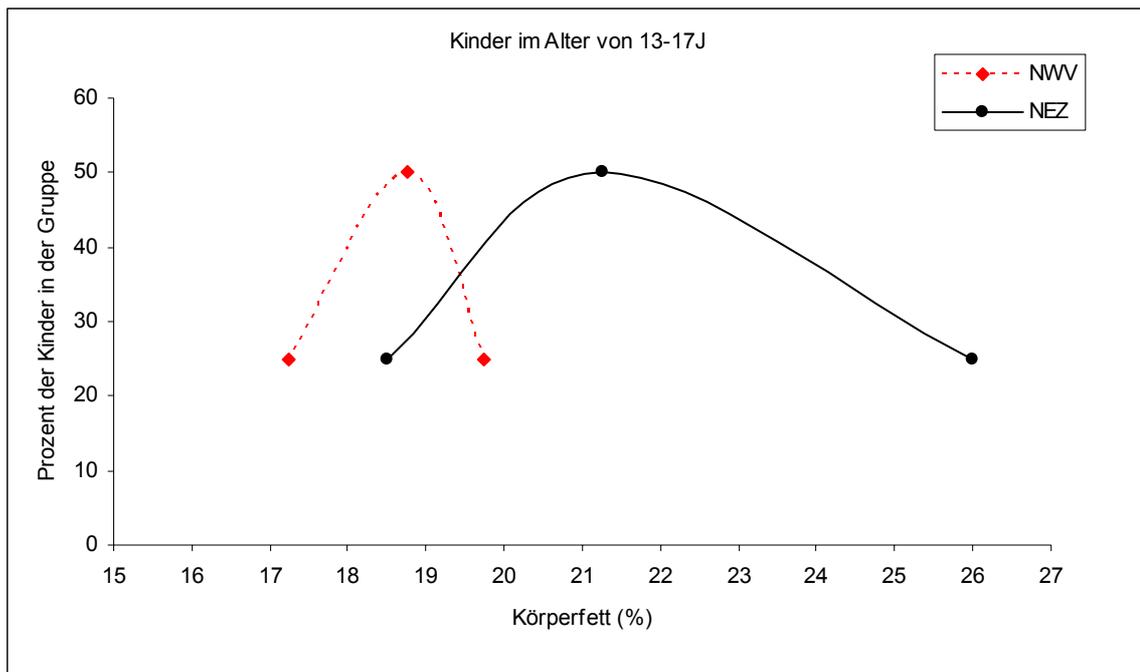


Abbildung 12: Verteilung des Körperfettanteiles der Probanden im Alter von 13-17 Jahren

Im Alter von 13-17 Jahren haben die Kinder mit NEZ mit einem Median von 21,3% und einer Spannweite von 18,5-26,0% einen höheren Körperfettgehalt als die Probanden mit NWV. Bei diesen liegt der Körperfettgehalt ähnlich wie in den anderen Altersgruppen bei 17,3-19,3% mit einem Median von 18,3%.

Die Darstellung des Körperfettgehaltes der Kinder im Alter von 8-12 Jahren findet sich im Anhang 7.

Die Ergebnisse unserer Studie stimmen mit den Ergebnissen von Gasser überein, welcher Körperfettschwankungen von +/- 5 Prozent bei konstanten BMI gemessen hatte (26).

Die Aussage von Waterlow, dass Kinder mit nutritiver Wachstumsverzögerung nur „small for age“ bei an für sich gleicher Körperzusammensetzung seien (90), kann nicht bestätigt werden. Die jüngeren Kinder mit NWV verfügen über einen höheren Körperfettanteil zulasten der Magermasse; die älteren Kinder hingegen besitzen einen höheren Anteil an fettfreier Masse. Es ist daher davon auszugehen, dass die Entwicklung der Körperzusammensetzung bei Kindern mit chronischem Ernährungsdefizit nicht der Entwicklung normal ernährter Kinder gleicht, oder dass die verschiedenen Altersgruppen unterschiedliche Kinder bzw. Adoleszente

repräsentieren: stunting, im Kleinkindalter kann einen anderen pathophysiologischen Hintergrund haben als stunting bei Jugendlichen (66;84).

Die zunehmende Prävalenz von Übergewicht in Afrika und anderen Staaten mit niedrigem sozialen Standard (66;71;78) bestätigt die Aussage von Schroeder dass bei bestehender Malnutrition von Mutter und Kind und gleichzeitiger ökonomischer Veränderung, stammbetonte Adipositas und damit assoziierte chronische Erkrankungen weiterhin zunehmen (74).

Sichieri et al. weist daraufhin, dass eine nur leichte Veränderung der Ernährungsgewohnheiten bei Personen mit NWV mit einer Zunahme an fett- und energiereichem Essen zu einer überproportionalen Gewichtszunahme führt (78).

4.2 Vergleich mit anderen Studien

In der Tabelle 10 sind die Ergebnisse dieser Studie den Resultaten aus anderen Untersuchungen zur Schätzung der Körperzusammensetzung von Kindern gegenübergestellt.

Verglichen mit den gesunden Probanden von Schaefer et al. (72) und Houtcooper et al. (41) haben die Studienkinder mit nutritiver Wachstumsverzögerung insgesamt ein deutlich niedrigeres Körpergewicht und eine geringere Körperlänge. Nach den Längensollangaben von Kunze beträgt das Gewicht der Kinder von Schaefer et al. und Houtcooper et al. im Mittel 107,5% (110%) des Längensolls. Die Kinder mit NWV in dieser Studie haben mit 95,7% vom Soll nur leicht niedrigere Werte.

Die impedanzanalytisch berechnete magere Körpermasse ergibt in der Studie von Houtcooper durchschnittlich 77%, bei Schäfer 79,2% und bei den Kindern mit NWV 83,1%. Das Körperfett in Prozent ist bei den Kindern mit NWV durchschnittlich 3% niedriger.

Bei einem mittleren Altersunterschied von knapp zwei Jahren beträgt die Magermasse in Kilogramm nur 52%, das Körperfett sogar nur 43% der Ergebnisse

der beiden anderen Studien. Dies dokumentiert den reduzierten Ernährungszustand der Kinder mit NWV.

Tabelle 10: Studien zur Körperzusammensetzung im Vergleich

	Schaefer		Houtcooper		Gruppe mit NEZ		Gruppe mit NWV	
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
Alter (Jahre)	11,8	3,7	12,3	1,2	8,8	2,8	10,1	2,9
Größe (cm)	150	19,3	153	10,6	128,7	15,3	120,6	12,1
Gewicht (kg)	42,8	16,6	47,0	1,3	27,0	9,6	22,1	5,9
LSG (%) ¹	107,5	n.a.	110,0	n.a.	97,6	12,8	95,7	10,4
BMI ²	19,0	n.a.	19,7	3,4	15,8	1,8	15,0	15,8
TSF ³ (mm)	10,4	4,4	14,3	6,0	8,8	3,1	6,8	2,1
Magermasse (kg)	33,9	12,6	36,0	7,1	21,9	6,7	18,3	4,3
(%)	79,2	n.a.	77,2	n.a.	82,5	6,0	83,1	5,3
Körperfett (kg)	8,4	n.a.	10,4	n.a.	5,1	3,2	4,0	1,4
(%)	19,6	8,1	22,1	1,8	18,0	3,7	17,7	1,8

¹LSG: Gewicht in Prozent vom Längensoll nach Kunze

²BMI: Body-Mass-Index (von Mittelwerten errechnet)

³TSF: Hautfaltendicke des Triceps

Weiterhin ist die Gruppe mit NWV mit einer Gruppe von Mukoviszidose Patienten und ihrer Kontrollgruppe gesunder Kinder gleichen Gewichtes aus der Studie von Steinkamp (80) verglichen worden (Tabelle 11). Als Referenzwerte sind die Längensollwerte nach Kunze (51) und die anthropometrisch bestimmte Fett- und Muskelmasse nach Rauh (68) verwendet worden.

Die Kinder mit Mukoviszidose aus der Studie von Steinkamp weisen mit einem stark erniedrigten Längensollgewicht von 80,7% einen reduzierten Ernährungszustand auf. Sowohl bei der Kontrollgruppe als auch bei den Kindern mit NWV liegt das Längensollgewicht im Normbereich. Die Kinder mit NWV unterscheiden sich in ihrer Körperzusammensetzung jedoch nicht wesentlich von den Personen mit Mukoviszidose. Die höheren Werte sowohl für das Körperfett als auch für die Magermasse in Prozent bei den Kindern mit NWV können auf die unterschiedlichen Formeln zur Berechnung der Mager- und Fettmasse zurückgeführt werden.

Tabelle11: Körperzusammensetzung der chronisch unterernährten Kinder im Vergleich mit Kindern mit Mukoviszidose und Kontrollgruppe

	Gruppe mit Mukoviszidose		Kontrollgruppe		Gruppe mit NEZ		Gruppe mit NWV	
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
Alter (Jahre)	13,1	3,9	10,7	1,4	8,8	2,8	10,1	2,9
Größe (cm)	141,4	15,4	145,6	9,6	128,7	15,3	120,6	12,1
Gewicht (kg)	27,2	7,3	34,0	4,3	27,0	9,6	22,1	5,9
LSG (%) ¹	80,7	5,6	94,7	9,7	97,6	12,8	95,7	10,4
BMI ²	13,4	1,1	16,0	1,2	15,8	1,8	15,0	1,7
Magermasse (kg)	22,6	5,7	27,0	1,9	21,9	6,7	18,3	4,3
Magermasse (%)	81,6	n.a.	79,4	n.a.	82,5	6,0	83,1	5,3
Körperfett (kg)	4,6	2,3	5,7	1,9	5,1	3,2	4,0	1,4
Körperfett (%)	16,4	5,0	17,2	3,5	18,0	3,7	17,7	1,8

¹LSG: Gewicht in Prozent vom Längensoll nach Kunze

²BMI: Body-Mass-Index

In Tabellen 12a und 12b ist eine Gruppe normal ernährter Kinder aus der Studie von Steinkamp mit jeweils gleichaltrigen und gleich schweren Kindern mit NWV verglichen worden.

Tabelle 12a: Vergleich normal ernährter Kinder mit gleichaltrigen und gleich schweren Kindern mit chronisch nutritiver Wachstumsverzögerung

JUNGEN	Kontrollgruppe	Gruppe mit NWV gleich schwer	Gruppe mit NWV gleich alt
Anzahl	46	28	4
Alter (Jahre)	5,7	10,0	5,5
Gewicht (kg)	21,7	21,4	16,1
Größe (cm)	120,6	120,0	103,3
LSG (%)	97,2	96,0	97,7
Magermasse (kg)	18,8	18,0	13,7
Magermasse (%)	86,6	84,1	84,6
Fettmasse (kg)	2,8	3,7 (2,1)	2,8
Fettmasse (%)	13,3	18,0 (10,2)	17,1

¹LSG: Gewicht in Prozent vom Längensoll nach Kunze

Tabelle 12b: Vergleich normal ernährter Kinder mit gleichaltrigen und gleich schweren Kindern mit chronisch nutritiver Wachstumsverzögerung

MÄDCHEN	Kontrollgruppe	Gruppe mit NWV gleich schwer	Gruppe mit NWV gleich alt
Anzahl	15	15	4
Alter (Jahre)	5	8,9	5,8
Gewicht (kg)	20	19,3	16,3
Größe (cm)	114,4	115,3	101,1
LSG (%)	101,6	94,3	104,8
Magermasse (kg)	16,3	16,3	12,5
Magermasse (%)	81,5	84,4	76,9
Fettmasse (kg)	3,5	3,3	3,1
Fettmasse (%)	18,1	17,0	19,1

¹LSG: Gewicht in Prozent vom Längensoll nach Kunze

Die gleich schwere Gruppe hat nahezu die gleichen Werte in der Körperzusammensetzung wie die Kontrollgruppe.

Nur der Fettanteil in Prozent liegt bei den Jungen mit NWV mit 18% deutlich höher als in der Gruppe von Steinkamp mit 13%. Die gleich schweren Kindern mit NWV sind jedoch durchschnittlich vier Jahre älter als die Personen ihrer Kontrollgruppe. Die gleich alten Probanden mit NWV sind deutlich kleiner und leichter als die Kindergartenkinder. Trotz des reduzierten Ernährungszustandes ist ihr Körperfettanteil mit durchschnittlich 17,1% höher als derjenige der Kindergartenkinder mit 14,5%. Die Magermasse hingegen ist bei den Kindern mit NWV vermindert.

Aufgrund der niedrigen Fallzahlen ist eine statistische Überprüfung leider nicht möglich.

Die ähnliche Körperzusammensetzung gleich schwerer Kinder deckt sich mit der Aussage von Martorell (62), dass chronisch unterernährte Kinder in ihrem Wachstum und ihrer Reife verzögert seien. Betrachtet man dagegen den Fett- und Magermassengehalt gleich alter Kinder (sowie in den verschiedenen Altersstufen) so wird die abweichende Entwicklung erkennbar.

4.3 Methodenvergleich

Für die fettfreie Masse in Kilogramm werden mit der bioelektrischen Impedanzanalyse und der Anthropometrie nahezu identische Werte ermittelt (Tabelle 13). Das impedanzanalytisch berechnete Körperfett ist mit durchschnittlich 4,7 kg höher als das anthropometrisch bestimmte mit 3,3 kg. Die größte Differenz ergibt sich in der Gruppe der Kinder mit NWV mit durchschnittlich 1,5 kg.

Tabelle 13: Vergleich der Mittelwerte der anthropometrisch und impedanzanalytisch bestimmten Magermasse

	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
FFM a ¹	11,9	47,3	20,5	6,4
FFM a ²	11,7	42,7	20,8	5,9
FFM i ³	10,4	45,1	20,4	6,1

¹ Magermasse als Differenz von Körpergewicht und Fettmasse

² Magermasse aus dem Gesamtkörperwasser nach Rauh et al.

³ Magermasse impedanzanalytisch bestimmt

Trotz dieser Mittelwertsdifferenzen zeigen die hohen Korrelationen für die fettfreie Masse in kg ($r=0,98$) und das Körperfett in kg ($r=0,93$) eine gute Übereinstimmung der beiden Methoden. In der Gruppe der Kinder mit NWV liegen die Korrelationen für das Körperfett jedoch etwas niedriger ($r=0,81$).

Die vorliegenden Ergebnisse stimmen mit den Studien von Steinkamp und Khaled überein (48;80), welche ebenfalls bei sehr schlanken Personen impedanzanalytisch höhere Fettwerte als anthropometrisch oder densitometrisch ermitteln.

Laut Steinkamp könnte der Unterschied aus einer Ungenauigkeit einer oder beider Methoden entstanden sein, aber auch daher, daß bei Malnutrition die für die Meßgenauigkeit erforderlichen Bedingungen nicht mehr erfüllt werden. Dies könnte an einer Änderung der Körperzusammensetzung liegen, wie es von Shizgal et al mit einer Veränderung des Flüssigkeitshaushaltes (77) oder von Venkatachalam mit einer veränderten Verteilung des Unterhautfettgewebes beschrieben wird (83). Weiterhin bemerkt Steinkamp, daß bei einer

Hautfaltendicke unter fünf Millimetern – welche bei Kindern häufig zu finden ist – Fehler bei anthropometrischen Berechnungen erheblich größer werden (80).

In einem Vergleich der Körperzusammensetzung von Personen dunkler und heller Hautfarbe stellt Wagner et al. (86) fest, daß die Extremitäten bei schwarzen Menschen etwas länger seien als bei weißen. Laut Baumgaertner et al. seien die Extremitäten bei der bioelektrischen Impedanzanalyse für den größten Teil des Gesamtwiderstandes verantwortlich, daher führe der Längenunterschied zu einer systematischen Unterschätzung der fettfreien Masse mittels bioelektrischer Impedanzanalyse (2;86).

Desweiteren registriert Wagner bei schwarzen Personen weniger Unterhautfettgewebe in den Extremitäten als am Körperstamm. Dies führe zu einer Unterschätzung des Körperfettes bei den herkömmlichen anthropometrischen Formeln (22;86). Beides können zwei weitere Ursachen für die Differenz in der Körperzusammensetzung bei beiden Methoden sein.

Conlinsk et al. (7) und Bray et al. (4) beschreiben die Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Körperzusammensetzung von Kindern, insbesondere bei mageren Personen. Dies läge zum einen an der sich ändernden Körperzusammensetzung bei fehlender Reife und zum anderen an der Schwierigkeit der Formelfindung bei einer so heterogenen Gruppe.

Beide ermitteln aber mit der bioelektrischen Impedanzanalyse ähnlich gute Ergebnisse wie mit der Anthropometrie.

Eine Ungenauigkeit ergibt sich daraus, dass es weder für die Anthropometrie noch für die bioelektrische Impedanzanalyse spezifische Formeln für Kinder dieser Altersstufen mit Malnutrition gibt (7).

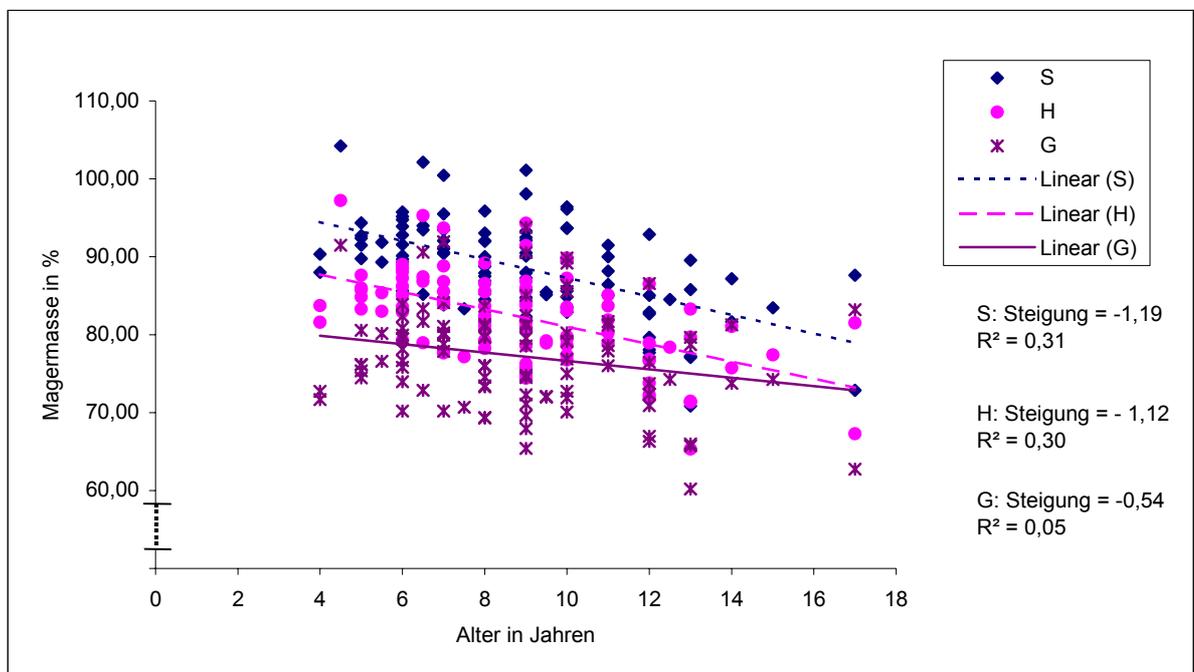
Die hier verwendete Formel von Houtcooper et al. ist bisher nur an einem Probandenkollektiv im Alter von 10-19 Jahren angewendet worden. Die Gültigkeit dieser Formel müßte noch bei jüngeren Kindern validiert werden.

Studien mit Probanden gleichen Alters sind von Suprasongsin et al., Goran et al. und Schaefer et al. durchgeführt worden. Die Resultate für die fettfreie Masse von Schäfer et al. haben eine große Spannweite von 57% - 113%, insbesondere bei den Kindern mit NWV ergeben sich sehr hohe Werte. Die Formel von Goran et al.

ermittelt eine um 7% (6%) niedrigere magere Masse in beiden Gruppen, Suprasongsin überschätzt die fettfreie Masse um konstant 7%. (Anhang 4)

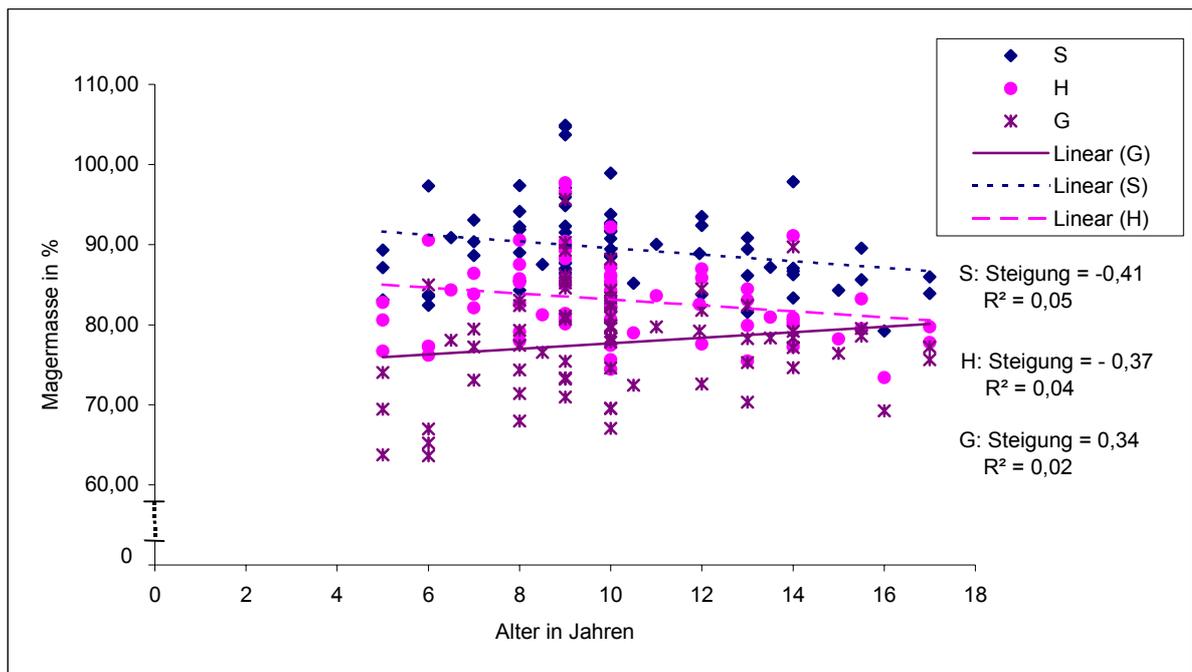
Die Korrelationen der Formeln für die fettfreie Masse in Kilogramm von Houtcooper, Goran, Suprasongsin und Schäfer sind jedoch sehr hoch ($r=0,99$), für die fettfreie Masse in Prozent etwas niedriger ($r=0,93$ bzw. $r=0,83$).

In Abbildung 13 und 14 sind die Werte der einzelnen Formeln für die verschiedenen Jahrgänge dargestellt. Nach allen drei Formeln besitzen die älteren Kinder mit NEZ weniger Anteile an fettfreier Masse als die jüngeren Kinder ihrer Gruppe. Bei den älteren Kindern mit nutritiver Wachstumsverzögerung ist die Magermasse in Prozent nur nach den Formeln von Houtcooper und Schäfer leicht erniedrigt. Nach der Formel von Goran ist die fettfreie Masse in Prozent im fortgeschrittenen Alter sogar erhöht. Ein Unterschied der Magermasse in den Altersgruppen wird bei den Kindern mit NWV nicht so deutlich wie bei den Probanden mit NEZ.



S = Schaefer, H = Houtcooper, G = Goran

Abbildung 13: Magermasse in % der Kinder mit NEZ nach Schaefer, Houtcooper und Goran



S = Schaefer, H = Houtcooper, G = Goran

Abbildung 14: Magermasse in % der Kinder mit NWV nach Schaefer, Houtcooper und Goran

Dies bestätigt die Vermutung, dass die Körperzusammensetzung in beiden Gruppen altersspezifisch unterschiedlich ist.

Auch für die Berechnung des Körperfettes gibt es noch keine spezifischen Formeln, welche alle Altersklassen dieser Studie berücksichtigen würde. Die Gleichung von Houtcooper ist für eine Probandengruppe von 10-14 jährigen Kindern entwickelt worden, daher ist ihre Anwendbarkeit auf andere Altersklassen noch nicht bestätigt. Berechnet man jedoch das Körperfett als Differenz von Körpergewicht und Magermasse werden ähnliche Werte (3,9 kg bzw. 5,0 kg) gefunden (Tabelle 14).

Tabelle 14: Körperfett in Kilogramm nach der Formel von Houtcooper und als Differenz von Magermasse und Körpergewicht

(P<0,01)	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
Körperfett i ¹	2,0	23,9	4,65	2,7
Körperfett i ²	0,3	21,9	4,55	3,0
Körperfett a ³	0,9	11,0	3,3	2,2

¹Körperfett nach der Formel von Houtcooper

²Körperfett als Differenz aus Körpergewicht und Magermasse

³Körperfett anthropometrisch bestimmt

Abschließend lassen sich die eingangs gestellten Fragen (s. Ende der Einleitung) wie folgt beantworten:

1) Jüngere Kinder mit nutritiver Wachstumsverzögerung verfügen über einen höheren Anteil an Körperfett; ältere Kinder jedoch über einen höheren Anteil an Magermasse als ihre Altersgenossen mit normalem Ernährungszustand. Diese Unterschiede geben Hinweise darauf, dass entweder die Veränderung der Körperzusammensetzung in beiden Gruppen alterspezifisch unterschiedlich ist, oder dass den einzelnen Altersgruppen der Kinder mit NWV unterschiedliche Ursachen für stunting zugrunde liegen.

2) Der hohe Anteil an Körperfett bei den jüngeren Kindern mit NWV ist ein Anzeichen für eine verminderte Fettoxidation und/oder ein Ungleichgewicht der Glukoneogenese regulierenden Enzyme. Dies führt zu einer Disposition, bei erhöhter Energiezufuhr im Erwachsenenalter ein metabolisches Syndrom zu entwickeln.

3) Zur Beurteilung einer Malnutrition ist daher die Körperzusammensetzung besser geeignet als Körperlänge und -Gewicht allein. Um die bioelektrische Impedanzanalyse als diagnostisches Kriterium einsetzen zu können, müssten die Formeln an einer größeren Gruppe von Kindern mit chronischer Unterernährung überprüft werden.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Ziel der Studie war es festzustellen, ob eine chronisch nutritive Wachstumsverzögerung (stunting) mit einer Änderung der Körperzusammensetzung einhergeht. Zu diesem Zweck wurde bei 166 Kindern im Alter von 4-17 Jahren die Körperzusammensetzung anthropometrisch und impedanzanalytisch untersucht. Nach der Körpergröße wurden zwei Gruppen gebildet: Die erste umfasste Kinder mit normalem Ernährungszustand (NEZ), in der zweiten befanden sich Kinder mit chronisch nutritiver Wachstumsverzögerung (NWV: Körpergröße / Alter \leq - 2 SD des Referenzmedians).

Die Untersuchungen ergaben, dass die beiden Gruppen signifikant in ihrem Körpergewicht, im Oberarmumfang und in der Hautfaltendicke, sowie in der Mager- und Fettmasse differierten. Die Magermasse der Kinder mit NWV betrug 64,5% vom Soll, das Körperfett 73,2% vom Soll. Die Ergebnisse wiesen auf einen deutlich reduzierten Ernährungszustand der Kinder mit NWV hin.

Im Body-Mass-Index und im Längensollgewicht, welche jeweils den Ernährungszustand in Bezug auf die Körperlänge beurteilen, zeigten die Kinder beider Gruppen ähnliche Werte im Normbereich.

Betrachtet man die Körperzusammensetzung der einzelnen Altersstufen, ergaben sich Unterschiede zwischen den beiden Gruppen.

Die älteren Kinder mit NEZ hatten einen geringeren Anteil an Magermasse (76,3%) und einen höheren Anteil an Körperfett (23,8%) als die jüngeren Kinder mit NEZ (85,5%; bzw. 16,3%). In der Gruppe mit NWV war eine Differenz in der Körperzusammensetzung zwischen den Altersstufen weniger ausgeprägt. Das Körperfett in Prozent war bei den jüngeren Kindern mit NWV signifikant höher, in den beiden anderen Altersgruppen mit NWV jedoch niedriger als bei den Probanden gleichen Alters mit NEZ.

Der hohe Anteil an Körperfett bei den jüngeren Kindern mit stunting stellt einen Risikofaktor für stammbetonte Adipositas und damit assoziierte chronische Erkrankungen im Erwachsenenalter dar.

Im Methodenvergleich von Anthropometrie und bioelektrischer Impedanzanalyse ergaben sich hohe Korrelationen für die Magermasse und das Körperfett in Kilogramm. Die Differenzen in den absoluten Werten, insbesondere für das Körperfett bei den Kindern mit NWV sind entweder auf eine Ungenauigkeit der Messungen oder auf eine nicht ausreichende Präzisierung der verwendeten Formeln bei stunting zurückzuführen.

Die Bestimmung der Körperzusammensetzung ist eine geeignete Methode zur Überprüfung des Ernährungszustandes bei Unterernährung. Für die weitere Anwendung ist eine Validierung der hier verwendeten Formeln an einer größeren Gruppe von Kindern mit Malnutrition erforderlich.

6. LITERATURVERZEICHNIS

- 1) Bandini LG, Vu DM, Must A, WH Dietz. Body fatness and bioelectrical impedance in non-obese pre-menarcheal girls: comparison to anthropometry and evaluation of predictive equations. *Eur J Clin Nutr* 1997; 51: 673-677
- 2) Baumgartner RN, Chumlea C, Roche AF. Bioelectric impedance phase angle and body composition. *Am J Clin Nutr* 1988; 48: 16-23
- 3) Biesalski HK, Fürst P, Kasper H. Kluthe R, Pöler W, Puchstein C, Stähelin HB. *Ernährungsmedizin Georg Thieme Verlag Stuttgart* 1995
- 4) Bray GA, DeLany JP, Harsha DW, Volaufova J, Champagne CC. Evaluation of body fat in fatter and leaner 10-y-old African American and white children: the Baton Rouge Children's Study. *Am J Clin Nutr* 2001; 73: 687-702
- 5) Chumlea C, Guo SS. Bioelectrical Impedance and Body Composition: Present Status and Future Directions. *Nutrition Reviews* 1994: Vol. 52 No 4: 123-131
- 6) Cockburn F, Evans J. Nutritional management of pediatric patients. *Baillières Clin Gastr. Ent* 1988; Vol. 2 Nr. 4: 887-904
- 7) Conlinsk EA, Haas JD, Martinez EJ, Flores R, Rivera JD, Martorell R. Predicting body composition from anthropometry and bioimpedance in marginally undernourished adolescents and young adults. *Am J Clin Nutr* 1992; 55: 1051-9
- 8) Cordain L, Whicker RE Johnson JE. Body Composition Determination in Children Using Bioelectrical Impedance. *Growth Dev. Aging* 1988 52(1): 37-40
- 9) Data Input GmbH, Niederhofheimer Straße 45D 65719 Hofheim. B.I.A.-Kompendium

- 10) Deurenberg P, Kooy K, Leenen R, Schouten FJM. Body composition is largely dependent on the intra and extracellular water distribution. Eur J Clin Nutr 1989; 43: 845-853
- 11) Diaz Eo, Villar J, Immink M, Gonzales T. Bioimpedance or Anthropometry. Eur J Clin Nutr 1989; 43: 129-137
- 12) Doak C, Monteiro C, Popkin B. The coexistence of obesity and undernutrition in the same households is an emerging phenomena in lower income countries. FASEB J 1999; 13: 673.2 (abstr)
- 13) Duff D, Snell K. Effect of altered neonatal nutrition in the development of enzymes of lipid and carbohydrate metabolism in the rat. J Nutr 1982; 112: 1057-66
- 14) Duggan MB, Milner RDG. Composition of weight gain by Kenian children during recovery from measles. Hum Nutr Clin Nutr (1986) 40C, 173-183
- 15) McDougall D, Shizgal HM. Body composition measurements from whole body resistance and reactance. Surg Gynecol Obstet 1982; 152: 22-26
- 16) Fischer H. Messung und Beurteilung der Körperzusammensetzung mit der Bioelektrischen Impedanz-Analyse (BIA) Med. Ernährung 1997 (6) Suppl:59-62
- 17) Fischer H, Lembcke B. Die Anwendung der bioelektrischen Impedanzanalyse zur Beurteilung der Körperzusammensetzung und des Ernährungszustandes. Inn. Med. 18 (1/91): 13-17
- 18) Fjeld CR, Freund-Thurne J, Schoeller DA. Total body water measured by O Dilution and Bioelectrical Impedance in well and Malnourished children Pediat Res 27; 1990: 98-102
- 19) Fjeld CR, Schoeller DA, Brown KH. Body composition of children recovering from severe protein-energy malnutrition at two rates of catch-up growth. Am J Clin Nutr 1989Dec; 50 (6): 1266-75

- 20) Fomon SJ, Haschke F, Ziegler EE, Nelson SE. Body composition of reference children from birth to age 10 years. *Am J Clin Nutr* 1982; 35: 1169-1175
- 21) Forbes GB. Growth of the lean body mass in man. *Growth* 1972; 36: 325-338
- 22) Forbes GB. *Human Body Composition; growth, ageing, nutrition and activity.* Springer-Verlag 1987
- 23) Forbes GB. Relation of Lean Body Mass to Height in Children and Adolescents. *Pediat Res.* 1972; 6: 32-37
- 24) Frerichs RR, Harsha DW, Berenson GS. Equations for Estimating Percentage of Body Fat in Children 10-14 Years old. *Pediat Res.* 1979; 13: 170-174
- 25) Frisancho R.A. New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status. *Am J Clin Nutr* 1981; 34: 2540-2545
- 26) Gasser T. Development of fat tissue and Body Mass Index from infancy to adulthood. Universität Zürich PMID: 8792401
- 27) George M, Owen MD. Measurement, recording and assessment of skinfold thickness in childhood and adolescence: report of a small meeting. *AM J Clin Nutr* 35: March 1982 629-638
- 28) Golden MHN. The Nature of nutritional deficiency in Relation to Growth failure and Poverty. *Acta Paediat Scand* 1991 Suppl. 374: 95-110
- 29) Goran MI, Kaskoun MC, Carpenter WH, Poehlmann ET, Ravussin E, Fontvieille AM. Estimating body composition of young children by using bioelectrical resistance. *J. Appl Physiol* 1993; Vol 75 Nr. 4: 1776-1780
- 30) Goulet O; Assessment of nutritional status in clinical practice. *Baillières Clin Gastr Ent* 1998 Vol 12, Nr.2: 647-669

- 31) Goulet O. Nutritional support in malnourished pediatric patients. *Baillières Clin Gastr Ent* 1998 Vol 12, Nr.4: 843-875
- 32) Guo S, Roche AF, Houtcooper LB. Fat-free mass in children and young adults predicted from bioelectric impedance and anthropometric variables. *Am J Clin Nutr* 1991; 50: 435-443
- 33) Guo S, Roche RF, Chumlea C, Miles DS, Pohlman RL. Body Composition Predictions from Bioelectrical Impedance. *Human Biol* 1987; Vol. 59 No 2: 221-233
- 34) Gutin B, Litaker M, Islam S, Manos T, Smith C, Treiber F. Body-composition measurement in 9-11-y-old children by dual-energy X-ray absorptiometry, skinfold-thickness measurements and bioimpedance analysis. *Am J Clin Nutr* 1996; 63: 287-92
- 35) Hammer LD, Kraemer HC, Wilson DM, Ritter P, Dornbusch SM. Standardized percentile curves of body-mass-index for children and adolescents. *Am J Dis Child* 1991; 145: 259-263
- 36) Hammond J, Rona RJ Chinn S. Estimation in community surveys of total body fat of children using bioelectrical impedance or skinfold thickness measurements *Eur J Clin Nutr* (1994) 48: 164-171
- 37) Haschke F, Fomon SJ, Ziegler EE. Body Composition of a nine-Year-Old Reference Boy. *Pediatr, Res* 1982; 15: 847-849
- 38) Hassaan FI. Anthropometric assessment of young children attending a health centre in Sana'a. Internet: www.ipa-france.net/pubs/inches/inch7_4/hssn.htm
- 39) Hoffmann DJ, Sawaya AI, Verreschi I, Tucker KI, Roberts SB. Why are nutritionally children at increased risk of obesity? Studies of metabolic rate and fat oxidation in shantytown children from Sao Paulo, Brazil. *Am J Clin Nutr* 2000; 72: 702-7

- 40) Houtcooper LB, Lohmann TG, Going SB, Hall MC. Validity of bioelectric impedance for body composition assessment in children. *J Appl Physiol* 1989; 66: 814-821
- 41) Houtcooper LB, Going SB, Lohmann TG, Roche AF, Van Loan M. Bioelectrical impedance estimation of fat free body mass in children and youth: a cross-validation study. *J Appl Physiol* 1992 Vol. 72, Nr. 1: 366-373
- 42) Jelliffe DB, Jelliffe EP. (1990) *Community nutritional assessment*. Oxford University Press
- 43) Jelliffe DB, Jelliffe EP. The arm circumference as a public health index of protein-calorie malnutrition in early childhood. *J trop. Pediatrics*. 15: 177-260
- 44) Jodoin RR, Trott SG, Shizgal HM. Determination of Body Composition from whole body electrical impedance. *Surg Forum* 1986; 37: 42-45
- 45) Johnston FE, Hamill PVV, Lemeshow J. *Skinfold Thickness of children 6-11 Years*. (National Health Survey, Series 11 Nr. 120, U.S. Dept. of HEW.). Washington, DC: U.S. Government Printing 1972
- 46) Johnston FE, Hamill PVV, Lemeshow J. *Skinfold Thickness of Youth 12-17 Years*. (National Health Survey, Series 11 No 132, U.S. Dept. of HEW.). Washington, DC: U.S. Government Printing 1974
- 47) Kabir I, Malek M, Rahman MM, Khaled MA, Mahalanabis D. Changes in body composition of malnourished children after dietary supplement as measured by bioelectrical impedance. *Am J Clin Nutr* 1994; 59: 5-9
- 48) Khaled A.M. MacCutcheon MJ, Reddy S, Pearman PL, Hunter GR, Weinsier RL. Electrical impedance in assessing human body composition: the BIA method. *Am J Clin Nutr* 1988; 47: 789-792

- 49) Kotler DP, Burastero S, Wang J, Pierson RN. Prediction of body cell mass, and total body water with bioelectrical impedance analysis: effects of race, sex and disease. *Am J Clin Nutr* 1996; 64 (suppl): 489S-497S
- 50) Kulin HE, Bwibo N, Mutie D, Santner S. The effect of chronic childhood malnutrition on pubertal growth and development. *Am J Clin Nutr* 1982; 36: 527-536
- 51) Kunze D, Murken JD. Diagnostik von Längenalter und Gewichtsalter mit neuen Somatogrammen. *Kinderarzt* 1974; 5: 1077-1085
- 52) Kushner RF, Haas A. Estimation of lean body mass by bioelectrical impedance analysis compared to skinfold anthropometry. *Eur J Clin Nutr* 1988; 42: 101-106
- 53) Kushner RF. Bioelectrical Impedance Analysis: A Review of principles and Applications *J Am College Nutr* 1992 Vol. 11 No 2:199-209
- 54) Kushner RF, Schoeller DA, Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr* 1986; 44: 417-424
- 55) Lifshitz F. Nutrition and Growth. *Human Growth* 1992: 205-213
- 56) Van Loan M, Mayclin P. Bioelectrical Impedance Analysis: Is it a reliable Estimator of lean body Mass and Total Body Water. *Human Biol.* 1987; Vol. 59 No. 2: 299-309
- 57) Lohmann TG. Applicability of body composition techniques and constants for children and youth. In: *Exercise and Sports Sciences Reviews*; Hrsg. Pandolph KB. New York: Macmillan, 1986, S.325-357
- 58) Lohmann TG, Roche AF, Martorell R. Anthropometric standardization reference manual. Champaign: Human Kinetics Books, 1988
- 59) Lukaski HC. Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *Am J Clin Nutr* 1987; 46: 537-556,

- 60) Lukaski HC, William W, Bolonchuk M. Estimation of body fluid volumes using tetrapolar bioelectrical impedance measurements. *Aviat Space Environ Med* 1988; 59: 1163-1169
- 61) Luskaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol.* 1986; 60 (4): 1327-1332
- 62) Martorell R, Yarbrough C, Klein RE, Lechtig A. Malnutrition, Body Size and Skeletal Maturation : Interrelationships and Implications for Catch-Up-Growth. *Hum Biol* 1979 ; vol 51 no 3 : 371-389
- 63) Nelson WE. *Nelson's textbook of pediatrics.* Elk Grove Village, IL: American Academy of Pediatrics; 1996
- 64) Nielsen DH, Cassady SL, Janz KF, Cook JS, Hansen JR, Wu YT. Criterion Methods of Body composition Analysis for Children and Adolescents. *Am J Human Biol* 1993; 5: 211-223
- 65) Pencharz PB, Ascue M. Use of bioelectrical impedance analysis measurements in the clinical management of malnutrition. *Am J Clin Nutr* 1996; 64 (suppl): 485S-488S
- 66) Popkin BM, Richards MK, Montiero CA. Stunting is Associated with Overweight in Children of Four Nations That Are Undergoing the Nutrition Transition. *J.Nutr.* 1996; 126: 3009-3016
- 67) Pettigrew RA. Identification and assessment of the malnourished patient. *Baillières Clin Gastr Ent* 1988; Vol. 2, Nr 4: 729-749
- 68) Rauh JL, Schumsky DA, Lean and non-lean body mass estimates in urban school children. In: *Human Growth. Growth, Energy and Intelligence*, Hrsg. Cheek DB. Philadelphia: Lea & Febiger, 1968; S.135-149 und S.242-252

- 69) Rolland-Cachera MF, Cole TJ, Sempe M, Tichet J, Rossignol C, Charraud A. Body mass Index variations: centiles from birth to 87 years. *Eur J Clin Nutr* 1991; 45: 13-21
- 70) Sawaya AI, GrilloLP, Verreschi I, Carlos da Silva A, Roberts SB. Mild stunting is associated with higher susceptibility to the effects of high-fat diets: studies in a shantytown population in Sao-Paulo, Brazil. *J Nutr* 1997; 128 (suppl): 415S-20S
- 71) Sawaya AL, Dallal G, Solymos G, de Sousa MH, Ventura ML, Roberts SB, Sigulem DM Obesity and Malnutrition in a Shyntytown Population in the City of Sao Paulo, Brazil. *Obes Res* Vol. 3 Suppl. 2 Sept. 1995: 107s-115s
- 72) Schaefer F, Georgi M, Zieger A, Schärer K. Usefulness of Bioelectric Impedance and Skinfold Measurements in Predicting Fat-Free Mass derived from Total Body Potassium in Children. *Pediatr Res* 1994; Vol. 35, Nr. 5: 617-624
- 73) Schneider D. International trend in adolescent nutrition. *Social Science Med.* 2000 Vol. 51 Issue 6: 955-967
- 74) Schroeder DG, Martorell R, Flores R. Infant and Child Growth and Fatness and Fat Distribution in Guatemalian Adults. *Am J Epidemiol* 1999; 149: 177-185
- 75) Segal KR, Van Loan M, Fitzgerald PI, Hodgedon JA, Van Italie TB. Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: a four-site cross-validation study. *Am J Clin Nutr* 1988; 47: 7-14
- 76) Serenius F, Swailem AR. Growth and Nutritional Status of Less Privileged Urban Children in Saudi Arabia. *Acta Paediat Scand* 1988; Suppl 346: 93-103
- 77) Shizgal HM. Nutritional assessment with body composition measurements. *J Parent Ent Nutr* 1987; 11: 42S-47S

- 78) Sichieri R, Siqueira KS, Moura AS. Obesity and abdominal fatness associated with undernutrition early in life in a survey in Rio de Janeiro. *Int J Obes* (2000) 24; 614-618
- 79) Slaughter MH, Lohmann TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillmann RJ, Van Loan MD, Bembien DA. Skinfold equations for estimating Body Fatness in Children and Youth. *Hum. Biol.* 1988; Vol. 60, Nr. 5: 709-723
- 80) Steinkamp; G. Ernährungsdiagnostik und Ernährungstherapie bei Mukoviszidose. (Habilitationsschrift) Hannover, März 1993
- 81) Stoltzfus RJ, Albonico M, Tielsch JM, Chwaya HM, Savioli L. Linear Growth retardation in Zanzibari school children. *Am Sco Nutr Sci* 1997; 127: 1099-1105
- 82) Suprasongsin C, Kalhan S, Arslanian S. Determination of Body Composition in Children and Adolescents: Validation of Bioelectrical Impedance with Isotope Dilution Technique. *J Pediatr Endocrinol Metab* 1995; 8:103-109
- 83) Venkatachalam PS, Strikantia SG, Gopalan C. Changes in body composition during nutritional rehabilitation. *Indian J Med Res* 1955; 43: 511-516
- 84) Velasquez-Melendez, Martins IS, Cervato AM, Fornes NS, Marucci M de FN, Coelho LT. Relationship between stature, overweight and central obesity in the adult population in Sao Paulo, Brazil
- 85) Venkatesh I, Padmanabhan PN. Global outlook on nutrition and the environment: meeting the challenges of the next millennium. *Science total environment* 2000; Vol 249, issue 1-3: 331-346
- 86) Wagner DR, Heyward VH. Measures of body composition in blacks and whites: a comparative review. *Am J Clin Nutr* 2000; 71/6: 1392-1402
- 87) Walker MBE, Omatade OO, Walker O. Height and weight measurements of Ibadan school children. *Afr J Med med Sci* 1996; 25: 273-276

- 88) Walker SP, Grantham-McGregor S, Powell C, Fletcher P, Himes JH. Bioelectrical Impedance, anthropometry and body composition in stunted and non stunted children. *Eur J Clin Nutr* 1990; 44: 763-768
- 89) Wang ZM, Pierson RN, Heymsfield SB. The five-level model: A new approach to organizing body-composition research. *Am J Clin Nutr* 1992; 56: 19-28
- 90) Waterlow JC. Protein-Energy Malnutrition. Hrsg. Edward Arnold, Hodder & Stoughton, London 1992
- 91) WHO Geneva: Measuring change in nutritional status 1983
- 92) WHO: The 4th Report on World Nutrition Situation Jan. 2000; S.5-17
- 93) Young RE, Sinha DP. Bioelectrical-impedance analysis as a measure of body composition in a West Indian population. *Am J Clin Nutr* 1992; 55: 1045-50
- 94) Zillikens MC, Conway JM. Estimation of Total Body Water by Bioelectrical Impedance Analysis in Blacks. *Am J Human Biol* 1991; 3: 25-32

7. ANHANG

Anhang 1: Probanden, die aufgrund genetischer oder chronisch zehrender Krankheiten aus der Studie ausgeschlossen wurden

Alter	Geschl.	Größe	Gewicht	BMI ¹	H/A ²	W/A ³	W/H ⁴
5	M	107	21,5	18,78	0	1	2
6	W	113	15,6	12,22	0	-2	-2
6	M	124	20,5	13,33	1,7	0	-2
8,5	M	133	24,6	13,91	0,7	0	-1,5
9	W	135	22	12,07	0,5	-1,4	-2,8
9	W	125	20,4	13,06	-1	-2	-2
11	W	130	22,5	13,31	-2	-2,3	-2
12	W	149	31	13,96	0	-1,5	k.A.

¹BMI: Body-Mass-Index

²H/A: anthropometrischer Index: Größe pro Lebensalter

³W/A: anthropometrischer Index: Körpergewicht pro Lebensalter

⁴W/H: anthropometrischer Index: Körpergewicht pro Körpergröße

Anhang 2: Referenzwerte des Kilimanjaro Christian Medical Centre

Alter	Weight for age (kg)			Height for age (cm)				Weight for height (kg)			
	Stand	80%	60%	Stand	95%	90%	85%	Stand	90%	80%	70%
				SO →	S1 →	S2 →	S3 →	W0→	W1→	W2→	W3→
4	16,5	13,2	9,9	103	98	93	88	16,4	14,7	13,2	11,5
5	18,4	14,7	11,0	109	104	98	93	18,4	16,8	14,7	12,9
6	21,0	16,8	12,6	116	110	104	99	21,2	19,1	17,0	14,8
7	23,5	18,8	14,1	123	117	111	106	24,0	21,6	19,2	16,8
8	26,0	20,8	15,6	128	122	115	109	26,4	23,8	21,1	18,5
9	28,0	22,4	16,8	133	126	120	113	28,9	26,0	23,1	20,2
10	31,0	24,8	18,6	138	131	124	117	31,5	28,4	25,3	22,1
11	35,0	28,0	21,0	142	135	129	121	33,8	30,4	27,0	23,7
12	39,2	31,4	23,5	148	141	133	126	37,7	33,9	30,2	26,4

Referenz: Stuart and Stevenson, Harvard Standards with some adaptation

Anhang 3: Körperfett nach den anthropometrischen Berechnungen von Frerich et al. und Slaughter et al.

	Insgesamt		Gruppe mit NEZ		Gruppe mit NwV	
	MW	SD	MW	SD	MW	SD
BF-Frerich kg	5,2	1,8	5,7	2,0	4,6	1,1
%-Soll	105,9	34,5	118,6	32,7	88,6	29,0
BF-Slaughter kg	2,9	1,9	3,4	2,1	2,1	1,2
%-Soll	56,5	26,8	70,1	25,4	37,2	13,8

Anhang 4: Vergleich der verschiedenen Formeln der bioelektrischen Impedanzanalyse

Anhang 4a: Die fettfreie Masse der Kinder mit normalem Ernährungszustand

	Houtcooper	Goran	Schäfer	Suprasongsin
Minimum (%)	60,6	60,2	57,3	70,9
Maximum (%)	97,2	98,1	96,4	104,2
Mittelwert (%)	82,5	77,4	78,6	88,8
SD	6,0	6,8	6,8	6,1

Anhang 4b: Die fettfreie Masse der Kinder mit nutritiver Wachstumsverzögerung

	Houtcooper	Goran	Schäfer	Suprasongsin
Minimum (%)	73,4	63,6	69,7	79,2
Maximum (%)	97,7	89,7	112,9	98,9
Mittelwert (%)	83,1	76,7	86,2	88,7
SD	5,3	5,7	8,4	4,5

Anhang 4c: Korrelationen der Formeln der BIA für die Magermasse in kg

($p \leq 0,01$)	Houtcooper	Schneider	Goran	Suprasongsin
Houtcooper	1			
Schneider	0,973	1		
Goran	0,993	0,976	1	
Suprasongsin	0,996	0,968	0,995	1

Anhang 4d: Korrelationen der Formeln der BIA für die Magermasse in %

($p \leq 0,01$)	Houtcooper	Schneider	Goran	Suprasongsin
Houtcooper	1			
Schneider	0,712	1		
Goran	0,832	0,709	1	
Suprasongsin	0,935	0,712	0,898	1

Anhang 4e: Korrelationen der Körperfettmasse in kg

($p \leq 0,01$)	Houtcooper	Young
Houtcooper	1	0,931
Young	0,931	1

Anhang 4f: Korrelationen der Körperfettmasse in %

($p \leq 0,01$)	Houtcooper	Young
Houtcooper	1	0,546
Young	0,546	1

Anhang 5a: anthropometrische Werte der Kinder mit NEZ nach Jahrgängen geordnet

Alter	Anzahl	Größe	Gewicht	BMI	TSF ¹	SF sub ²	OAU ³
4,0	3	107,0	16,9	14,8	7,7	5,5	16,2
5,0	7	109,5	18,2	15,0	6,7	5,3	16,1
6,0	14	114,1	19,2	14,7	6,9	5,7	16,5
7,0	9	118,6	21,1	15,0	7,6	5,4	16,9
8,0	12	123,9	22,3	14,5	7,3	5,9	16,8
9,0	17	129,4	26,4	15,7	9,0	6,8	18,1
10,0	11	135,1	28,2	15,5	9,5	8,0	18,5
11,0	5	137,2	29,9	15,8	7,6	5,3	20,2
12,0	8	147,0	39,0	18,0	11,0	10,0	20,6
13,0	5	150,1	42,0	18,5	13,8	10,0	19,7
14,0	2	156,5	45,3	18,5	13,0	k.A.	23,3
15,0	1	158,0	42,5	17,0	10,0	8,0	20,5
17,0	2	171,5	60,4	20,5	16,0	10,0	26,5
Insg.	96	128,7	27,0	15,7	8,8	6,5	18,1

¹TSF = Hautfaltendicke des Triceps, ²SF sub = Hautfaltendicke subscapular

³OAU = Oberarmumfang

Anhang 5b: anthropometrische Werte der Kinder mit NWW nach Jahrgängen geordnet

Alter	Anzahl	Größe	Gewicht	BMI	TSF ¹	SF sub ²	OAU ³
5,0	3	99,3	14,7	14,9	7,3	4,3	14,8
6,0	5	103,9	17,1	15,8	6,2	3,5	15,7
7,0	3	109,8	16,3	13,6	5,3	4,0	14,7
8,0	8	112,9	19,0	14,9	6,6	5,3	15,9
9,0	14	115,8	18,9	14,0	6,0	4,3	16,9
10,0	16	122,2	22,7	15,2	6,9	4,5	16,6
11,0	1	123,5	22,0	14,4	k.A.	k.A.	16,0
12,0	4	121,3	22,3	15,2	8,5	6,0	17,3
13,0	5	132,1	26,4	15,2	7,2	4,0	16,6
14,0	5	138,5	30,4	15,6	8,2	6,5	18,6
15,0	3	141,8	32,7	16,1	8,3	7,0	18,7
16,0	1	148,0	43,5	19,9	10,0	k.A.	23,5
17,0	2	138,3	28,0	14,7	6,0	5,0	17,0
Insg.	70	120,6	22,1	15,0	6,8	4,9	16,7

¹TSF = Hautfaltendicke des Triceps, ²SF sub = Hautfaltendicke subscapular

³OAU = Oberarmumfang

Anhang 5c: Körperzusammensetzung der einzelnen Jahrgänge der Kinder mit NEZ

Alter	Anzahl	FFM in % ¹	FFM in kg	BF in % ²	BF in kg	TBW ³
4,0	3	87,5	14,8	15,9	2,7	59,7
5,0	7	85,3	15,5	16,6	3,0	57,8
6,0	14	86,0	16,5	16,3	3,1	59,0
7,0	9	84,4	17,8	16,3	3,5	58,1
8,0	12	82,8	18,5	17,3	3,9	56,8
9,0	17	82,4	21,7	17,5	4,7	57,3
10,0	11	82,9	23,4	17,1	4,8	58,1
11,0	5	82,0	24,4	17,7	5,3	57,5
12,0	8	77,8	30,2	21,6	8,6	54,4
13,0	5	73,3	30,2	24,4	10,6	50,2
14,0	2	84,8	38,5	20,6	9,3	61,6
15,0	1	77,4	32,9	21,2	9,0	54,3
17,0	2	74,4	44,4	26,9	16,8	52,2
Insgesamt	96	82,5	21,9	18,0	5,1	57,1

¹FFM = fettfreie Masse, ²BF = Körperfett; ³TBW = Gesamtkörperwasser

Anhang 5d: Körperzusammensetzung der einzelnen Jahrgänge der Kinder mit NWW

Alter	Anzahl	FFM in % ¹	FFM in kg	BF in % ²	BF in kg	TBW ³
5,0	3	80,0	11,8	18,5	2,6	51,4
6,0	5	81,1	13,8	18,2	3,1	53,5
7,0	3	84,1	13,7	17,0	2,8	56,1
8,0	8	83,7	15,9	17,4	3,3	56,8
9,0	14	87,5	16,4	16,9	3,2	60,2
10,0	16	82,7	18,7	17,3	3,9	56,9
11,0	1	83,6	18,4	17,0	3,7	57,6
12,0	4	83,2	18,5	17,2	3,8	57,3
13,0	5	80,8	21,3	18,2	4,8	55,8
14,0	5	82,0	24,6	18,1	5,6	57,4
15,0	3	80,3	26,1	18,7	6,2	56,1
16,0	1	73,4	31,9	24,5	10,7	50,5
17,0	2	78,8	22,0	19,3	5,4	54,1
Insgesamt	70	83,1	18,3	17,7	4,0	56,8

¹FFM = fettfreie Masse, ²BF = Körperfett; ³TBW = Gesamtkörperwasser

Anhang 6: Vergleich von Jungen und Mädchen

Anhang 6a: Körperzusammensetzung nach Geschlechtern unterteilt

	Gruppe mit NEZ		Gruppe mit NWV	
	Mädchen	Jungen	Mädchen	Jungen
Größe in cm	127,9	129,3	117,9	121,9
H/A	-0,3	-0,6	-2,6	-2,8
(% von KCMC-Soll)	98,3	97,8	87,4	87,9
Körpergewicht in kg	26,5	27,3	21,4	22,6
W/A	-0,6	-0,8	-2,0	-2,3
(% von KCMC-Soll)	91,8	91,4	72,9	71,1
Body Mass Index	15,6	15,9	15,0	15,0
W/H	-0,5	-0,6	-0,5	-0,8
(% von KCMC-Soll)	94,4	95,6	93,7	93,5
Magermasse in kg	21,2	22,6	17,5	18,7
Magermasse in %	81,3	83,6	82,7	83,3
Körperfettmasse in kg	5,3	4,9	3,9	4,0
Körperfettmasse in %	18,8	17,4	17,8	17,6

Anhang 6b: Nach Altersgruppen aufgeteilt: Jungen

Alter in Jahren	Magermasse in %		Körperfett in %	
	NEZ	NWV	NEZ	NWV
4-7	85,4	84,4	16,2	17,0
8-12	83,3	84,1	17,1	17,3
13-17	78,3	80,5	22,5	18,6

Anhang 6c: Nach Altersgruppen aufgeteilt: Mädchen

Alter in Jahren	Magermasse in %		Körperfett in %	
	NEZ	NWV	NEZ	NWV
4-7	85,7	76,9	16,3	19,1
8-12	80,3	85,1	18,9	17,0
13-17	78,3	80,0	25,1	19,2

Anhang7:

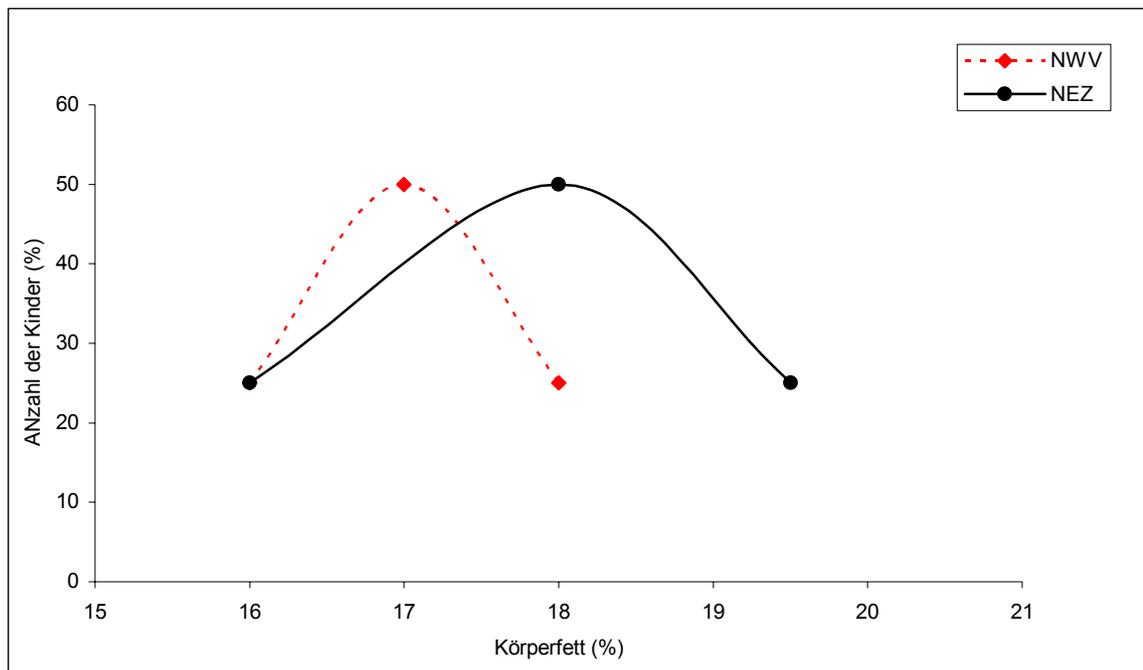


Abbildung 15: Körperfettanteil der Probanden im Alter von 8-12 Jahren

8. TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
Tabelle 1	11
Tabelle 2	13
Tabelle 3	14
Tabelle 4	15
Tabelle 5	17
Tabelle 6	19
Tabelle 7	20
Tabelle 8	23
Tabelle 9	24
Tabelle 10	32
Tabelle 11	33
Tabelle 12 a	33
Tabelle 12 b	34
Tabelle 13	35
Tabelle 14	39

9. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

	Seite
Abbildung 1	12
Abbildung 2	16
Abbildung 3	16
Abbildung 4	18
Abbildung 5	18
Abbildung 6	21
Abbildung 7	21
Abbildung 8	22
Abbildung 9	22
Abbildung 10	28
Abbildung 11	29
Abbildung 12	30
Abbildung 13	37
Abbildung 14	38
Abbildung 15	58

10. DANKSAGUNG

Für die Zusammenarbeit mit dem Kilimanjaro Christian Medical Centre, insbesondere mit der pädiatrischen Abteilung unter Leitung von Herrn Prof. Olomi möchte ich mich bedanken.

Herzlichen Dank sagen möchte ich auch Herrn Dr. M. Swai und seiner Familie für die freundliche Betreuung in Tansania.

Weiterhin bedanke ich mich bei den Mitarbeitern der ambulanten Klinik des Mawenzi District Hospitals für die freundliche Unterstützung meiner Messungen in ihrem Department.

Gleichfalls danke ich vielmals den Kollegien der Sokoine Primary School in Moshi, sowie der Kahe Primary School und Oria Primary School in Kahe für die Durchführung der Messungen an ihren Schulen.

Besonderer Dank gilt Herrn Ngomuo, dem Medical District Officer in Moshi für die Bereitstellung eines Autos und die Befürwortung der Messungen in seinem Bezirk sowie Herrn B. Kowinga für die Begleitung und Unterstützung der Arbeit an den Schulen.

Für die statistische Beratung danke ich Herrn Prof. Dr. H. Vogt der Universität Würzburg.

Für die EDV-Unterstützung bedanke ich mich bei Herrn P. Zoefel, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Universität Marburg und Herrn A. Spahn, akad. Oberstudienrat am Rechenzentrum der Universität Würzburg.

Ausdrücklich möchte ich jedoch meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. M. Krawinkel für die wertvolle Unterstützung sowohl in Tansania als auch bei den Auswertungen in Deutschland danken.

11. LEBENSLAUF

- Am 03. Januar 1974 wurde ich, Anke Füchsel (deutsche Staatsangehörigkeit, evangelisch) in Köln geboren.
- Von 1980 – 1984 besuchte ich die Grundschule Seulberg in Friedrichsdorf, von 1984 –1993 das Humboldt-Gymnasium in Bad Homburg.
- Im Juni 1993 beendete ich meine Schullaufbahn mit dem Abitur.

- Im April 1994 begann ich das Studium der Humanmedizin an der Philipps-Universität Marburg.
- Die Ärztliche Vorprüfung legte ich im April 1996, das Erste Staatsexamen im März 1997 ab.
- Nach meinem Zweiten Staatsexamen im September 1999 ging ich von November 1999 bis Februar 2000 an das Kilimanjaro Christian Medical Centre in Moshi, Tansania. Dort führte ich den Praktischen Teil meiner Doktorarbeit durch.
- Ab April 2000 begann ich mein Praktisches Jahr an der Universitätsklinik Würzburg. Die Tertiale Chirurgie und Innere Medizin absolvierte ich an der Missionsärztlichen Klinik in Würzburg und mein Wahlfach Kinderheilkunde am Krankenhaus St. Vincent-de-Paul in Paris.
- Im Mai 2001 schloß ich das Studium der Humanmedizin mit dem Dritten Staatsexamen in Würzburg ab.

- Seit November 2001 bin ich als Ärztin im Praktikum im Bereich Innere Medizin und Integrative Medizin im Knappschaftskrankenhaus, Kliniken Essen Mitte tätig.