

Aus der Klinik für Kinderkardiologie und Pneumologie  
an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf  
Direktor: Prof. Dr. Klaus G. Schmitt

Körpermasse und Lungenfunktion bei Jugendlichen

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

Der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Shahana Islam

2005

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen  
Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.: Univ.- Prof. Dr. med. dent. Wolfgang H.-M. Raab (Dekan)

Referentin: Prof. Dr. A. Schuster

Korreferent: Prof. Dr.-Ing. U. Ranft

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	S. 4
1.1. Die Messung der Lungenfunktion	S. 4
1.2. Assoziation der Körpermasse auf die Lungenfunktion	S. 5
2. Methoden	S. 7
2.1. Untersuchungskollektiv und Untersuchungszeitraum	S. 7
2.2. Fragebogen	S. 9
2.3. Klinische Untersuchung und Body- Mass- Index	S. 10
2.4. Lungenfunktionsmessung	S. 10
a) Messablauf	S. 10
b) Prinzip der Lungenfunktionsmessung	S. 12
c) Auswahl der Messwerte	S. 18
2.5. Auswertung der Messwerte	S. 20
a) Sollwerte der Lungenfunktionsparameter	S. 20
b) Deskriptive Auswertung der erhobenen Daten	S. 21
c) Vergleichende Auswertung	S. 21
3. Ergebnisse	S. 22
3.1. Verteilungsanalyse des Untersuchungskollektivs bezüglich der BMI und Lungenfunktionswerte	S. 22
3.2. Vergleichsanalyse der Lungenfunktionswerte der verschiedenen BMI-Perzentilengruppen	S. 25
a) Vergleich der übergewichtigen männlichen Probanden mit den nicht übergewichtigen	S. 25
b) Vergleich der adipösen männlichen Probanden mit den nicht adipösen	S. 28
c) Vergleich der übergewichtigen weiblichen Probanden mit den nicht übergewichtigen	S. 31
d) Vergleich der adipösen weiblichen Probanden mit den nicht adipösen	S. 34

4. Diskussion	S. 37
5. Zusammenfassung	S. 46
6. Literaturverzeichnis	S. 48
7. Tabellen- und Abbildungsverzeichnis	S. 52
8. Anhang	S. 55

## **1. Einleitung**

### **1.1 Die Messung der Lungenfunktion**

Die Messung der Lungenfunktion besitzt in der Diagnostik von Affektionen und Erkrankungen der Atemwege einen hohen Stellenwert. Bei Erkennung, differentialdiagnostischen Abgrenzungen, Verlaufs- und Therapiebeobachtungen von pneumologischen Krankheitsbildern können über den Einsatz von Lungenfunktionsprüfungen bei leichter apparativer Durchführbarkeit verschiedene wertvolle Informationen über Lungenvolumina und Atemflussverhältnisse gewonnen werden [24].

Über rein anamnestische Angaben der Patienten und Ergebnisse der klinischen körperlichen Untersuchung hinaus, ist die Lungenfunktionsuntersuchung das Mittel der Wahl, um Ventilationsstörungen und beginnende Lungenerkrankungen zu erkennen, gegebenenfalls deren Schweregrad zu ermitteln und eine diagnostische Einteilung zu treffen (obstruktive / restriktive Ventilationsstörungen- s.u.). Ein wichtiger Nutzen der Lungenfunktionsuntersuchung im pädiatrischen Krankengut besteht z.B. im Aufdecken einer „latenten Obstruktion“, d.h. einer lungenfunktionsdiagnostisch nachweisbaren Obstruktion, die weder dem Untersuchten bewusst ist, noch sich auskultatorisch nachweisen lässt [19].

In epidemiologischen Untersuchungen, gerade auch in größer angelegten, stellt die Messung der Lungenfunktion ein leicht durchführbares sensitives diagnostisches Instrument für klinisch noch inapparente pneumologische Erkrankungen oder Veränderungen dar. So wird die Lungenfunktionsprüfung in epidemiologischen Untersuchungen über die Auswirkungen möglicher exogener und endogener Noxen auf die Gesundheit in bestimmten Populationen als Beurteilungskriterium eingesetzt [17].

## **1.2. Assoziation von Körpermasse und Lungenfunktion**

Im Laufe des 20. Jahrhunderts ist es in der Population der Industrieländer insgesamt zu einer Zunahme des Körpergewichtes gekommen. Das epidemische Ausmaß der Prävalenz von Adipositas in den westlichen Industrieländern kann durchaus als gesellschaftliches Problem aufgefasst werden [9]. Dieses Problem bezieht vor allem auch Kinder und Jugendliche mit ein; so wiesen beispielsweise Troiano et al [23] einen immer größer werdenden Anteil von übergewichtigen Kinder und Jugendlichen (6 bis 17 Jahre) im Verlauf der Jahre von 1960 bis 1990 in den USA nach.

Zahlreiche Studien zeigten Zusammenhänge von Adipositas und verschiedenen gesundheitlichen Komplikationen auf. So steigt durch Übergewicht signifikant das Risiko für Hypertonie, Arteriosklerose, Diabetes mellitus Typ 2, obstruktive Schlafapnoe, Gallenblasenerkrankungen oder gastroösophagealen Reflux [Zusammenfassung siehe bei 25].

Ebenso wurden Zusammenhänge zwischen Adipositas und Atemwegserkrankungen bzw. -Veränderungen nachgewiesen [1,2,3,12,21]. In der Literatur finden sich Hinweise auf geschlechtsspezifisch unterschiedliche Einflüsse von Übergewicht auf die Lungenfunktionsparameter, welche je nach Studie kontroversen Diskussionen unterliegen. Es gibt bereits Studien, deren Ergebnisse auf eine Assoziation von erhöhtem Körpergewicht und schlechteren Lungenfunktionswerten bzw. asthmatischen Symptomen nur bzw. vor allem bei weiblichen Studienteilnehmerinnen hinweisen [1,20]; andere Studien zeigen, im Gegensatz dazu, eine Assoziation von höherem Körpergewicht und schlechteren Lungenfunktionswerten vor allem bei männlichen Studienteilnehmern auf [2,7]. Dabei muß zwischen Studien unterschieden werden, welche nach Assoziationen von Körpergewicht und Asthma fragen, also bereits vorhandenen Krankheitserscheinungen [1,6,8,14,20], und Studien, welche sich lediglich mit Zusammenhängen zwischen Übergewicht und Lungenfunktionsmeßdaten beschäftigen [2,7,16].

Die genannten Untersuchungen beziehen sich größtenteils auf adulte Studienteilnehmer. Neuere Studien beschäftigen sich weiterführend mit dem Einfluß steigenden Körpergewichts auf die Lungenfunktion bzw. mit dem Zusammenhang von steigendem Körpergewicht und asthmatischen Symptomen bei Kindern im Grundschulalter [3,8,18].

Grundlage unserer Analyse sind die Daten einer Studie des Medizinischen Instituts für Umwelthygiene der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf (MIU), die im Rahmen umweltmedizinischer Fragestellungen erhoben wurde. Dabei wurde die Lungenfunktion von 366 Jugendliche zwischen 13 und 17 Jahren an zwei Schulen in Nordrhein-Westfalen untersucht.

Die sich für uns aus den zitierten Studien ergebenden Fragestellungen möchte ich im folgenden konkretisieren:

Bei einem Probandenkollektiv von Jugendlichen im Pubertätsalter wollten wir untersuchen, ob erhöhtes Körpergewicht vielleicht mit subtileren Lungenfunktionsveränderungen, die noch keine Krankheitsbedeutung haben müssen, vergesellschaftet ist.

- Wenn ja, welcher Art sind diese Lungenfunktionsunterschiede im Vergleich zu Normgewichtigen?  
Finden wir eventuell mit erhöhtem Körpergewicht auftretende veränderte Flusswerte oder veränderte Werte des Atemwegwiderstandes?
- Gibt es dabei evtl. Unterschiede, die sich geschlechtsspezifisch charakterisieren lassen?

## 2.Methoden

### **2.1. Untersuchungskollektiv/ Untersuchungszeitraum**

Von 1995 bis 1997 führte das MIU jeweils in den Sommermonaten eine Longitudinalstudie durch, an der insgesamt über 500 Probanden an zwei Hauptschulen der Städte Bottrop und Nettetal in Nordrhein-Westfalen teilnahmen. Die Studie wurde unter umweltmedizinischen Aspekten erstellt, bei der die Lungenfunktionswerte der Probanden aus städtischen Gebieten mit denen der Probanden aus ländlichen Gebieten verglichen werden sollten. Für unsere Analyse zogen wir die Daten von 1997 heran, die in den Monaten Juli, August und September an beiden Schulen erhoben wurden. Wir berücksichtigten ausschließlich die Lungenfunktionswerte der Probanden die sich als plausibel beziehungsweise als nicht krankhaft verändert erwiesen (Plausibilitätsbestimmung s.u.). Unser Untersuchungskollektiv umfasst letztendlich 366 Jugendliche im Alter von 13 bis 18 Jahren.

Die Tabellen 1 bis 10 zeigen die Verteilungsanalyse der untersuchten Probanden bezüglich des Untersuchungsortes und der Geschlechtszugehörigkeit. Desweiteren werden das Auftreten einer Asthmaanamnese sowie einer Anamnese von inhallativen Allergien dargestellt. Der Anteil der Raucher am Untersuchungskollektiv und die Deskriptionsanalysen der anthropometrischen Meßwerte bezüglich des Alters (Jahre), der Größe (Zentimeter) und des Gewichtes (Kilogramm) werden sowohl für das Gesamtkollektiv (Tabelle 1-6), als auch für Jungen (Tabelle 7-8) und Mädchen (Tabelle 9-10) getrennt tabellarisch aufgeführt

*Tab.1: Ortsverteilung der Probanden:*

Ort	n	Prozent
Bottrop	177	48.36
Nettetal	189	51.64

*Tab.2: Geschlechterverteilung der Probanden*

Geschlecht	n	Prozent
Männlich	200	54.64
Weiblich	166	45.36



*Tab.3: Asthmatikeranteil (Anamnese ärztlich diagnostizierten Asthmas) am Gesamtkollektiv*

Asthma	n	Prozent
Nein	355	96.99
Ja	10	2.73
Missing	1	

Vorwegnehmend möchte ich kurz auf den Anteil der Asthmatiker am Gesamtkollektiv eingehen: Wie aus der Tabelle ersichtlich haben wir zehn Asthmatiker unter den untersuchten Jugendlichen. Dabei handelt es sich um sechs männliche und vier weibliche StudienteilnehmerInnen. Die Lungenfunktionswerte dieser Probanden gingen allesamt in unsere Auswertung mit ein, da sie sich in der Plausibilitätsbestimmung (s.u.) alle als plausibel erwiesen. Die weiblichen Asthmatiker befanden sich alle in der BMI-Perzentilengruppe < 85., von den sechs männlichen Asthmatikern befand sich einer in der BMI-Perzentilengruppe  $\geq 85$ .

*Tab.4: Anteil von Probanden mit inhallativer Allergie*

Inhall.Allergie	n	Prozent
Nein	332	90.71
Ja	33	9.02
Missing	1	

*Tab.5: Deskription anthropometrischer Daten des Gesamtkollektivs*

Variable	n	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standardabw.
Alter (Jahre)	366	15.14	13.01	17.87	0.9926
Größe (cm)	366	167.96	146.00	192.00	8.9894
Gewicht(kg)	366	62.15	33.50	120.00	13.7327
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	366	21.94	13.94	42.75	4.1454

*Tab.6: Verteilung von Rauchern und Nichtrauchern im Gesamtkollektiv*

Rauchen	n	Prozent
Nein	246	67.21
Ja	120	32.79

Tab.7: Deskriptionsanalyse anthropometrischer Daten- Jungen

Variable	n	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standardabw.
Alter (Jahre)	200	15.12	13.08	17.87	1.0524
Größe (cm)	200	171.25	147.00	192.00	9.3971
Gewicht(kg)	200	63.92	33.50	120.00	14.2476
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	200	21.94	13.94	33.77	3.8907

Tab.8: Verteilung von Rauchern und Nichtrauchern bei den Jungen

Rauchen	n	Prozent
Nein	136	68.00
Ja	64	32.00

Tab.9: Deskriptionsanalyse anthropometrischer Daten- Mädchen

Variable	n	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standardabw.
Alter (Jahre)	166	15.15	13.00	17.63	0.9183
Größe (cm)	166	163.70	146.00	189.00	6.5818
Gewicht(kg)	166	60.03	39.00	115.00	12.8082
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	166	22.29	15.06	42.76	4.4206

Tab.10: Verteilung von Rauchern und Nichtrauchern bei den Mädchen

Rauchen	n	Prozent
Nein	110	66.27
Ja	56	33.73

## 2.2.Fragebogen

Mit dem Fragebogen wurden bei allen Jugendlichen anamnestiche Daten, unter anderem über ihren Zigarettenkonsum, ärztlich diagnostiziertes Asthma, sowie inhalative Allergien erhoben. Als Raucher wurden die Jugendlichen bezeichnet, die seit mehr als drei Monaten pro Tag mindestens zwei Zigaretten rauchten.

### **2.3. Klinische Untersuchung, Body-Mass-Index**

Alle Probanden wurden vor der eigentlichen Lungenfunktionsmessung klinisch untersucht und dabei gemessen und gewogen (das Gewicht wurde ohne Schuhe mit Innenraumbekleidung gemessen). Dann berechneten wir den als Maß für die weitgehend längenbereinigte Körpermasse benutzten Body-Mass-Index (BMI; Einheit: kg/m<sup>2</sup>). Seine Eignung zur Gewichtsbeurteilung beruht auf einer hohen Korrelation mit dem Körpergewicht sowie einer geringen Abhängigkeit von der Körperlänge. Bei der Ableitung des BMI aus Körperlänge und Körpergewicht bleibt die Körperzusammensetzung (v.a. Knochen-, Muskel-, Fettmasse und Wasser) unberücksichtigt. Der BMI stellt jedoch- nach Ausschluß eines Ödems oder erheblicher Muskelmasse- zumindest bei übergewichtigen Probanden auch ein einfaches und zuverlässiges Maß zur Abschätzung der Fettmasse dar [9].

Da die gebräuchlichen BMI- Normwerte weder Alter noch Geschlecht berücksichtigen, zogen wir zur Auswertung geschlechtsspezifische BMI- Perzentilenkurven für die jeweiligen untersuchten Altersgruppen heran ( [9] siehe Anhang).

Nach Hebebrand et al. wurden als übergewichtige Probanden diejenigen Jugendlichen definiert, deren BMI-Werte über bzw. auf der 85. Perzentile lagen, als adipös wurden diejenigen definiert, deren BMI- Werte über bzw. auf der 95. Perzentilenkurve lagen [9]

### **2.4. Lungenfunktionsmessung**

Die Lungenfunktionsmessungen wurden mit Hilfe eines volumenkonstanten Ganzkörperplethysmographen („Masterlab“) der Firma Jäger in einem mobilen Laborwagen auf dem Schulhof zwischen 8.00 und 13.00 Uhr durchgeführt.

#### **a) Meßablauf**

Den SchülerInnen wurden die verschiedenen, für die Messung notwendigen Atemtechniken, einschließlich der kurzen Unterbrechungen des Atemstromes bei der Munddruckmessung erklärt. Diese Atemtechniken wurden mehrmalig trainiert. Ebenfalls wurden der selbständige Einsatz des Mundstücks sowie der Nasenklammer geübt. Nachdem der Proband sich in die Ganzkörperplethysmographenkammer gesetzt hatte, wurde die Sitzhöhe eingestellt und die Kammer verschlossen. Nach einer Kammerdruckausgleichszeit von ca. zwei Minuten wurde der Proband dazu aufgefordert, das Mundstück in den Mund zu nehmen, die Nasenklammer aufzusetzen

und gleichmäßig ein- und auszuatmen. Nach ca. vier bis fünf normalen Atemzügen wurden drei Druckschleifen sowie eine langsame Vitalkapazität aufgezeichnet.

Es wurde die beste Schleife ausgewählt und diese mit der Kurve der Vitalkapazität gespeichert. Dieser Vorgang wurde noch zweimal wiederholt. Der Proband durfte das Mundstück und die Nasenklammer zwischen den drei Durchgängen absetzen. Danach wurde die Messkammer geöffnet. Nach einer kurzen Pause wurde der Proband dazu aufgefordert, das Mundstück erneut in den Mund zu nehmen und die Nasenklammer aufzusetzen. Nun übte der Proband ein- bis zweimal die maximale forcierte Ausatmung nach tiefstmöglicher Einatmung. Anschließend wurden drei möglichst deckungsgleiche Fluß-Volumenkurven und Volumen-Zeitkurven aufgezeichnet. Von den drei Kurven wurde wiederum die beste gespeichert. Dieser Vorgang wurde noch zweimal mit kurzer Pause zwischen den Messungen wiederholt. Damit standen die Werte der Druckschleifen, drei Vitalkapazitäten und die Werte der drei Fluß-Volumenkurven zur Auswahl.

Die gemessenen Werte können durchaus leichten intraindividuellen Schwankungen unterliegen, da sie von der Kooperation der Probanden abhängen sowie dem Einfluß des Untersuchenden unterliegen.

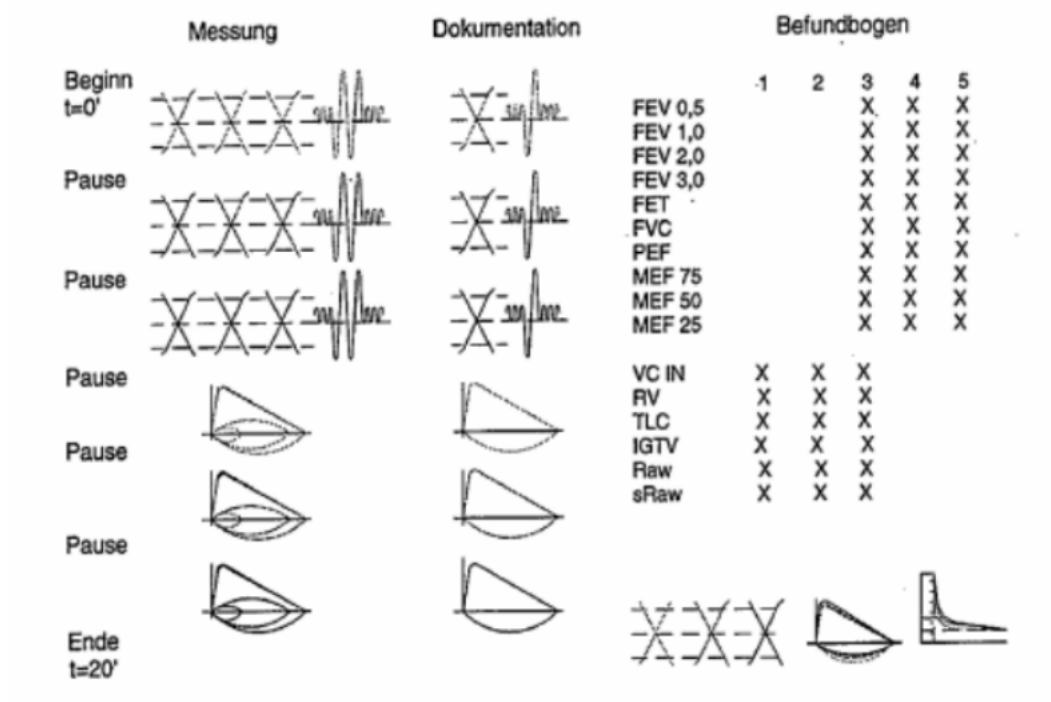


Abb.1: Schematische Darstellung des ganzkörperplethysmographischen und pneumotachographischen Messablaufs einer Lungenfunktion.

## b) Prinzip der Lungenfunktionsmessungen (Bodyplethysmographie/Pneumotachographie)

Bei der Bodyplethysmographie befindet sich der Proband in einer luftdichten Kammer definierten Volumens ( $V$  ca 1 Kubikmeter). Bei der Inspiration nimmt der Thorax in der Kammer ein größeres Volumen ( $\Delta V$ ) ein. Die Lungen dehnen sich schneller aus als die Luft nachströmen kann, woraus eine geringfügige Erhöhung des Kammerdrucks ( $P_k$ ) um  $\Delta P_k$  resultiert. Aus der gleichzeitigen Aufzeichnung von  $\dot{V}$  und  $\Delta P_k$  ergibt sich das Druck-Strömungs-Diagramm (Abb.2)

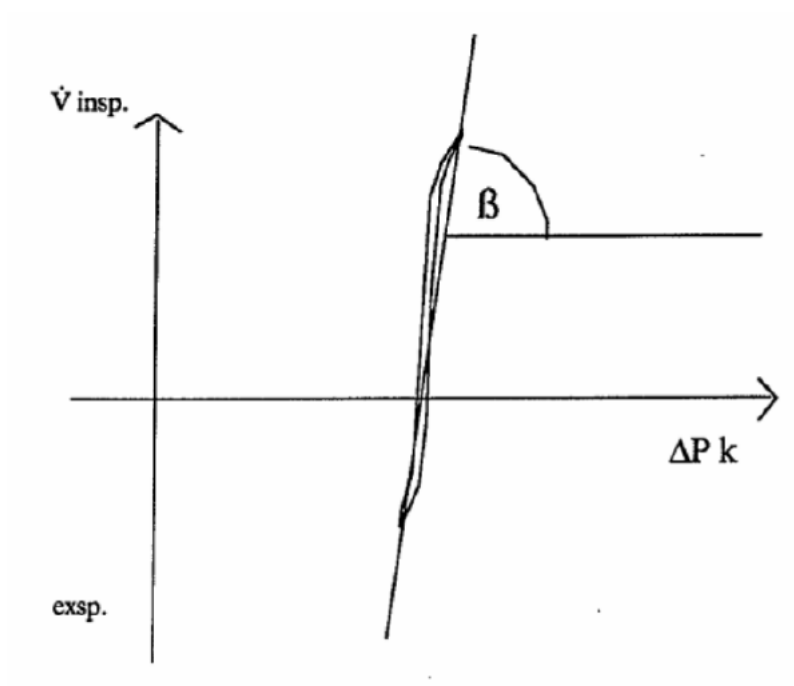


Abb.2: Diagramm Druck-Strömungs-Kurve, die inspiratorische und expiratorische Atemstromstärke ( $\dot{V}_{\text{insp.}}$ ,  $\dot{V}_{\text{exp.}}$ ) ist gegen die Änderung des Kammerdrucks ( $\Delta P_k$ ) aufgetragen. Der Winkel  $\beta$  wird für die Berechnung des Atemwegswiderstandes benötigt.

Für die Berechnung des bronchialen Strömungswiderstands (Airway-Resistance= Raw), ist außerdem die Kenntnis des Alveolardrucks nötig, da der Raw als Verhältnis der Druckdifferenz zwischen Alveolarraum und Mund ( $\Delta Pa$ ) zur Atemstromstärke definiert ist.

$$R_{aw} = \frac{\Delta Pa}{\dot{V}}$$

Da diese "alveoläre" Druckdifferenz jedoch nicht direkt messbar ist, ist es somit erforderlich, festzustellen, welche Alveolardruckänderung ( $\Delta Pa$ ) einer bestimmten Kammerdruckänderung entspricht.

Das Verhältnis  $\Delta Pa/\Delta Pk$  entspricht der Steigung der Verschlussdruckkurve ( $\tan \alpha$ /Abb 3). Diese wird ermittelt, indem das Atemrohr verschlossen wird, woraus ein Druckausgleich zwischen Mundöffnung und Alveolen resultiert. Nun wird der Proband dazu aufgefordert "Hechelbewegungen" durchzuführen, wobei die resultierenden Änderungen des Kammerdrucks gegen die Munddruck- respektive Alveolardruckänderungen registriert wird.

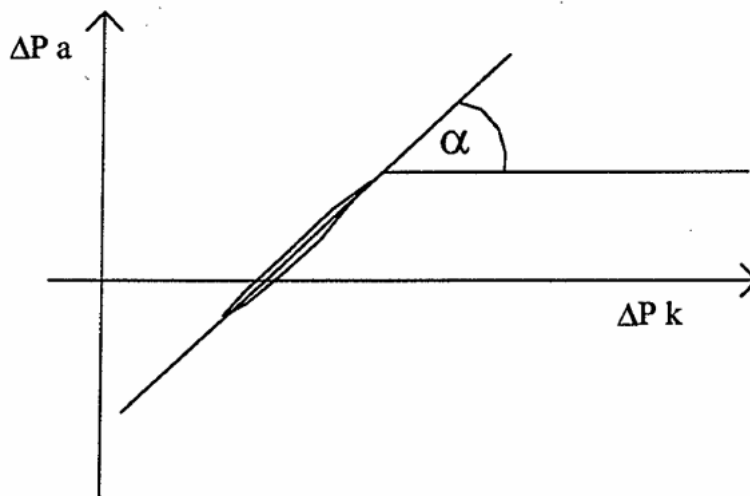


Abb. 3: Diagramm Verschlussdruckkurve, die Änderungen des Alveolardrucks ( $\Delta Pa$ ) sind gegen die Änderungen des Kammerdrucks ( $\Delta Pk$ ) aufgetragen. Der Winkel  $\alpha$  wird für die Berechnung des Atemwegswiderstandes benötigt.

Der bronchiale Strömungswiderstand, Airway- Resistance ( $R_{aw}$ ), errechnet sich wie folgt:

Steigung der Druck-Strömungs-Kurve =  $\tan \beta = \dot{V} / \Delta P_k \cdot \text{Eichkonstante}$

Steigung der Verschlussdruckkurve =  $\tan \alpha = \Delta P_a / \Delta P_k \cdot \text{Eichkonstante}$

$\tan \alpha / \tan \beta = \Delta P_a / \Delta P_k \cdot \Delta P_k / \dot{V} - \text{Systemwiderstand} = \mathbf{R_{aw}}$

Neben dieser weitgehend von der Mitarbeit des Probanden unabhängigen Messung der Resistance bietet die bodyplethysmographische Meßmethode die Möglichkeit, noch weitere Parameter zu bestimmen, die jedoch nicht in unsere Auswertung eingingen und daher hier nicht im einzelnen besprochen werden.

Abbildung 4 gibt die per Bodyplethysmographie bestimmbaren statischen Lungenvolumina wieder.

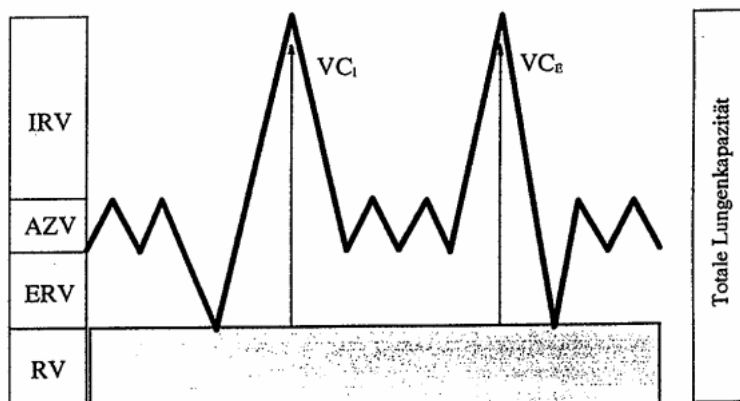


Abb.4: Lungenvolumina:  $IRV$ =Inspiratorisches Reservevolumen,  $AZV$ =Atemzugvolumen,  $ERV$ =Expiratorisches Reservevolumen,  $RV$ =Residualvolumen,  $V_{Ci}$ =Inspiratorische Vitalkapazität,  $V_{Ce}$ =Expiratorische Vitalkapazität;  $ITGV$  setzt sich aus dem  $ERV$  und dem  $RV$  zusammen

Das Residualvolumen (RV) ist das Luftvolumen, welches nach maximaler Ausatmung in der Lunge verbleibt und daher nicht verfügbar ist. Das Intrathorakale Gasvolumen (ITGV) ist das Volumen, welches sich am Ende einer normalen Ausatmung im Thorax befindet, setzt sich also aus RV und ERV zusammen. Die Vitalkapazität (VC) bezeichnet das Luftvolumen, welches nach maximaler Expiration maximal eingeatmet werden kann (VCi) oder nach tiefstmöglicher Inspiration maximal ausgeatmet werden kann (VCe). Die VC ist das maximal mobilisierbare Luftvolumen. Normalerweise wird die VCi der VC gleichgesetzt, wobei sich die Forcierte Vitalkapazität (FVC) auf die expiratorische VC (VCe) bezieht. Die Totale Lungkapazität (TLC) bezeichnet das Luftvolumen, welches sich nach tiefstmöglicher Einatmung in der Lunge befindet.

Mittels der Pneumotachographie (Abb.5) werden die Lungenfunktionsflusswerte erhoben. Die Untersuchung der Pneumotachographie geht auf *Fleisch* zurück, welcher eine Apparatur entwickelte, mit deren Hilfe der Luftstrom am Munde gemessen werden kann.

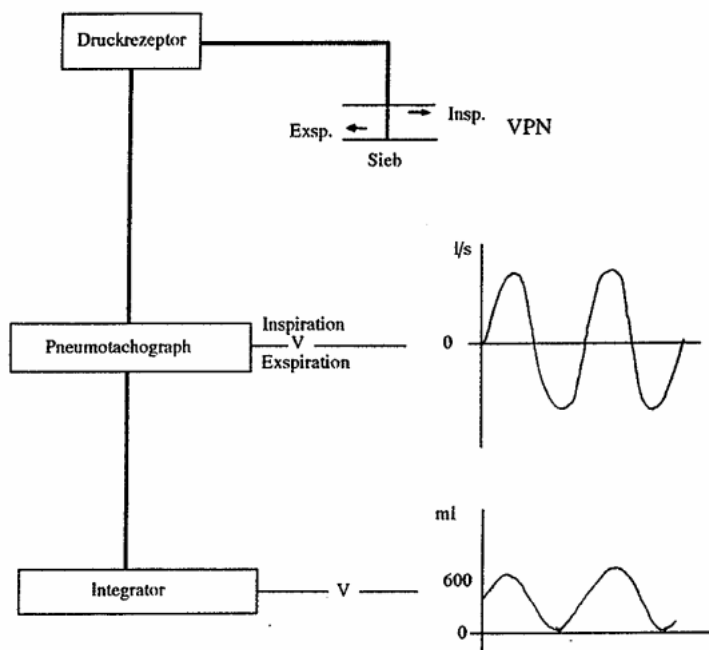


Abb.5: Pneumotachographie: VPN = Versuchsperson, Insp. = Inspiration, Exsp. = Expiration



Die Darstellung der Volumen- Zeit-Kurve (Abb.6) gibt das Forcierte Expiratorische Volumen pro Zeiteinheit an; wir verwenden für unsere Berechnungen den FEV1 Wert, welcher das Forcierte Expiratorische Volumen in der ersten Sekunde („Einsekundenkapazität“) bezeichnet. Dieser Wert kann absolut in Liter angegeben werden oder als relative Sekundenkapazität in Prozent der Forcierten Vitalkapazität (FEV1/FVC).

Die Darstellung des Volumens über den zeitlichen Verlauf (Abb.6) liefert die Werte für FEV1 (Forciertes expiratorisches Volumen in einer Sekunde) und FVC (Forcierte Vitalkapazität). Wenn FEV1 in Relation zu FVC (FEV1/FVC) gesetzt wird, weist ein erhöhter Wert auf eine restriktive, ein erniedrigter Wert auf eine obstruktive Ventilationsstörung hin. Eine Obstruktion bezeichnet eine Verengung oder Verlegung der Atemwege, die als expiratorische Atembehinderung mit verlängerter Ausatmung symptomatisch wird. Durch den erhöhten endobronchialen Widerstand kann hier auch bei maximaler Anstrengung in der ersten Sekunde nur ein verminderter Anteil der Vitalkapazität ausgeatmet werden.

Eine restriktive Ventilationsstörung hingegen bezeichnet eine Verminderung der mobilisierbaren und nichtmobilisierbaren Lungenvolumina durch verminderte Ausdehnungsfähigkeit der Lunge, des knöchernen Thorax oder des Zwerchfells.

Aus der registrierten Fluß-Volumen-Kurve (Abb.7) können weiterhin die Werte PEF, MEF75, MEF50 und MEF25 gewonnen werden: Der Expiratorische Spitzenfluß (Peakflow = PEF) gibt die maximale Flussgeschwindigkeit während der Expiration an. Die MEF-Werte geben den maximalen expiratorischen Fluß bei 75%, 50% und 25% der noch auszuatmenden Vitalkapazität an. Diese Werte sind zur Analyse obstruktiver Ventilationsstörungen geeignet, wobei Verminderungen von PEF und MEF75, wie auch der FEV1 eine Obstruktion der größeren Atemwege widerspiegeln, dagegen verminderte MEF50 und MEF25 Werte eher eine Obstruktion der kleinen Atemwege anzeigen.

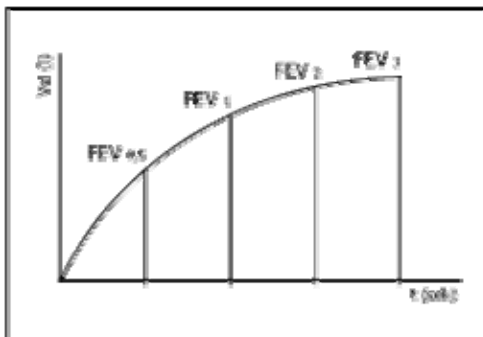


Abb.6:

Schemat. Darstellung der Volumen-Zeit-Kurve

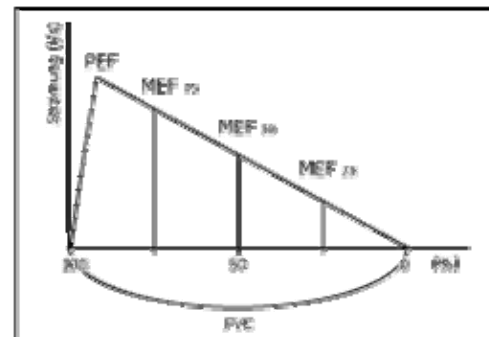


Abb.7:

Schemat. Darstellung der Fluß-Volumen-Kurve

In unsere Auswertung gingen die in Tabelle 11 aufgeführten Parameter ein.

*Tab.11: Lungenfunktionsparameter, die in die Analyse einbezogen wurden*

<b>Parameter</b>	<b>Abkürzungen</b>	<b>Einheiten</b>
Atemwegswiderstand	Raw	kPa * s/l
Vitalkapazität (insp.)	VC	l
Forcierte Vitalkapazität	FVC	l
Forciertes expiratorisches Volumen nach 1 Sek	FEV1	l
Peak expiratory Flow/ Expiratorischer Spitzenfl.	PEF	l/s
Maximal expiratorischer Fluß bei 75 % der FVC	MEF75	l/s
Maximal expiratorischer Fluß bei 50 % der FVC	MEF50	l/s
Maximal expiratorischer Fluß bei 25 % der FVC	MEF25	l/s

### c) Auswahl der Messwerte

Zur Bestimmung der Plausibilität der Messwerte (s.u.), gingen die Werte des Intrathorakalen Gasvolumens (ITGV [l]), der Totalen Lungenkapazität (TLC [l]), des Residualvolumens (RV [l]), sowie des Spezifischen Atemwegswiderstandes (sRaw) ein.

Da der Raw abhängig von der Atemlage bzw. von den Lungenvolumina ist, benutzen wir zur Plausibilitätsbestimmung den spezifischen Raw (sRaw), welcher sich aus Produkt aus Raw und Intrathorakalem Gasvolumen (Raw\*ITGV) errechnet. Für den spezifischen Atemwegswiderstand (SRaw) wurde eine Differenz zwischen gemessenem Maximum- und Minimumwert bis 0.3 kPa \* s, und für das Intrathorakale Gasvolumen ITGV wurde eine Abweichung bis 15% akzeptiert. Andernfalls wurden die Werte als nicht plausibel ausgeschlossen

Bei den F-V-Kurven (Fluß-Volumen-Kurven) und V/t-Kurven (Volumen-Zeit-Kurven) wurde zuerst die Forcierte Expirationszeit (FET) geprüft.

Die F-V-Kurve wurde verworfen, wenn die FET < 1s war; betrug die FET < 1.5s wurde lediglich der FEV1 Wert ausgewertet. Zur Auswertung wurde die F-V-Kurve mit der größten Summe aus Forciertem Expiratorischen Volumen in der ersten Sekunde (FEV1) plus Forcierter Vitalkapazität (FVC) plus Peak Flow (PEF) ausgewählt. Dabei sollten FVC und PEF aus der F-V-Kurve mit der zweithöchsten Summe von der Kurve mit der höchsten Summe nicht mehr als 5 % abweichen. Betrug die FEV1 abzüglich des Peak Flows mehr als 25% der FVC, wurde die F-V-Kurve ebenfalls verworfen.

Aus einer Expiration mit FET  $\geq 1.5$  s und der höchsten Summe (FEV1 + FVC + PEF) wurden FEV1, FVC, PEF, Maximal Expiratorischer Fluß bei 75 % (MEF75), 50% (MEF50) und bei 25 % (MEF25) der FVC ausgewertet.

Die Auswahlkriterien waren hier:

FET	<	1s	Meßwerte verworfen
	<	1.5s	nur FEV1 ausgewertet
	>	1.5s	alle Werte ausgewertet
(FEV – PEF)%FVC	>	25 %	F-V-Kurve verworfen
	<	25 %	Kurve ausgewertet

Hierbei sollten alle Messwerte aus einer Kurve stammen.

Die Normalität der ventilatorischen Messwerte wurde in einer zweistufigen Auswahl geprüft, um nicht plausible und krankhaft veränderte Werte zu finden und von der Auswertung auszuschließen.

Kriterien für die Prüfung der Plausibilität des Messwertes bei Personen ohne obstruktive Atemstörung sind die folgenden:

TLC ist gültig,	wenn IC ~ ITGV ist.
RV ist gültig,	wenn RV < 60% des ITGV ist.
VC ist gültig,	wenn TLC und RV beide gültig sind.
FVC ist gültig,	wenn FET > 1.5s und FVC > 95 % von VC sind.
F-V-Kurve ist gültig,	wenn FVC gültig und PEF eindeutig > MEF75 ist.

Alle ventilatorischen Kenngrößen wurden für Körpertemperatur, atmosphärischen Luftdruck und Wasserdampfsättigung bei Körpertemperatur (BTPS) korrigiert.

## 2.5. Auswertung

### a) Sollwerte der Lungenfunktionsparameter

Für Jungen und Mädchen getrennt, wurden mit den Daten des Untersuchungskollektivs Alter und Größe berücksichtigende Sollwertfunktionen für die einzelnen Lungenfunktionsparameter mittels linearer multipler Regressionsanalyse ermittelt. Die Regressionskoeffizienten der Sollwertfunktionen sind im Anhang aufgeführt. Die Verteilung fast aller Lungenfunktionswerte lassen sich gut durch eine Normalverteilung beschreiben, lediglich die Verteilung der Raw-Meßwerte lassen sich besser durch eine logarithmische Normalverteilung beschreiben. Mittels folgender Regressionsformeln wurden also die jeweiligen Sollwertfunktionen berechnet:

Regressionsmodell für Raw:

$$\lg(Y) = a_0 + a_1 * \text{Alter(Jr)} + a_2 * \text{Größe(cm)}$$

Regressionsmodell für übrige Lungenfunktionsgrößen:

$$Y = a_0 + a_1 * \text{Alter(Jr)} + a_2 * \text{Größe(cm)}$$

Sollprozentwert einer Lungenfunktionsgröße:

$$YSP = 100 * Y_{\text{gemessen}} / Y_{\text{soll}}$$

Mit der zuletzt dargestellten Formel wurden die gemessenen Lungenfunktionswerte  $Y_{\text{gemessen}}$  zu den individuellen Sollwerten  $Y_{\text{soll}}$  in Beziehung gesetzt, so dass sich sogenannte "Sollprozentwerte" ("SP"- angegeben als RawSP, VCSP, FVCSP etc.) ergaben. Diese Sollwerte wurden für die weitere statistische Auswertung an Stelle der originalen Messwerte verwendet, da sie diese alters- und körpergrößenadjustiert repräsentieren.

So bedeutet z.B. ein VCSP Wert von 100 % , daß der gemessene Wert exakt dem Sollwert einer Person gleichen Alters und gleicher Körpergröße entspricht.

## **b) Deskriptive Auswertung der erhobenen Daten**

Alle Erhebungsdaten wurden zur Charakterisierung des Untersuchungskollektivs mit statistischen Kenngrößen ( Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum, relative Häufigkeit in Prozent) beschrieben.

## **c) Vergleichende Auswertung**

Die Probanden wurden entsprechend ihrer persönlichen Messdaten (Gewicht und Größe) in alters- und geschlechtsspezifische BMI- Perzentilengruppen eingeteilt. In jeweils paarweisem Vergleich wurden die Lungenfunktionsmittelwerte  $<85./>85$ . Perzentilengruppe,  $<95./>95$ . Perzentilengruppe geschlechtespezifisch miteinander verglichen. Für den Vergleich wurde als statistischer Test der Student-t-Test herangezogen. In den Vergleichstabellen wurde der p-Wert zur Feststellung der Signifikanz angegeben, wobei ein p-Wert kleiner als 0.05 eine Signifikanz auf dem 5 % Niveau anzeigt.

Die statistische Auswertung wurde mit STATISTICA (Kernel-Version 5.5A), StatSoft, Inc., 1999 durchgeführt.

### 3. Ergebnisse

#### **3.1. Verteilungsanalysen des Untersuchungskollektivs bezüglich BMI und Lungenfunktionswerten**

In den Tabellen 12 bis 18 werden die Verteilungen bezüglich der Perzentilengruppenzugehörigkeit, sowie die Verteilung der gemessenen Lungenfunktionswerte und der daraus errechneten Lungenfunktionssollprozentwerte sowohl für das Gesamtkollektiv als auch geschlechtergetrennt tabellarisch dargestellt.

*Tab.12: BMI-Perzentilengruppenverteilung- Gesamtkollektiv*

85. Perzentile	n	Prozent
< 85.Perzent.	253	69.13
≥ 85.Perzent.	113	30.87

95. Perzentile	n	Prozent
Kleiner 95.Perzent.	306	83.61
Größer 95.Perzent.	60	16.39

*Tab.13: BMI-Perzentilengruppenverteilung- Jungen*

85. Perzentile	n	Prozent
< 85.Perzent.	141	70.50
≥ 85.Perzent.	59	29.50

95. Perzentile	n	Prozent
< 95.Perzent.	165	82.50
≥ 95.Perzent.	35	17.50

Tab.14: Deskriptionsanalyse der gemessenen Lungenfunktionswerte- Jungen

Variable	Gültige n	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standardabw.
Raw	200	0.30	0.15	0.68	0.0942
VC	200	4.53	2.40	7.02	0.0299
FVC	200	4.51	2.26	6.85	0.0351
FEV1	191	3.76	1.96	5.64	0.7896
PEF	190	7.84	3.98	13.17	1.6995
MEF75	190	6.35	3.02	10.21	1.5433
MEF50	190	4.30	1.37	7.68	1.2303
MEF25	190	2.16	0.55	5.36	0.7948
FEV1/FVC	191	0.8363	0.6046	0.9902	0.0749

Tab.15: Deskriptionsanalyse der Lungenfunktionssollprozentwerte- Jungen

Variable	Gültige n	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standardabw.
RawSP	200	102.97	54.50	135.59	26.6864
VCSP	200	100.04	65.63	125.14	11.2482
FVCSP	200	100.04	64.65	135.48	11.2712
FEV1SP	191	100.00	54.82	129.48	12.7968
PEFSP	190	99.97	58.40	167.92	18.1777
MEF75SP	190	99.97	47.69	168.08	21.1317
MEF50SP	190	99.94	31.92	168.15	24.8870
MEF25SP	190	99.92	25.83	207.82	32.37

Tab.16: BMI-Perzentilengruppenverteilung- Mädchen

85. Perzentile	n	Prozent
< 85.Perzent.	112	67.47
≥ 85.Perzent.	54	32.53

95. Perzentile	n	Prozent
< 95.Perzent.	141	84.94
≥ 95.Perzent.	25	15.06



Tab.17: Deskriptionsanalyse der gemessenen Lungenfunktionswerte- Mädchen

Variable	Gültige n	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standardabw.
Raw	166	0.32	0.17	0.74	0.0841
VC	166	3.72	2.18	5.44	0.5368
FVC	166	3.71	2.31	5.51	0.5529
FEV1	156	3.24	1.88	4.68	0.4966
PEF	153	6.53	3.33	10.33	1.2383
MEF75	153	5.74	2.71	9.76	1.1656
MEF50	153	4.00	1.22	6.23	0.9549
MEF25	153	2.02	0.40	3.80	0.6329
FEV1/FVC	156	0.8711	0.6215	0.9905	0.0673

Tab.18: Deskriptionsanalyse der Lungenfunktionssollprozentwerte- Mädchen

Variable	Gültige n	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standardabw.
RawSP	166	102.81	60.22	233.36	26.1259
VCSP	166	99.98	71.30	147.27	11.6228
FVCSP	166	99.98	71.63	149.73	11.9073
FEV1SP	156	99.99	62.67	147.17	12.8891
PEFSP	153	99.99	52.89	155.10	17.7079
MEF75SP	153	100.00	50.04	157.00	19.1218
MEF50SP	153	100.00	32.15	152.28	23.1432
MEF25SP	153	100.02	21.32	188.87	29.6950

### 3.2. Vergleichsanalysen der Lungenfunktionswerte der verschiedenen BMI-Perzentilengruppen

#### a) Vergleich der übergewichtigen männlichen Probanden mit den nicht übergewichtigen

Bei dem Vergleich der mittleren Lungenfunktionssollprozentwerte der übergewichtigen männlichen Probanden ( $\geq 85$ . BMI-Perzentilenkurve;  $n=59$ ) gegenüber denen des restlichen männlichen Kollektivs ( $< 85$ . BMI-Perzentilenkurve;  $n=141$ ), ergibt der t-Test signifikant höhere Werte der VCSP und FVCSP für die übergewichtigen Jungen, ebenso ergeben sich signifikant höhere Werte des RawSP für die Übergewichtigen, sowie signifikant niedrigere Werte für FEV1/FVC (Tabelle 19). Das bedeutet, dass die Vitalkapazität (VC und FVC) bei den übergewichtigen männlichen Probanden sogar relativ höher ist als bei den nicht übergewichtigen Jungen, während die RawSP- und FEV1/FVC Werte signifikant schlechter sind. Der Sollprozentwert für MEF25 ist numerisch bei den übergewichtigen Jungen deutlich niedriger, die Differenz der Werte verfehlt jedoch das Signifikanzniveau.

Tab. 19: Durchschnittliche Sollprozentwerte der Lungenfunktionsdaten:

Männliche Probanden; BMI- Perzentilengruppen  $< 85$ . vgl.  $\geq 85$ .

M	$< 85$ . Perzentilenkurve	$\geq 85$	P
RawSP	98.71%	113.13%	<b>0.0027</b>
VCSP	97.92%	105.13%	<b>0.0000</b>
FVCSP	97.84	105.30%	<b>0.0000</b>
FEV1SP	99.40%	101.45%	0.3131
PEFSP	99.52%	101.04%	0.6007
MEF75SP	100.31%	99.15%	0.7307
MEF50SP	100.72%	98.08%	0.5061
MEF25SP	102.83%	92.95%	0.0548
FEV1/FVC	0.8487	0.8064	<b>0.0003</b>

Bei dem Vergleich der mittleren Lungenfunktionswerte der übergewichtigen nicht-rauchenden Jungen ( $n = 40$ ) zu dem übrigen Kollektiv der nicht-rauchenden Jungen

(n = 96), ergibt der t-Test ebenfalls signifikant höhere Werte der VCSP und der FVCSP, sowie einen signifikant schlechteren FEV1/FVC Wert für die Gruppe der übergewichtigen nichtrauchenden Jungen (Tabelle 20).

*Tab. 20: Durchschnittliche Sollprozentwerte der Lungenfunktionsdaten:*

*Männliche Probanden; BMI- Perzentilengruppen <85. vgl. ≥85.; Nichtraucher*

M	<85.	≥85	P
	Perzentilenkurve		
RawSP	99.56%	105.79%	0.1708
VCSP	98.18%	105.21%	<b>0.0007</b>
FVCSP	98.18%	105.33%	<b>0.0005</b>
FEV1SP	99.29%	103.15%	0.1091
PEFSP	98.57%	102.67%	0.2317
MEF75SP	99.66%	101.69%	0.6226
MEF50SP	99.94%	102.03%	0.6626
MEF25SP	102.34%	96.54%	0.3574
FEV1/FVC	0.8483	0.8152	<b>0.0167</b>

Im Gegensatz zu dem Gesamtgruppenvergleich zeichnen sich in der Nichtraucheruntergruppe der übergewichtigen männlichen Probanden also keine deutlich schlechteren Werte für RawSP im Vergleich zu den Nichtübergewichtigen ab, jedoch sind auch hier niedrigere Werte für die FEV1/FVC bei besseren Sollprozentwerte der Vitalkapazität (in- oder expiratorisch gemessen) nachweisbar.

Der Vergleich der mittleren Lungenfunktionssollprozentwerte der übergewichtigen rauchenden männlichen Probanden (n= 19) zu den anderen rauchenden Jungen (n= 45) zeigt wiederum signifikant höhere Werte der VCSP und FVCSP für die übergewichtigen, rauchenden Jungen. Ebenso zeigen sich in der Raucher-Untergruppe für die übergewichtigen gegenüber den normalgewichtigen Jungen höhere RawSP Werte und niedrigere Werte für MEF25SP und FEV1/FVC (Tabelle 21).

*Tab. 21: Durchschnittliche Sollprozentwerte der Lungenfunktionsdaten:*

*Männliche Probanden; BMI- Perzentilengruppen <85. vgl. ≥ 85.; Raucher*

M	<85. Perzentilenkurve	≥85	P
RawSP	96.90%	128.60%	<b>0.0048</b>
VCSP	97.36%	104.95%	<b>0.0139</b>
FVCSP	97.11%	105.24%	<b>0.0109</b>
FEV1SP	99.64%	97.87%	0.6466
PEFSP	101.71%	97.59%	0.4471
MEF75SP	101.85%	93.80%	0.1780
MEF50SP	102.55%	89.74%	0.0740
MEF25SP	103.99%	85.35%	<b>0.0391</b>
FEV1/FVC	0.8497	0.7879	<b>0.0059</b>

Wiederum stellen sich also auch bei den Rauchern in der Gruppe der übergewichtigen Jungen gute Ergebnisse für VCSP und FVCSP im Vergleich zu den normalgewichtigen Jungen dar. Dagegen stellen sich bei den Rauchern, wie auch bei dem Gesamtgruppenvergleich von Rauchern und Nichtrauchern, niedrigere Werte für FEV1/FVC und RawSP für die übergewichtigen Jungen im Vergleich zu den normalgewichtigen Jungen dar. Zusätzlich zeichnen sich in diesem Gruppenvergleich signifikant schlechtere Werte für MEF25SP ab. Insgesamt sind hier die Unterschiede der entsprechenden Werte deutlicher ausgeprägt als in dem Gesamtgruppenvergleich: So liegt z.B. bei den rauchenden übergewichtigen Jungen der durchschnittliche Wert für den Atemwegswiderstand sogar um 40 Sollprozentpunktwerte höher als bei den übrigen rauchenden Jungen.

## b) Vergleich der adipösen männlichen Probanden mit den nicht adipösen

Der Vergleich der durchschnittlichen Lungenfunktionswerte der adipösen männlichen Probanden ( $\geq 95.$  BMI-Perzentilenkurve;  $n= 35$ ) zu denen des übrigen männlichen Kollektivs ( $<95.$  BMI-Perzentilenkurve;  $n= 165$ ) ergibt ebenso signifikant höhere Werte für VCSP und FVCSP für die adipösen Jungen (Tabelle 22). Wiederum zeigen sich hier ebenfalls signifikant höhere Werte des RawSP und niedrigere Werte des FEV1/FVC Wertes für die adipösen männlichen Probanden verglichen mit den nicht adipösen männlichen Probanden. Auch in diesem Gruppenvergleich zeigen sich zahlenmäßig deutlich niedrigere MEF25SP Werte für die adipösen Probanden, diese numerischen Unterschiede verfehlen jedoch knapp das Signifikanzniveau.

Tab. 22: Durchschnittliche Sollprozentwerte der Lungenfunktionsdaten:

Männliche Probanden; BMI- Perzentilengruppen  $<95.$  vgl.  $\geq 95.$

M	$<95.$	$\geq 95.$	P
	Perzentilenkurve		
RawSP	99.20%	120.71%	<b>0.0011</b>
VCSP	99.02%	104.89%	<b>0.0048</b>
FVCSP	98.90%	105.41%	<b>0.0017</b>
FEV1SP	100.01%	99.96%	0.9830
PEFSP	100.64%	96.77%	0.2667
MEF75SP	101.18%	94.23%	0.0860
MEF50SP	101.23%	93.82%	0.1205
MEF25SP	101.89%	90.52%	0.0664
FEV1/FVC	0.8448	0.7957	<b>0.0005</b>

Es zeigen sich vergleichbare Ergebnisse wie bei dem Vergleich der BMI-Gruppen des männlichen Patientenkollektivs über und unter der 85. Perzentile: Die Werte für Vitalkapazität (VCSP, FVCSP) sind signifikant höher, die Lungenfunktionswerte für MEF25SP sind deutlich, die Werte für FEV1/FVC und RawSP sind signifikant niedriger bei den adipösen Jungen im Vergleich zu den nicht adipösen Jungen .

Der Vergleich der Lungenfunktionsmittelwerte der adipösen nichtrauchenden Jungen ( $n= 22$ ) zu den restlichen nichtrauchenden Jungen ( $n= 114$ ) ergibt mit dem t-Test signifikant höhere Werte für die Vitalkapazität (VCSP und FVCSP) wie auch signifikant höhere Werte für den Atemwegswiderstand (RawSP) (Tabelle 23).

Tab. 23: Durchschnittliche Sollprozentwerte der Lungenfunktionsdaten:

Männliche Probanden; BMI- Perzentilengruppen <95. vgl. ≥95.; Nichtraucher

M	<95.	≥95.	P
	Perzentilenkurve		
RawSP	99.48%	111.29%	<b>0.0349</b>
VCSP	99.26%	105.36%	<b>0.0188</b>
FVCSP	99.25%	105.65%	<b>0.0123</b>
FEV1SP	99.92%	102.95%	0.3108
PEFSP	100.11%	97.81%	0.5874
MEF75SP	100.96%	96.48%	0.3794
MEF50SP	100.76%	99.44%	0.8244
MEF25SP	100.72%	100.42%	0.9695
FEV1/FVC	0.8439	0.8116	0.0599

Anders als bei dem Vergleich der nur übergewichtigen nichtrauchenden Jungen zu den normalgewichtigen nichtrauchenden Jungen, verfehlt der Unterschied bezüglich des Quotienten für FEV1/FVC der adipösen nichtrauchenden Jungen verglichen mit den nichtadipösen nichtrauchenden Jungen das Signifikanzniveau. Allerdings ergeben sich in diesem Untergruppenvergleich der Nichtraucher, im Gegensatz zu den Ergebnissen bei den nur übergewichtigen nichtrauchenden Jungen, bei den adipösen nichtrauchenden Jungen signifikant höhere Atemwegswiderstände (RawSP) im Vergleich zu den nicht adipösen Nichtrauchern.

Die durchschnittlichen Lungenfunktionsmesswerte der adipösen rauchenden Jungen (n= 13) stellen sich im Vergleich zu den Werten der nichtadipösen rauchenden Jungen (n= 51) mit signifikant höheren Werten für den Atemwegswiderstand (RAWSP), sowie mit signifikant niedrigeren Werten für MEF50SP, MEF25SP und FEV1/FVCSP dar (Tabelle 24).

*Tab. 24: Durchschnittliche Sollprozentwerte der Lungenfunktionsdaten:*

*Männliche Probanden; BMI- Perzentilengruppen <95. vgl. ≥95.; Raucher*

M	<95. Perzentilenkurve	≥95.	P
RawSP	98.58%	136.63%	<b>0.0063</b>
VCSP	98.47%	104.08%	0.1145
FVCSP	98.12%	105.02%	0.0601
FEV1SP	100.24	94.72%	0.2086
PEFSP	101.90%	94.95%	0.2656
MEF75SP	101.72%	90.29%	0.0923
MEF50SP	102.38%	84.00	<b>0.0236</b>
MEF25SP	104.73%	73.19	<b>0.0000</b>
FEV1/FVC	0.8469	0.7678	<b>0.0019</b>

Die Gruppe der rauchenden adipösen Jungen fällt also mit den schlechtesten Lungenfunktionsergebnissen auf. Von allen Paarvergleichsuntersuchungen stellen sich hier die deutlichsten Unterschiede dar. Wie auch bei den übergewichtigen männlichen Rauchern finden wir bei den adipösen Rauchern signifikant höhere Atemwegswiderstände (RawSP) und teilweise niedrigere dynamische Lungenvolumina (FEV1/FVC, MEF25SP) im Vergleich zu den nicht adipösen Rauchern. In diesem Gruppenvergleich haben die schwereren Probanden erstmalig keine höheren Werte für die in- und expiratorischen Vitalkapazitäten (VCSP, FVCSP). Die niedrigeren MEF25SP Werte, sowie niedrigere MEF25SP Werte bei den schwereren Probanden, erreichen in diesem Gruppenvergleich das Signifikanzniveau.

Das ist ein Ergebnis, welches wir in keinem anderen Gruppenvergleich der Jungen finden konnten. Bei den Mädchen stellt sich ein solches Ergebnis in keinem der BMI-Perzentilengruppenvergleiche dar (s.u.)

**c) Vergleich der übergewichtigen weiblichen Probanden mit den nicht übergewichtigen**

Wie bei den Jungen zeigt der Vergleich der übergewichtigen weiblichen Probanden ( $\geq 85$ . Perzentilenkurve; n= 54) zu dem restlichen weiblichen Kollektiv ( $< 85$ . Perzentilenkurve; n= 112) signifikant höhere Werte für VCSP, FVCSP und zusätzlich für FEV1SP bei den übergewichtigen Mädchen verglichen mit den normalgewichtigen Mädchen (Tabelle 25).

Tab. 25: *Durchschnittliche Sollprozentwerte der Lungenfunktionsdaten:*

*Weibliche Probanden; BMI- Perzentilengruppen  $< 85$ . vgl.  $\geq 85$ .*

F	$< 85$ . Perzentilenkurve	$\geq 85$ .	P
RawSP	101.52%	105.47%	0.4284
VCSP	97.22%	105.70%	<b>0.0001</b>
FVCSP	97.43%	105.28%	<b>0.0003</b>
FEV1SP	98.05%	104.24%	<b>0.0133</b>
PEFSP	98.83%	102.46%	0.2376
MEF75SP	99.56%	100.95%	0.6749
MEF50SP	98.56%	103.06%	0.2628
MEF25SP	98.37%	103.51%	0.3196
FEV1/FVC	0.8765	0.8593	0.1389

Im Gegensatz zu den männlichen Probanden im Vergleich derselben Gewichtsgruppen (Tab.19), liegen hier keine signifikanten Unterschiede beim Vergleich der Parameter RawSP und FEV1/FVC zwischen übergewichtigen und normalgewichtigen Mädchen vor.



Auch der Vergleich der nicht rauchenden übergewichtigen Mädchen (n= 39) zu den nicht rauchenden normalgewichtigen Mädchen (n= 71) zeigt signifikant höhere Werte für VCSP, FVCSP und FEV1SP bei den nicht rauchenden Übergewichtigen (Tabelle 26).

Tab. 26: Durchschnittliche Sollprozentwerte der Lungenfunktionsdaten:

Weibliche Probanden; BMI- Perzentilengruppen <85. vgl. ≥85.; Nichtraucherinnen

F	<85. Perzentilenkurve	≥85.	P
RawSP	100.15%	101.58	0.8013
VCSP	97.08%	106.27%	<b>0.0000</b>
FVCSP	97.26%	105.61%	<b>0.0004</b>
FEV1SP	98.41%	105.84%	<b>0.0042</b>
PEFSP	98.52%	103.55%	0.1444
MEF75SP	100.22%	103.47%	0.4085
MEF50SP	99.01%	105.96%	0.1407
MEF25SP	99.60%	108.07%	0.1685
FEV1/FVC	0.8796	0.8722	0.5822

Im Gegensatz zu dem Gruppenvergleich der nicht rauchenden Jungen der gleichen Gewichtsgruppe (Tab.20), finden wir bei den übergewichtigen nicht rauchenden Mädchen keine niedrigeren Werte der auf die Vitalkapazität bezogenen Einsekundenkapazität (FEV1/FVC) im Vergleich zu den normalgewichtigen Nichtraucherinnen.

Der Gruppenvergleich der rauchenden übergewichtigen Mädchen (n= 15) zu den rauchenden normalgewichtigen Mädchen (n= 41) ergibt numerisch höhere VCSP- Werte sowie signifikant niedrigere FEV1/FVC Werte für die übergewichtigen Raucherinnen im Vergleich zu den normalgewichtigen Raucherinnen (Tabelle 27).

*Tab. 27: Durchschnittliche Sollprozentwerte der Lungenfunktionsdaten:*

*Weibliche Probanden; BMI- Perzentilengruppen; <85. vgl. ≥85.; Raucherinnen*

F	<85. Perzentilenkurve	≥85.	P
RawSP	103.86%	115.59%	0.2666
VCSP	97.46%	104.21%	0.1506
FVCSP	97.73%	104.41%	0.1548
FEV1SP	97.42%	99.28%	0.7656
PEFSP	99.39%	99.12%	0.9667
MEF75SP	98.36%	93.18%	0.4170
MEF50SP	97.73%	94.13%	0.6484
MEF25SP	96.14%	89.43%	0.6123
FEV1/FVC	0.8712	0.8198	<b>0.0239</b>

Wie auch bei den rauchenden übergewichtigen Jungen (Tab.21), findet sich bei den übergewichtigen Raucherinnen eine verminderte Einsekundenkapazität bezogen auf die Vitalkapazität im Vergleich zu den normalgewichtigen Raucherinnen. Allerdings zeigen sich im Gegensatz zu den männlichen Probanden keine signifikant erhöhten RawSP-Werte, wie auch keine niedrigeren MEF25SP-Werte bei den übergewichtigen Raucherinnen im Vergleich zu den nichtübergewichtigen Raucherinnen. Im Gegensatz zu den Nichtraucherinnen erreicht der Unterschied des FVCSP-Wertes nicht das Signifikanzniveau bei dem Vergleich der übergewichtigen Raucherinnen zu den nicht übergewichtigen Raucherinnen. Der Gruppenvergleich für den FEV1SP-Wert ergibt keinen deutlichen Unterschied.

#### d) Vergleich der adipösen weiblichen Probanden mit den nicht adipösen

Der Vergleich der adipösen Mädchen (n= 25) zu den übrigen Mädchen (n= 141) ergibt laut t-Test signifikant höhere Werte für RawSP, VCSP, FVCSP und FEV1SP, sowie einen signifikant niedrigeren Wert für den FEV1/FVC Quotienten bei den adipösen Mädchen verglichen mit den nicht adipösen Mädchen (Tabelle 28).

Tab. 28: Durchschnittliche Sollprozentwerte der Lungenfunktionsdaten:

Weibliche Probanden; BMI- Perzentilengruppe < 95. vgl.  $\geq 95$ .

F	<95. Perzentilenkurve	$\geq 95$ .	P
RawSP	99.94%	119.00%	<b>0.0277</b>
VCSP	98.26%	109.70%	<b>0.0007</b>
FVCSP	98.32%	109.37%	<b>0.0011</b>
FEV1SP	98.85%	106.28%	<b>0.0648</b>
PEFSP	99.20%	104.24%	0.3488
MEF75SP	99.59%	102.225	0.6253
MEF50SP	99.415	103.19%	0.4637
MEF25SP	100.195	99.05%	0.8629
FEV1/FVC	0.8763	0.8427	<b>0.0236</b>

Für die adipösen Mädchen im Vergleich zu den nicht adipösen Mädchen stellen sich hier wiederum signifikant höhere Werte für die Vitalkapazität (VCSP, FVCSP) dar, wie auch in der Gruppe der männlichen adipösen Probanden (Tab.22). Ebenfalls zeigen sich –analog zu den Ergebnissen bei den Jungen– signifikant niedrigere Werte für den FEV1/FVC-Wert und wiederum signifikant höhere Werte für den Atemwegs-widerstand bei den adipösen Mädchen verglichen zu den nicht adipösen Mädchen.

Die Werte der nichtrauchenden adipösen Mädchen (n= 22) zeigen im Vergleich zu den Werten der anderen nichtrauchenden Mädchen (n= 88) signifikant höhere Werte für VCSP, FVCSP und FEV1SP, sowie niedrigere Werte für die FEV1/FVC (Tabelle 29).

*Tab. 29: Durchschnittliche Sollprozentwerte der Lungenfunktionsdaten:*

*Weibliche Probanden; BMI- Perzentilengruppe <95. vgl. ≥95.; Nichtraucherinnen*

F	<95. Perzentilenkurve	≥95.	P
RawSP	97.63%	112.81%	0.0606
VCSP	98.00%	109.71%	<b>0.0000</b>
FVCSP	97.96%	109.24%	<b>0.0001</b>
FEV1SP	99.555	106.94%	<b>0.0178</b>
PEFSP	98.99%	105.52%	0.2028
MEF75SP	100.71%	104.01%	0.4818
MEF50SP	100.58%	105.08%	0.4244
MEF25SP	102.92%	101.42%	0.8395
FEV1/FVC	0.8834	0.8513	<b>0.0447</b>

Bis auf den RawSP Wert, für den sich in diesem Gruppenvergleich kein signifikanter Unterschied ergibt, stellen sich für die Gruppe der adipösen Nichtraucherinnen also die gleichen Ergebnisse dar wie für die Gruppe der adipösen Raucherinnen und Nichtraucherinnen gemeinsam.

Bei dem Vergleich der rauchenden adipösen Mädchen (n= 3) zu den rauchenden nichtadipösen Mädchen (n= 53) wurden keine statistischen Berechnungen angestellt, weil die Probandengruppe der adipösen Raucherinnen zu klein war; deshalb im folgenden lediglich eine Gegenüberstellung der Mittelwerte der jeweiligen Lungenfunktionssollprozentwerte (Tabelle 30).

*Tab. 30: Durchschnittliche Sollprozentwerte der Lungenfunktionsdaten:*

*Weibliche Probanden; BMI- Perzentilengruppe <95. vgl. ≥95.; Raucherinnen*

F	<95.	≥95.
	Perzentilenkurve	
RawSP	103.76%	164.40%!
VCSP	98.68%	109.60%!
FVCSP	98.90%	110.36%!
FEV1SP	97.62%	101.65%
PEFSP	99.58%	95.32%
MEF75SP	97.57%	89.64%!
MEF50SP	97.30%	89.96%!
MEF25SP	95.29%	82.435!
FEV1/FVC	0.8640	0.7818!

Die Tendenzen, die sich beim Vergleich der adipösen rauchenden weiblichen Probandinnen zu den nicht-adipösen weiblichen Raucherinnen zeigen, sind wie auch bei den nichtrauchenden adipösen Frauen offenbar höhere Vitalkapazität (VCSP, FVCSP), sowie numerisch höhere Werte für RawSP. Außerdem fallen zahlenmäßig niedrigere Werte vor allem für MEF75SP, MEF50SP, MEF25SP sowie für FEV1/FVC auf.

## 4. Diskussion

Vor der Diskussion der Lungenfunktionsergebnisse, möchte ich kurz auf die Verteilung von übergewichtigen und adipösen Probanden im Gesamtkollektiv eingehen. Bei 29.5% der Jungen lagen die BMI-Werte über bzw. auf der 85. BMI-Perzentile; 17.5% der Jungen lagen mit ihren BMI-Werten über bzw. auf der 95. Perzentile. Bei 32.5% der Mädchen lagen die BMI-Werte über/auf der 85. BMI-Perzentile und bei 15.6% über/auf der 95. Perzentile. Ungefähr ein Drittel der weiblichen und männlichen Probanden sind also übergewichtig und circa ein Sechstel der weiblichen und männlichen Probanden sind adipös. Diese Zahlen zeigen deutlich, dass sich Übergewicht und Fettleibigkeit bei einem sehr großen Anteil der Jugendlichen manifestiert hat.

Die Ergebnisse unserer Untersuchung zeigen, dass die übergewichtigen und adipösen Mädchen und Jungen signifikant höhere Sollprozentwerte für die in- oder expiratorisch gemessene Vitalkapazität (VCSP, FVCSP) aufweisen. Im Gegensatz zu diesen „guten“ Befunden sind die dynamischen Lungenfunktionsparameter (MEF25SP und FEV1/FVC) bei den übergewichtigen Jungen zahlenmäßig niedriger, das Signifikanzniveau erreichen allerdings nur die FEV1/FVC Werte. Dieser Effekt ist bei den adipösen Jungen noch ausgeprägter (hier zeigen sich zusätzlich MEF75SP, MEF50SP und PEFSP zahlenmäßig vermindert). Der RawSP ist in beiden Geschlechtsgruppen zahlenmäßig bei den übergewichtigen und adipösen Probanden jeweils im Vergleich zu den nicht übergewichtigen und nicht adipösen Probanden signifikant erhöht. Signifikant höhere RawSP Werte finden wir in der Gruppe der adipösen Probanden beider Geschlechter im Vergleich zu den nicht Adipösen.

Ganz anders als bei den Jungen stellen sich bei den übergewichtigen und adipösen Mädchen zahlenmäßig höhere Werte der dynamischen Lungenfunktionsparameter (PEFSP, MEF75SP, MEF50SP, FEV1SP), signifikant für FEV1SP dar. Bei den Mädchen zeigt sich im Gegensatz zu den Jungen keine klare Assoziation zwischen erhöhter Körpermasse und ungünstigeren dynamischen Lungenfunktionswerten.

Bei den männlichen Probanden können wir also eine positive Assoziation von Übergewicht zu Werten von erhöhtem Atemwegswiderstand und niedrigeren Flussraten, wie sie in ausgeprägterer Form eine obstruktivere Ventilationsstörung kennzeichnen würden, nachweisen. Bei den weiblichen Probanden können wir eine so deutliche Assoziation nicht feststellen; im Gegenteil sogar werden bei den übergewichtigen als auch bei den adipösen Mädchen z.T. zahlenmäßig bessere dynamische

Lungenfunktionswerte als bei den nicht übergewichtigen und nicht adipösen Mädchen erhoben.

Verschiedene Studien untersuchten bereits die Frage, ob es einen Zusammenhang zwischen erhöhtem Körpergewicht und Atemwegssymptomen bei Kindern gibt. Dabei möchte ich zunächst auf die Studie von Somerville et al [21] eingehen, welche dem Zusammenhang zwischen Übergewichtigkeit und Atemwegssymptomen (hier Bronchitis- und „Erkältungs“-prävalenz) nachgeht. Es wurden 7800 Kinder im Alter von fünf bis acht Jahren in Großbritannien untersucht. Die Studie ergab eine signifikant positive Assoziation von Übergewichtigkeit (gemessen als auf die Größe bezogenes Gewicht) bzw. Adipositas (gemessen anhand der Trizeps-Hautfalte) und dem Auftreten von Bronchitis und „Erkältung“. Die Studie bestätigte die Ergebnisse zweier vorheriger Studien, welche zeigten, dass übergewichtige Kleinkinder signifikant öfter an respiratorischen Infekten leiden [12,22]. In einer russischen Studie wurde für extrem übergewichtige Kleinkinder unter einem Jahr, die sich in stationärer Behandlung wegen respiratorischer Erkrankungen befanden, ermittelt, dass diese im Gegensatz zu normalgewichtigen gleichaltrigen Kindern im Laufe der Erkrankung öfter bronchospasmolytische Behandlung benötigten [15].

Während die oben dargestellten Studien [15,22] eine Assoziation von hoher Körpermasse zu Atemwegsaffektionen aufzeigten, untersuchten andere Studien den Zusammenhang zwischen erhöhtem Körpergewicht und dem Auftreten von Asthma bei Kindern: Gennuso et al [8] untersuchten 171 Probanden im Alter von 4 bis 14 Jahren, von denen 85 an Asthma litten. Resultat war, dass signifikant mehr Asthmatiker adipös waren ( $\geq 95$ . BMI Perzentile) als Untersuchungsteilnehmer, welche nicht an Asthma litten. Dieser signifikante Unterschied galt für beide Geschlechter. Eine Relation der Übergewichtigkeit zum Schweregrad der Erkrankung konnte nicht nachgewiesen werden. In einer großen britischen Querschnittsstudie untersuchten Figueroa-Muñoz et al [6] 14908 vier- bis elfjährige Kinder auf Übergewichtigkeit und Asthmasymptome. Diese Studie ergab, dass Asthma bronchiale signifikant mit Übergewicht, definiert durch den BMI, assoziiert war. Die Assoziation war stärker ausgeprägt bei Mädchen. Auch die Studie von Von Kries et al [14] wies in einem ähnlichen Studienansatz eine höhere Asthmaprävalenz bei Mädchen mit hohem Körpergewicht als bei normalgewichtigen Mädchen nach, während bei Jungen ein solcher Effekt nicht zu beobachten war. Luder et al [18] untersuchten in einem umgekehrt ausgerichteten Studienansatz Probanden mit Asthma bronchiale im Alter von 2 bis 18 Jahren (n=209)

im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe im Alter von 6 bis 13 Jahren (n=1017) auf Übergewichtigkeit. Hier zeichnete sich ein signifikant häufigeres Auftreten von Übergewichtigkeit (>85. Perzentilenkurve BMI) bei den Kindern mit mäßigem bis schwerem Asthma ab als in deren Kontrollgruppe; umgekehrt war Übergewicht mit signifikant mehr Asthmasymptomatik assoziiert. An dieser Stelle stellt sich natürlich die Frage der Kausalität: Welche der beiden Erscheinungen (Asthmasymptome – Übergewicht) bedingt die jeweils andere, werden Atemwegssymptome durch erhöhte Körpermasse begünstigt, oder belasten sich Personen, welche zu Asthmasymptomen neigen, körperlich weniger und nehmen dadurch an Körpermasse zu? Muß überhaupt von einem ursächlichen Zusammenhang ausgegangen werden, oder handelt es sich nur um eine Koinzidenz? Mit den Ergebnissen der Studie von Luder et al [18], wie auch mit den Ergebnissen der anderen zitierten Studien [6,8] lässt sich diese Frage nicht beantworten. Die Studien von Gennuso et al [8] und Luder et al [18] beschreiben in ihren Resultaten keine geschlechtsspezifischen Differenzen. Figueroa- Muñoz et al [6] und Von Kries et al [14] fanden dagegen sogar eine stärkere Assoziation von Übergewicht und der Prävalenz von Asthma bei Mädchen. Dies steht im Gegensatz zu den in der hier nun vorliegenden Untersuchung erhobenen Daten. Möglicherweise lassen sich die unterschiedlichen Ergebnisse mit der Alterszusammensetzung der Probandenkollektive erklären. Wir bezogen uns gezielt auf Jugendliche im Pubertätsalter, bei denen physiologische geschlechtsspezifische Differenzen bereits zu erwarten sind. Hingegen schließen die beschriebenen Studien Klein- und Grundschulkindern mit ein (Figueroa-Muñoz et al [6], Gennuso et al [8], Luder et al [18]), bzw. beziehen sich nur auf präpubertäre Kinder (Somerville et al [21], Von Kries et al [14]).

Wodurch könnten sich also die in der hier vorliegenden Studie geschlechtsspezifischen Ergebnisse von ungünstigeren Lungenfunktionswerten insbesondere für den höheren Atemwegswiderstand und die höhere Einsekundenkapazität (FEV1/FVC) gerade bei übergewichtigen männlichen Jugendlichen erklären lassen? Auch andere Daten weisen darauf hin, dass das gesundheitliche Risiko, welches mit einem hohem BMI vergesellschaftet ist, offenbar differenziert interpretiert werden muß: Epidemiologische Studien haben gezeigt, dass es geschlechtsspezifisch unterschiedliche gesundheitliche Risiken gibt, und es wird ein Zusammenhang mit dem geschlechtsspezifischen Fettverteilungsmustern postuliert (siehe Einleitung bei[9]). Man unterscheidet das weibliche (gluteofemoral betonte) und männliche (Stamm- und abdominoviszeral



betonte) Fettverteilungsmuster. Mit Hilfe anthropometrischer Messungen, wie z.B. Dickemessung verschiedener Hautfalten, und der Berechnung des Verhältnisses von Bauch- zu Hüftumfang, können die verschiedenen Fettverteilungsformen voneinander abgegrenzt werden [9]. Mit dem weiblichen Fettverteilungstyp wurden statistisch nur geringere gesundheitliche Risiken (mit Ausnahme von belastungsabhängigen Gelenkerkrankungen) assoziiert, jedoch konnten für die männlichen Fettverteilungsform Assoziationen mit Diabetes mellitus Typ II, Dyslipoproteinämie, Hyperurikämie und Hypertonie nachgewiesen werden [9]. Die geschlechtsspezifischen Fettverteilungsmuster beginnen sich während der Pubertät auszuprägen. Verantwortlich gemacht dafür werden unterschiedliche Effekte der Geschlechtshormone auf das Fettgewebe. Die Tendenz zur zentralen Fettansammlung wird bei adoleszenten Männern unabhängig von der Gesamtfettmenge, bei adoleszenten Frauen hingegen erst bei stark erhöhter Fettmasse ersichtlich [5]. Eindeutige kausale Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Fettgewebsansammlungen und gesundheitlichen Risiken wurden bis jetzt lediglich für Herz-Kreislaufkrankungen nachgewiesen [11,13].

Welchen Einfluß aber könnte das Fettverteilungsmuster auf die Lungenfunktion haben? Möglicherweise könnte sich bei Jungen mit abdomino-viszeraler Fettverteilung das Fett auch in die Bauch- und Thoraxorgane einlagern und dadurch eine bronchiale Strömungsbeeinträchtigung verursachen, während dies bei den Mädchen aufgrund der anderen Fettverteilung nicht der Fall ist.

Frühere Studien beschäftigten sich bereits mit geschlechtsspezifischen Assoziationen zwischen hohem Körpergewicht und der Lungenfunktion [2,4,7,16]. Ich möchte zunächst auf die Studie von Carey et al [2] eingehen, die in einer in Großbritannien durchgeführten Longitudinaluntersuchung bei 3391 erwachsenen Patienten zwischen 18 und 73 Jahren im Abstand von sieben Jahren den Effekt von Veränderungen des Körpergewichtes auf die Lungenfunktion untersuchten. Ihre Resultate zeigten, dass Gewichtsveränderungen mit Veränderungen des FEV1-Wertes assoziiert waren (der FEV1-Wert wurde mit Hilfe einer Sollwertformel für die jeweilige Größe und das Alter adjustiert): Hier führte eine Gewichtszunahme zwischen den Untersuchungen zu einer deutlichen Abnahme der FEV1 (im Bezug auf Sollprozentwerte). Diese Effekte waren wesentlich stärker bei Männern als bei Frauen ausgeprägt. Obwohl hier der Untersuchungsschwerpunkt auf die Auswirkungen von Gewichtsveränderung gerichtet war, lässt sich auch hier wieder die Hypothese ableiten, dass der unterschiedliche Fettverteilungstyp eine ursächliche Rolle beim Zustandekommen der beobachteten

Effekte spielt. Desweiteren möchte ich die Studie von Fung et al [7] zur Diskussion heranziehen. Diese Studie untersuchte die Lungenfunktionswerte von 1586 gesunden chinesischen Schulkindern im Alter von 5 bis 20 Jahren in Hongkong. Es handelte sich um eine Querschnittsstudie, bei der –wie bei uns – die BMI-Werte als unabhängige und die Lungenfunktionswerte als abhängige Variable betrachtet wurden. Fung et al definierten übergewichtige Probanden als diejenigen, deren BMI Werte über der 90. Perzentile liegen. Die Ergebnisse zeigten einen positiven Effekt des BMI –unabhängig seiner Höhe - bei den Mädchen, d.h. sowohl bei den normalgewichtigen als auch bei den übergewichtigen Teilnehmerinnen konnte eine positive Korrelation ermittelt werden (diese positive Korrelation wurde für die VC-, FVC-, FEV1- und PEF-Werte ermittelt). Bei den Jungen zeigt sich ein positiver Effekt des BMI lediglich bei den normalgewichtigen Jungen, d.h. auch hier konnte eine positive Korrelation zwischen BMI und VC-, FVC-, FEV1- und PEF-Werten ermittelt werden. Allerdings konnte eine solche Assoziation bei den übergewichtigen Jungen nicht festgestellt werden, hier zeichneten sich im Vergleich zu den normalgewichtigen Jungen verminderte FVC- und FEV1-Werte ab. Das Studienkonzept ist unserem sehr ähnlich, abgesehen davon, dass wir die Jugendlichen im präpubertären Alter, bei denen noch keine deutlichen geschlechtsspezifischen Differenzen im Körperbau zu erwarten wären, nicht mit eingeschlossen haben. Die positive Korrelation des BMI mit der Vitalkapazität in den Gruppen aller normalgewichtigen Studienteilnehmer, die Fung et al feststellten, ist möglicherweise durch eine zunehmende Stärke der Atemmuskulatur bedingt, da, wie bereits erwähnt, der BMI gerade im Bereich des Normalgewichtes keine Differenzierung zwischen Muskel, Knochen oder Fettgewebe machen kann. Zur Erklärung der schlechteren Lungenfunktionsparameter (FVC, FEV1) bei den übergewichtigen im Vergleich zu den normalgewichtigen Jungen diskutieren Fung und Mitarbeiter, dass eine Zunahme des „Air trapping“<sup>1</sup> in den abhängigen Anteilen der Lunge aufgrund einer vermehrten abdominellen Fettansammlung vorliegen könnte[7]. Während Fung et al, wie wir auch, bei Jungen eine Assoziation von Übergewicht teilweise mit niedrigeren dynamischen Lungenfunktionsmesswerten –wie sie auch beim Asthma charakteristisch wäre- nachweist, sehen andere Gruppen, dass überdurchschnittlich häufig Übergewicht bei Frauen mit manifestem Asthma assoziiert

---

<sup>1</sup> Kompression der kleinen Atemwege (Bronchialkollaps), infolge expiratorisch zu starker Erhöhung des intrathorakalen Drucks; distal der komprimierten Alveolen bleibt „gefesselte“ Luft in den Alveolen.

ist: Camargo et al [1] untersuchten Frauen im Alter von 26 bis 46 Jahren, die an ärztlich diagnostiziertem Asthma litten. Korrelationen zu verschiedenen möglichen Faktoren (Alter, ethnische Zugehörigkeit, Rauchen, körperliche Aktivität, Energiehaushalt und der BMI bzw. die Gewichtszunahme nach dem 18. Lebensjahr) wurden untersucht. Die Resultate zeigten eine deutlich positive Assoziation der BMI-Werte zum Risiko von Asthma im Erwachsenenalter. Shaheen et al [20], die in einer Kohortenstudie 26-jährige Probanden beider Geschlechter untersuchten, wiesen ebenfalls eine Korrelation zwischen Adipositas und Asthma nach, und diese Korrelation zeichnete sich wieder stärker bei den weiblichen Studienteilnehmerinnen ab. Diese Ergebnisse zeigen also eine mit hohem Körpergewicht assoziierte höhere Prävalenz von Asthma bei Frauen, während die Ergebnisse unserer Analyse eine Assoziation von Übergewicht und ungünstigeren dynamischen Lungenfunktionswerten bei Jungen zeigt. Eingehen möchte ich in diesem Zusammenhang noch auf die Studie von Castro et al [3], welche in einer Longitudinalstudie (Teil einer Geburtskohortenstudie) vor allem den Einfluß der Körpergewichtsveränderung auf die Auftretenswahrscheinlichkeit von Asthma untersucht. Es konnte eine deutliche positive Assoziation bei den übergewichtigen Mädchen festgestellt werden. Jedoch wird hier nicht von einer direkten Beeinflussung durch die Körpermasse ausgegangen, da dieser Effekt sich nur bei Mädchen erwies, es wurden vielmehr endokrinologische Ursachen, bedingt durch das Übergewicht, diskutiert. Der Widerspruch, in Anbetracht der zu unserer Untersuchung gegensätzlichen Ergebnisse der zuvor zitierten Studien, ist nur ein scheinbarer, da unser Fokus nicht in dem Nachweis von eindeutigen krankheitsspezifischen Pathologika (wie z.B. Asthma, welches eine komplexe, über Lungenfunktionsveränderung hinausgehende Pathologie hat) lag, sondern vielmehr im Aufdecken subtilerer reiner Lungenfunktionsveränderungen. Ergänzend möchte ich hier anmerken, dass sich zehn Asthmatiker in unserem Untersuchungskollektiv befanden. Da nur einer der Asthmatiker übergewichtig war, gehen wir von keinem nennenswerten Einfluß auf die Untersuchungsergebnisse der übergewichtigen und adipösen Probanden aus. Ein unmittelbarer Vergleich mit den Studien, welche eine Assoziation von Übergewichtigkeit und Asthma untersuchen, kann hier also nicht gemacht werden, da dem Asthma, welches zwar auch durch eine obstruktive Lungenfunktionseinschränkung gekennzeichnet ist, zusätzlich eine ganze Reihe komplexer pathophysiologischer Mechanismen zugrundeliegen: Laut dem „Internationalen Konsensus Report zur Diagnose und Therapie des Asthmas“ ist

Asthma bronchiale definiert als chronisch entzündliche Erkrankung der Atemwege charakterisiert durch bronchiale Hyperreaktivität, die zu anfallsweiser Atemnot infolge reversibler Atemwegsobstruktion führt [10]. Wir konnten lediglich ein Zusammentreffen zwischen Übergewichtigkeit und vergleichsweise „obstruktiven“ Lungenfunktionseinschränkungen bei den männlichen Probanden nachweisen, wobei dies ein Aspekt ist, der gleichzeitig ein Leitsymptom des Asthma bronchiale sein kann, die Erkrankung jedoch keineswegs ausreichend charakterisiert.

Zusammenfassend bleiben nach Ansicht der Resultate der vorliegenden Untersuchung noch folgende Fragen: Ist bei unseren übergewichtigen Studienteilnehmern ein direkter Zusammenhang zwischen Übergewicht und Lungenfunktionswerten anzunehmen, oder spielen Kofaktoren eine Rolle? Verursacht die vermehrte Körpermasse die Veränderungen der Lungenfunktion oder bedingen von vornherein schlechtere dynamische Lungenfunktionswerte ein höheres Körpergewicht, z.B. durch verminderte körperliche Aktivitätsbereitschaft und/oder Leistungsfähigkeit? Gibt es bei einer positiven Korrelation zwischen Übergewicht und schlechteren dynamischen Lungenfunktionswerten überhaupt eine ursächliche Beziehung, oder handelt es sich um zufällig parallel auftretende epidemiologische Symptome deren Häufigkeit sich in die gleiche Richtung entwickeln?

Was die Kausalität angeht, gehen wir angesichts der vorliegenden Ergebnisse nicht davon aus, dass Übergewichtigkeit durch schlechtere dynamische Lungenfunktionswerte verursacht wird, da wir eine deutliche Assoziation dieser beiden Charakteristika nur bei Jungen fanden, die übergewichtigen und adipösen Mädchen jedoch keineswegs niedrigere Flussraten zeigten. Da wir aber bei den Jungen eine deutliche Assoziation zwischen Übergewicht und teilweise schlechteren Lungenfunktionswerten (RawSP, FEV1/FVC) nachweisen konnten, die sich bei noch höherem Körpergewicht (Adiposität) noch deutlicher zeigte, soll hier die Hypothese zur Diskussion gestellt werden, dass eine ursächliche geschlechtsspezifische Beziehung zwischen hohem Körpergewicht und den entsprechenden Effekten auf die Lungenfunktion besteht: Im Gegensatz zu dem weiblichen Fettverteilungsmuster (gluteofemoral) ist es in der Tat denkbar, dass es bei dem männlichen Fettverteilungsmuster (stammbetont bzw. abdominoviszeral) auch zu einer Fetteinlagerung im Gewebe der Atemwege kommt, wodurch ein höherer Atemwegswiderstand und niedrigere Flusswerte verursacht werden.

Einzugehen ist noch auf den Effekt des Zigarettenkonsums. In der vorliegenden Studie zeigen die rauchenden Probanden in den Gruppen der übergewichtigen und adipösen Studienteilnehmer beider Geschlechter zahlenmäßig schlechtere Lungenfunktionswerte bezüglich des Atemwegswiderstandes und der Flußwerte als die nichtrauchenden Teilnehmer. Das Rauchen als Probandencharakteristikum war mit einer noch deutlicheren Ausprägung der Ergebnisse bei den Jungen vergesellschaftet: In der Gruppe der übergewichtigen Jungen, welche als Gesamtgruppe niedrigere Werte der Einsekundenkapazität bezogen auf die Vitalkapazität (FEV1/FVC) sowie einen höheren RawSP-Wert im Vergleich zum restlichen Kollektiv aufwies, hatten die Raucher die schlechtesten Werte. Die adipösen Raucher fallen zusätzlich mit signifikant schlechteren Flußraten für MEF50SP und MEF25SP im Vergleich zu den nicht adipösen Rauchern auf. In der Gruppe der übergewichtigen und adipösen Mädchen, die sich im Vergleich zum übrigen weiblichen Kollektiv nicht mit schlechteren dynamischen Lungenfunktionswerten darstellten, hatten die Raucherinnen dann doch tendentiell schlechtere MEF75SP-, MEF50SP-, FEV1/FVC-Werte, sowie höhere RawSP-Werte, wobei die Gruppenunterschiede bezüglich dieser Werte nicht das Signifikanzniveau erreichten, bzw. war bei den adipösen Raucherinnen die Gruppengröße so klein, dass keine statistischen Berechnungen angestellt wurden. Zusammenfassend weisen die Ergebnisse unserer Studie auf geschlechtsspezifische Assoziationen von Übergewicht/Adipositas und höherem Atemwegswiderstand sowie teilweise niedrigeren Flussraten (wie sie in ausgeprägterer Form obstruktive Ventilationsstörungen kennzeichnen würden) vermehrt bei männlichen Adoleszenten hin. Dieser Effekt ist bei Rauchern noch verstärkt.

Im folgenden sind die wichtigsten Ergebnisse der Studie dargestellt:

- Übergewichtige und adipöse Jungen und Mädchen haben eine höhere Vitalkapazität als normalgewichtige Jungen und Mädchen. Dieses Ergebnis könnte dadurch erklärt werden, dass hohe BMI-Werte evtl. mit einem kräftigeren Körperbau einhergehen. Demnach könnte größere Körpermasse auch mit einem höherem thorakalen Volumen und eventuell auch mit kräftigerer Muskulatur vergesellschaftet sein.
- Übergewichtige und adipöse Jungen zeigen im Vergleich zu erhöhten Normalgewichtigen tendentiell schlechtere dynamischen Lungenfunktionswerte bei Atemwegswiderständen, eine Konstellation, welche in stärkerer Ausprägung obstruktive Ventilationsstörung kennzeichnen würden. Dieses Ergebnis war

besonders bei den rauchenden Jungen ausgeprägt. Bei übergewichtigen/adipösen Mädchen fand sich diese Assoziation nicht.

Für die unterschiedlichen Ergebnisse bei männlichen und weiblichen Adoleszenten sind möglicherweise unterschiedliche Effekte des geschlechtsspezifischen Fettverteilungsmusters verantwortlich zu machen.

## 5. Zusammenfassung

In einem Kollektiv von 366 Jugendlichen im Alter von 13 bis 18 Jahren wurden die übergewichtigen bzw. die adipösen Jugendlichen geschlechtsgetrennt mit den jeweils nicht adipösen und nicht übergewichtigen Jugendlichen bezüglich verschiedener Lungenfunktionsmessgrößen verglichen. Zur Identifizierung der übergewichtigen und adipösen Jugendlichen wurden geschlechts- und altersspezifische BMI-Perzentilenkurven [9] herangezogen. Als übergewichtig galten die Jugendlichen, deren BMI-Wert über oder auf der 85. Perzentilenkurve lag, als adipös diejenigen, deren BMI-Wert über oder auf der 95. Perzentilenkurve lag. Die untersuchten Lungenfunktionsmeßgrößen umfassten die per Bodyplethysmographie oder Pneumotachographie gemessenen statischen und dynamischen Lungenfunktionsparameter VCin, FVC, FEV1, PEF, MEF75, MEF50, MEF25, sowie die Parameter Raw, SRaw und ITGV. Die genannten Lungenfunktionswerte und die anthropometrischen Daten der Jugendlichen wurden im Rahmen epidemiologischer Untersuchungen an Hauptschulen verschiedener Städte in Nordrhein-Westfalen im Jahre 1997 erhoben. Es wurden die Mittelwerte der Lungenfunktionsmesswerte, die unter Verwendung kollektivinterner Sollwertfunktionen alters- und körpergrößenadjustiert wurden, abhängig vom BMI ( $\geq 85.$  vgl.  $< 85.$  Perzentilenkurve;  $\geq 95.$  vgl.  $< 95.$  Perzentilenkurve) geschlechtsspezifisch miteinander verglichen. Die Testung auf Signifikanz der Gruppenunterschiede bezüglich der Lungenfunktionswerte wurde mittels des Student-t-Tests durchgeführt. Die Lungenfunktionswerte der übergewichtigen Mädchen erweisen sich im Vergleich zu den anderen Mädchen unerwarteterweise sogar als teilweise besser (FVC, FEV1, VC signifikant, andere tendentiell), die der adipösen Mädchen unterscheiden sich nicht deutlich von denen der übrigen Mädchen. Die Lungenfunktionswerte der übergewichtigen Jungen unterscheiden sich deutlich durch eine höhere Vitalkapazität (VC und FVC signifikant höher) einerseits und durch erhöhte Atemwegswiderstände (Raw) und einen niedrigeren FEV1/FVC-Wert andererseits, beim Vergleich mit den normalgewichtigen Jungen. Bei den adipösen Jungen zeichnen sich diese Ergebnisse noch deutlicher ab. Diese Vergleiche wurden auch getrennt für Raucher und Nichtraucher erstellt. Die „dicken“ Raucher zeigen bezüglich der Atemwegswiderstände und der Flusswerte (FEV1/FVC, MEF25SP signifikant, die anderen tendentiell) durchweg schlechtere Werte im Vergleich zu den normalgewichtigen Rauchern. Es ließen sich also deutlich geschlechtsspezifisch unterschiedliche Ergebnisse ermitteln. Der VC-Wert nimmt bei Jungen und Mädchen gleichermaßen mit hohen BMI- Werten zu; bezüglich der dynamischen Lungenfunktionsparameter haben die übergewichtigen Mädchen unerwarteterweise tendentiell sogar bessere Ergebnisse als die normalgewichtigen Mädchen. Im Gegensatz dazu weisen die Lungenfunktionswerte der übergewichtigen

Jungen auf subtile Ventilationsstörungen hin, auch wenn die aufgezeigten Unterschiede bei den untersuchten Probanden in klinisch nicht krankheitsrelevanter Ausprägung vorliegen.

Die geschlechtsdifferenten Ergebnisse lassen sich möglicherweise durch die unterschiedliche geschlechtsspezifische Fettverteilung interpretieren, die beim männlichen stammbetonten Fettverteilungstyp auch zu einer Fetteinlagerung ins Lungengewebe führen kann, welche sich in einem erhöhten Atemwegswiderstand und reduzierten Flussraten, primär der kleinen Atemwege, manifestieren könnte.



## **6.Literaturverzeichnis**

1. Camargo CA, Weiss ST, Zhang S, Willett WC, Speizer FE:  
Prospective study of body mass index, weight change, and risk of  
adult- onset asthma in women  
Arch Intern Med 1999; 159: 2582- 2588
  
2. Carey M, Cook DG, Strachan DP:  
The effects of adiposity and weight change on forced expiratory volume  
decline in a longitudinal study of adults  
Int J Obes 1999; 23: 979- 985
  
3. Castro- Rodríguez JA, Holberg CJ, Morgan WJ, Wright AL, Martinez FD:  
Increased incidence of asthmalike symptoms in girls become overweight or obese  
during the school years  
Am J Crit Care Med 2001; 163: 1344- 1349
  
4. Collins LC, Hoberty PD, Walker JF, Fletcher EC, Peiris AN:  
The effect of body fat distribution on pulmonary function tests  
Chest 1995; 107: 1298- 1302
  
5. Cowell CT, Briody J, Lloyd-Jones S, Smith C, Moore B, Howman-Giles R:  
Fat distribution in children and adolescents - the influence of sex and hormones  
Horm Res 1997; 48: 93-100
  
6. Figueroa-Muñoz JI, Chinn S, Rona RJ  
Association between obesity and asthma in 4-11 year old children in the UK  
Thorax 2001; 56: 133-137
  
7. Fung KP, Lau SP, Chow OKW, Lee J, Wong TW:  
Effects of overweight on lung function  
Arch Dis Child 1990; 65: 512-515

8. Gennuso J, Epstein LH, Paluch RA, Cerny F:  
The relationship between asthma and obesity in urban minority children and adolescents  
Arch Pediatr Adolesc Med 1998; 152: 1197- 1200
  
9. Hebebrand J, Hesecker H, Himmelmann W, Schäfer H, Remschmidt H:  
Altersperzentilen für den Body-Mass-Index aus Daten der nationalen Verzehrstudie einschließlich einer Übersicht zu relevanten Einflussfaktoren  
Akt. Ernährung-Med. 1994; 19: 259-265
  
10. Herold G und Mitarbeiter:  
Innere Medizin 2002  
Kapitel 3, 294
  
11. Hubert HB, Feinleib N, McNamara PO, Castelli WO  
Obesity as an independent risk factor for cardiovascular disease: a 26-year follow-up of participants in the Framingham heart study  
Circulation 1983; 67: 968-977
  
12. Hutchinson-Smith B:  
The relationship between the weight of an infant and lower respiratory infection  
Medical Officer 1970; 123: 257-262
  
13. Kannel WB, Mc Gee D, Gordon T  
A general cardiovascular risk profile: The Framingham study  
Am J Cardiol 1976; 38: 46-51
  
14. Von Kries R, Hermann M, Grunert VP, Von Mutius E:  
Is obesity a risk factor for childhood asthma?  
Allergy 2001; 56: 318-322

15. Lazarev SG, Baranova EF:  
Clinical features of the course of pneumonia in children of the first year of life  
with excessive weight  
Pediatriia 1979; 4: 15-17
  
16. Lazarus R, Sparrow D, Weiss ST:  
Effects of obesity and fat distribution on ventilatory function  
Chest 1997; 111: 891- 898
  
17. Lindemann H, Leupold W:  
Lungenfunktionsdiagnostik bei Kindern  
2003; 2.Auflage
  
18. Luder E, Melnik TA, DiMaio M:  
Association of being overweight with greater asthma symptoms in inner city black  
and Hispanic children  
J Pediatr 1998; 132: 699-703
  
19. Niggemann B:  
Lungenfunktionsdiagnostik in der Praxis  
Monatsschrift Kinderheilkunde 1992; 140: 45-57
  
20. Shaheen SO, Sterne JAC, Montgomery SM, Azima H:  
Birth weight, body mass index and asthma in young adults  
Thorax 1999; 54: 396-402
  
21. Somerville SM, Rona RJ, Chinn S:  
Obesity and respiratory symptoms in primary school  
Arch Dis Child; 1984; 59: 940-944

22. Tracey VV, De NC, Harper JR:

Obesity and respiratory infection in infants and young children

Br Med J 1971; i: 16-18

23. Troiano RP, Flegal KM, Kuczmarski RJ, Campbell SM, Johnson CL:

Overweight prevalence and trends for children and adolescents

Arch Pediatr Adolesc Med 1995; 149: 1885-1991

24. Ulmer WT:

Die obstruktive Erkrankung der Atemwege

Deutsche Medizinische Wochenschrift 1965; 90: 1803- 1308

25. Wilson MM:

The association of asthma and obesity

Arch Intern Med 1999; 159: 2513- 2514

## **7. Tabellen- und Abbildungsverzeichnis**

### *Tabellen:*

Tabelle 1:	Ortsverteilung der Probanden	S. 7
Tabelle 2:	Geschlechterverteilung der Probanden	S. 7
Tabelle 3:	Asthmatikeranteil am Gesamtkollektiv	S. 8
Tabelle 4:	Anteil von Sensibilisierten auf inhall. Allergene	S. 8
Tabelle 5:	Deskription anthropometrischer Daten des Gesamtkollektivs	S. 8
Tabelle 6:	Verteilung von Rauchern und Nichtrauchern im Gesamtkollektiv	S. 8
Tabelle 7:	Deskriptionsanalyse anthropometrischer Daten -Jungen-	S. 9
Tabelle 8:	Verteilung von Rauchern und Nichtrauchern -Jungen-	S. 9
Tabelle 9:	Deskriptionsanalyse anthropometrischer Daten -Mädchen-	S. 9
Tabelle 10:	Verteilung von Rauchern und Nichtrauchern -Mädchen-	S. 9
Tabelle 11:	Lungenfunktionsparameter, die in die Analyse einbezogen wurden	S. 17
Tabelle 12:	BMI- Perzentilengruppenverteilung -Gesamtkollektiv-	S. 22
Tabelle 13:	BMI- Perzentilengruppenverteilung -Jungen-	S. 22
Tabelle 14:	Deskriptionsanalyse der gemessenen Lungenfunktionswerte –Jungen-	S. 23
Tabelle 15:	Deskriptionsanalyse der Lungenfunktions- sollprozentwerte –Jungen-	S. 23
Tabelle 16:	BMI-Perzentilengruppenverteilung -Mädchen-	S. 23
Tabelle 17:	Deskriptionsanalyse der gemessenen Lungenfunktionswerte –Mädchen-	S. 24

Tabelle 18:	Deskriptionsanalyse der Lungenfunktions- sollprozentwerte –Mädchen-	S. 24
Tabelle 19:	Durchschnittliche Sollprozentwerte der Lungenfunktionsdaten: Männliche Probanden; BMI- Perzentilengruppen <85. vgl. $\geq$ 85.	S. 25
Tabelle 20:	Durchschnittliche Sollprozentwerte der Lungenfunktionsdaten: Männliche Probanden; BMI- Perzentilengruppen <85. vgl. $\geq$ 85.; Nichtraucher	S. 26
Tabelle 21:	Durchschnittliche Sollprozentwerte der Lungenfunktionsdaten: Männliche Probanden; BMI- Perzentilengruppen <85. vgl. $\geq$ 85.; Raucher	S. 27
Tabelle 22:	Durchschnittliche Sollprozentwerte der Lungenfunktionsdaten: Männliche Probanden; BMI- Perzentilengruppen <95. vgl. $\geq$ 95.	S. 28
Tabelle 23:	Durchschnittliche Sollprozentwerte der Lungenfunktionsdaten: Männliche Probanden; BMI- Perzentilengruppen <95. vgl. $\geq$ 95.; Nichtraucher	S. 29
Tabelle 24:	Durchschnittliche Sollprozentwerte der Lungenfunktionsdaten: Männliche Probanden; BMI- Perzentilengruppen <95. vgl. $\geq$ 95.; Raucher	S. 30
Tabelle 25:	Durchschnittliche Sollprozentwerte der Lungenfunktionsdaten: Weibliche Probanden; BMI- Perzentilengruppen <85. vgl. $\geq$ 85.	S. 31
Tabelle 26:	Durchschnittliche Sollprozentwerte der Lungenfunktionsdaten: Weibliche Probanden; BMI- Perzentilengruppen <85. vgl. $\geq$ 85.; Nichtraucherinnen	S. 32
Tabelle 27:	Durchschnittliche Sollprozentwerte der Lungenfunktionsdaten: Weibliche Probanden; BMI- Perzentilengruppen <85. vgl. $\geq$ 85.; Raucherinnen	S. 33
Tabelle 28:	Durchschnittliche Sollprozentwerte der Lungenfunktionsdaten: Weibliche Probanden; BMI- Perzentilengruppen <95. vgl. $\geq$ 95.	S. 34

Tabelle 29:	Durchschnittliche Sollprozentwerte der Lungenfunktionsdaten: Weibliche Probanden; BMI- Perzentilengruppen <95. vgl. $\geq 95.$ ; Nichtraucherinnen	S. 35
Tabelle 30:	Durchschnittliche Sollprozentwerte der Lungenfunktionsdaten: Weibliche Probanden; BMI- Perzentilengruppen <95. vgl. $\geq 95.$ ; Raucherinnen	S. 36
<i>Abbildungen:</i>		
Abbildung 1:	Schematische Darstellung des ganzkörperplethysmo- graphischen und pneumotachographischen Messablaufs einer Lungenfunktion	S. 11
Abbildung 2:	Diagramm Druck- Strömungs-Kurve	S. 12
Abbildung 3:	Diagramm Verschlussdruckkurve	S. 13
Abbildung 4:	Lungenvolumina	S. 14
Abbildung 5:	Pneumotachographie	S. 15
Abbildung 6:	Schematische Darstellung der Fluß- Volumen- Kurve	S. 16
Abbildung 7:	Schematische Darstellung der Volumen- Zeit- Kurve	S. 16

## **8. Anhang**

BMI-Perzentilen für den Altersbereich zwischen 10 und 20 Jahren nach Hebebrand et al [9]

### Weibliches Geschlecht

Alter	N	BMI		BMI-Perzentilen				
		Max.	Min.	5.	10.	50.	85.	95.
10	131	27.8	12.4	13.4	14.2	16.90	20.70	23.40
11	108	31.8	12.4	13.8	14.6	17.65	20.80	22.90
12	124	28.2	12.7	14.8	16.0	18.35	21.50	23.40
13	120	30.1	12.1	15.2	15.6	18.85	22.05	24.35
14	177	30.1	13.0	16.2	17.0	19.40	23.20	26.00
15	152	37.4	12.8	16.9	17.6	20.20	23.20	27.60
16	181	33.2	13.8	16.9	17.8	20.30	22.80	24.20
17	193	28.6	15.1	17.1	17.8	20.50	23.40	25.70
18	233	27.9	15.2	17.6	18.3	20.60	23.50	25.00
19	258	30.8	15.4	17.3	18.0	20.70	23.40	26.40
20	231	35.6	15.8	17.7	18.3	20.90	23.10	26.80

### Männliches Geschlecht

Alter	N	BMI		BMI-Perzentilen				
		Max.	Min.	5.	10.	50.	85.	95.
10	125	30.2	12.1	13.9	14.6	17.10	21.40	25.00
11	128	31.4	12.2	14.0	14.3	17.80	21.20	23.10
12	124	30.3	11.1	14.6	14.8	18.35	22.00	24.80
13	123	40.8	13.0	15.6	16.2	19.10	21.70	24.50
14	168	37.2	14.0	16.1	16.7	19.80	22.60	25.70
15	149	35.2	14.4	17.0	17.8	20.20	23.10	25.90
16	158	35.3	15.0	17.8	18.5	20.95	23.70	26.00
17	159	31.7	14.8	17.6	18.6	21.60	23.70	25.80
18	164	32.9	15.1	17.6	18.6	21.80	24.00	26.80
19	189	30.1	13.0	18.3	19.0	22.10	24.90	26.60
20	188	33.1	17.0	18.8	19.9	22.55	25.10	27.50



Regressionskoeffizienten der Sollwertfunktionen für die Lungenfunktionsgrößen:

**Jungen:**

- Variable: logRaw

n = 200	
Konst.	a0 = 0.8499
Alter(Jr.)	a1 = - 0.0364
Größe(cm)	a2 = -0.0049

- Variable: VC

n = 200	
Konst.	a0 = -10.4601
Alter(Jr.)	a1 = 0.1337
Größe(cm)	a2 = 0.0757

- Variable: FVC

n = 200	
Konst.	a0 = -10.6779
Alter(Jr.)	a1 = 0.1627
Größe(cm)	a2 = 0.0743

- Variable: FEV1

n = 191	
Konst.	a0 = -8.3720
Alter(Jr.)	a1 = 0.2058
Größe(cm)	a2 = 0.0527

- Variable: PEF

n = 190	
Konst.	a0 = -10.0166
Alter(Jr.)	a1 = 0.4326
Größe(cm)	a2 = 0.0661

- Variable: MEF75

n = 190	
Konst.	a0 = -8.8439
Alter(Jr.)	a1 = 0.4673
Größe(cm)	a2 = 0.0474

- Variable: MEF50

n = 190	
Konst.	a0 = -7.0222
Alter(Jr.)	a1 = 0.3498
Größe(cm)	a2 = 0.0352

- Variable: MEF25

n = 190	
Konst.	a0 = -4.4995
Alter(Jr.)	a1 = 0.0565
Größe(cm)	a2 = 0.0063

### Mädchen:

- Variable: logRaw

n = 166	
Konst.	a0 = 0.3192
Alter(Jr.)	a1 = - 0.0253
Größe(cm)	a2 = -0.0027

- Variable: VC

n = 166	
Konst.	a0 = -5.1044
Alter(Jr.)	a1 = 0.0686
Größe(cm)	a2 = 0.0475

- Variable: FVC

n = 166	
Konst.	a0 = -5.5688
Alter(Jr.)	a1 = 0.0773
Größe(cm)	a2 = 0.0494

- Variable: FEV1

n = 156	
Konst.	a0 = -4.5211
Alter(Jr.)	a1 = 0.0914
Größe(cm)	a2 = 0.0388

- Variable: PEF

n = 153	
Konst.	a0 = -6.1547
Alter(Jr.)	a1 = 0.1927
Größe(cm)	a2 = 0.0595

- Variable: MEF75

n = 153	
Konst.	a0 = -5.3177
Alter(Jr.)	a1 = 0.1934
Größe(cm)	a2 = 0.0495

- Variable: MEF50

n = 153	
Konst.	a0 = -3.2227
Alter(Jr.)	a1 = 0.1451
Größe(cm)	a2 = 0.0306

- Variable: MEF25

n = 153	
Konst.	a0 = -3.4899
Alter(Jr.)	a1 = 0.1219
Größe(cm)	a2 = 0.0223

## **Danksagung**

Frau Prof. Dr. A. Schuster möchte ich für die Überlassung des Themas und vor allem für die unermüdliche und persönliche Betreuung danken.

Herrn Prof. Dr. U. Ranft, wie auch der technischen Mitarbeiterin des Institutes für Umwelthygiene Frau Seitner gilt mein besonderer Dank für die freundliche Unterstützung und Betreuung bei der statistischen Auswertung.

Vor allem möchte ich meinen Eltern danken, die mich immer unterstützt haben und sehr viel zu meiner Motivation beigetragen haben.

## **Lebenslauf:**

### Personalien

Name: Shahana Islam  
Geburtsdatum: 12. August 1976  
Geburtsort: Bochum  
Adresse: Nove-Mesto-Platz 7, 40721 Hilden  
Familienstand: ledig  
Vater: Dr. Mohammed Serajul Islam  
Mutter: Gisela Islam (geb. Feuerstein)

### Schulischer Werdegang

1982-1986 Harkord-Grundschule Witten Stockum  
1986-1987 Albert-Martmöller-Gymnasium Witten  
1987-1995 Otto-Hahn-Gymnasium Monheim a. Rh.  
1995 Abitur

### Studium

1995-1996 Chemiestudium für ein Semester an der Heinrich-Heine-Universität  
Düsseldorf  
1996-2002 Studium der Humanmedizin an der Heinrich-Heine-Universität  
Düsseldorf  
2002 (Mai) 3. Abschnitt der ärztlichen Prüfung und vorläufige Approbation

### Beruflicher Werdegang

07/2002-12/2003 Ärztin im Praktikum in der Klinik für Anästhesiologie und  
Intensivmedizin der Universitätskliniken Münster  
seit 01/2004 Assistenzärztin Abteilung für Anästhesiologie der Kliniken  
St. Antonius Wuppertal

