

Aus dem Institut für Arbeitsmedizin der Freien Universität Berlin

Direktor: ord. Prof. Dr. med. Gustav Schäcke

UNTERSUCHUNGEN ZUR STANDARDISIERTEN BESCHREIBUNG DER  
INSPIRATION IN RUHE UND UNTER BELASTUNG; OHNE UND  
WÄHREND DES TRAGENS EINES ATEMSCHUTZFILTERS

Inaugural-Dissertation  
zur  
Erlangung der Doktorwürde  
des Fachbereichs Humanmedizin  
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von  
Jens Kahnert aus Coburg

Referent: ord. Prof. Dr. med. Gustav Schäcke

Korreferent: ord. Prof. Dr. med. Robert Loddenkemper

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Humanmedizin der  
Freien Universität Berlin

Promoviert am: 07.09.2001

---

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b><i>Einleitung und Zielsetzung</i></b>	<b>3</b>
<b>1.1</b>	<b>Zielsetzung</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b><i>Untersuchungsgut und Methodik</i></b>	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>Untersuchungsgut</b>	<b>7</b>
<b>2.2</b>	<b>Methodik</b>	<b>7</b>
2.2.1	Anamnese	7
2.2.2	Körperliche Untersuchung	8
2.2.3	Ruhe-spirografie	8
2.2.4	Spiroergometrie	9
2.2.5	Verwendetes Atemschutzgerät	11
2.2.6	Atemfluss-Sensor	13
<b>2.3</b>	<b>Untersuchungsablauf</b>	<b>15</b>
2.3.1	Vorversuch	15
2.3.2	Hauptversuch	15
<b>2.4</b>	<b>Datenaufzeichnung und Datenbearbeitung</b>	<b>17</b>
2.4.1	Ermittlung und Extraktion der auszuwertenden Atemkurven	19
2.4.2	Statistische Auswertung	21
<b>3</b>	<b><i>Ergebnisse</i></b>	<b>22</b>
<b>3.1</b>	<b>Gesundheitliche Vorgeschichte und körperliche Untersuchungsbefunde der Probanden</b>	<b>22</b>
<b>3.2</b>	<b>Ruhe-spirografie</b>	<b>22</b>
<b>3.3</b>	<b>Spiroergometrie</b>	<b>22</b>
3.3.1	Elektrokardiografie	22
3.3.2	Blutgasanalyse	22
<b>3.4</b>	<b>Datenauswertung</b>	<b>22</b>
3.4.1	Regressionsrechnung und verwendete Software	22
3.4.2	Auswahl eines geeigneten Polynoms	24
3.4.3	Problem der Vergleichbarkeit von Atemkurven unterschiedlicher Dauer	26
3.4.4	Artefakte	29
3.4.5	Übersicht des Auswertungsablaufes	32
<b>3.5</b>	<b>Vorversuch</b>	<b>33</b>

---

<b>3.6</b>	<b>Hauptversuch</b>	<b>33</b>
3.6.1	Ausgewertete Atemkurven	33
3.6.2	Berechnete Parameter: Atemfrequenz, Inspirationsdauer, Atemzugvolumen, Atemminutenvolumen	34
3.6.3	Extrempunkte	38
<b>4</b>	<b><i>Diskussion</i></b>	<b>47</b>
<b>4.1</b>	<b>Datenauswertung</b>	<b>47</b>
4.1.1	Regressionsrechnung und verwendete Software	47
4.1.2	Auswahl eines geeigneten Polynoms	48
4.1.3	Problem der Vergleichbarkeit von Atemkurven unterschiedlicher Dauer	49
4.1.4	Artefakte	49
<b>4.2</b>	<b>Hauptversuch</b>	<b>49</b>
4.2.1	Ausgewertete Atemkurven	49
4.2.2	Berechnete Parameter: Atemfrequenz, Inspirationsdauer, Atemzugvolumen, Atemminutenvolumen	50
4.2.3	Extrempunkte	51
<b>5</b>	<b><i>Zusammenfassung</i></b>	<b>57</b>
<b>6</b>	<b><i>Anhang</i></b>	<b>58</b>
<b>7</b>	<b><i>Literatur</i></b>	<b>68</b>

## 5 Zusammenfassung

Da die bisherigen Daten zum Verlauf der Inspiration nicht ausreichen, um eine optimale Prüfung von Atemschutzfiltern zu ermöglichen, ist es notwendig, langfristig eine neue Methode zu entwickeln, mit der aus einer großen Datenmenge in angemessener Zeit künstliche Inspirationskurven zur Programmierung „Künstlicher Lungen“ ermittelt werden können. In dieser Arbeit wurde eine Methode entwickelt, Atemkurven durch Bildung einer polynomialen Regression einer morphologischen Analyse zu unterziehen.

Untersucht wurden die Einatemkurven von 13 männlichen gesunden Probanden mit einem Altersmedian von 25 Jahren, die auf einem Fahrradergometer eine jeweils dreiminütige Belastung in den Stufen 0 W, 50 W, 100 W, 150 W, (175 W)<sup>1</sup>, 200 W, (225 W)<sup>1</sup> und 250 W mit und ohne Atemschutzfilter absolvierten. Hierbei wurden die Volumenströme kontinuierlich mit Hilfe eines Atemfluss-Sensors gemessen und aus jeder Belastungsstufe die jeweils zehn letzten Atemkurven ausgewertet. Deren Messdaten wurden mit einer selbst entwickelten Software einer polynomialen Regression 11. Ordnung unterzogen. Zur Beschreibung des Wechsels von inspiratorischen Beschleunigungs- und Verzögerungsvorgängen wurden anhand der 1. Ableitung der Regressionsfunktion deren Übergänge identifiziert. Zur Vergleichbarkeit von Atemkurven unterschiedlicher Länge wurden diese Extrempunkte auf die Gesamtlänge des Atemzuges bezogen.

Es zeigten sich in den Belastungsstufen 0 bis 175 W im Median drei Extrempunkte der Atemkurven. Im Versuchsteil mit Atemschutzfilter verringerte sich der Median in der letzten Belastungsstufe (250 W) auf nur einen Extrempunkt (n.s., n = 30 Atemkurven). Der maximale Volumenstrom in den einzelnen Stufen des Versuchsteils mit Atemschutzfilter war gegenüber dem Versuchsteil ohne Atemschutzfilter nicht erhöht und nahm in beiden Versuchsteilen mit der Belastung zu. Der Verlauf von Atemfrequenz, Inspirationsdauer, AZV und AMV in beiden Versuchsteilen war weitestgehend übereinstimmend mit den Angaben der Literatur.

Im Hinblick auf die Berechnungen einer großen Datenmenge hat sich der Ansatz zur Beschreibung der Inspirationskurven anhand einer polynomialen Regression als gangbarer Weg erwiesen. Die Formänderung bei hohen Belastungsstufen sollte anhand eines größeren Kollektivs überprüft werden. Durch Ausbau dieser Methodik kann so ein verbessertes Prüfsystem zur Ermittlung der Standzeiten von Atemschutzfiltern entwickelt werden.

---

<sup>1</sup> Je nach Ausbelastung wurde diese Stufe entweder übersprungen oder war die letzte.