



DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Sport im niederösterreichischen Feuerwehrwesen

*Eine Empfehlung zur Verbindung körperlicher Fitness und
dem niederösterreichischen Feuerwehrwesen bei besonderer
Beachtung von Atemschutzgeräteträgern*

verfasst von

Sebastian Sieghart

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2015

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 190 482 445

Studienrichtung lt. Studienblatt: Lehramtsstudium UF Bewegung und Sport
UF Biologie und Umweltkunde UniStG

Betreuerin / Betreuer: Univ.-Prof. Dr. Harald Tschan

Abstract

Titel der Diplomarbeit: "Sport und das niederösterreichische Feuerwehrwesen, Eine Empfehlung zur Verbindung von körperlicher Fitness und dem niederösterreichischen Feuerwehrwesen bei besonderer Beachtung von Atemschutzgeräteträgern“

Mitglieder von Freiwilligen Feuerwehren setzen sich im Einsatzfall Gefahrenquellen aus. Diese Gefahrenquellen bzw. die Einwirkung der Gefahrenquellen auf den menschlichen Körper werden jedoch versucht so gering wie möglich zu halten und zu dezimieren. Der Arbeitsschutz mit Hilfe von Schutzbekleidung und Schutzausrüstung ist hierbei ein unumgänglicher Faktor. Schutzbekleidung und Schutzausrüstung haben jedoch auch negativen Einfluss auf die damit bekleideten Personen. Auf Grund von zusätzlichem Gewicht durch die Schutzausrüstung und einem veränderten Wärmeaustausch durch das Tragen der Schutzbekleidung werden physiologische Parameter erhöht – die Herzfrequenz, die Körperkerntemperatur und Hautoberflächentemperatur steigt, die Atemfrequenz erhöht sich. Die Steigerung dieser physiologischen Parameter führen weiterführend zu einer Belastungsintensivierung, welche sich auf die Leistungsfähigkeit und das Durchhaltevermögen der Feuerwehrmitglieder auswirkt. Die ohnehin schon geforderten Einsatzkräfte, werden dadurch an ihre physiologischen Leistungsgrenzen geführt. Im Falle von untrainierten Feuerwehrmitgliedern, können diese Belastungen schnell zu einem gesundheitsgefährdenden Faktor werden.

Die Untersuchung von physischen Beanspruchungen und Belastungen von Feuerwehrmitgliedern während dem Einsatz von Atemschutzgeräten soll in dieser Diplomarbeit untersucht werden. Dazu wurde eine Literaturrecherche in der Datenbank „MEDLINE“ durchgeführt, die Ausbildungsunterlagen der Niederösterreichischen Landesfeuerwehrschule und des Österreichischen Feuerwehrverbandes durchforstet und zusätzlich Studium im Internet betrieben.

Durch die Darlegung, dem Vergleich und einer Gegenüberstellung dieser vorhandenen Studien, werden die dabei ausgewerteten physiologischen Parameter die Belastungen von Feuerwehrmitgliedern widerspiegeln und belegen. Die Wichtigkeit von körperlicher Fitness

im Feuerwehrwesen mit besonderer Betrachtung von Atemschutzgeräteträgern wird hierbei aufgezeigt.

Die Ausarbeitung dieser Studien zeigt eine hohe Beanspruchung von Feuerwehrmitgliedern während dem Tragen ihrer Schutzausrüstung und dem Tragen von Atemschutzgeräten. Die hohen physischen Belastungen auf den menschlichen Körper reichen bis hin zu gesundheitsgefährdenden Grenzwerten. Diese Grenzwerte widerspiegeln sich in Körperkerntemperaturen mit Maxima von bis zu 39,8 °C (*Eglin, Coles und Tipton (2004)*, *Graveling (2001)* und *Smith and Petruzello (1998)*). Zusätzliches Gewicht auf Grund von Schutzausrüstung und Atemschutzgeräten von ca. 20kg, führen den menschlichen Körper ebenfalls an Leistungsgrenzen heran. Maximale Herzfrequenzwerte von 199 Schlägen/Minute (*Holmer und Gavhead, 2006*) spiegeln die hohe Beanspruchung von Feuerwehrleuten wider. Nach *Eglin und Tipton (2005)* stiegen physiologische Parameter auf Grund der hohen Beanspruchung während „life fire trainings exercises“ auf 97 % der Maximalwerte an. Es zeigte sich, dass Alter und Trainingszustand eine große Rolle bei der Belastungsdauer und dem Durchhaltevermögen solch hoher Beanspruchungen einnimmt. Durch den veränderten Atemgasaustausch und Atemkreislauf während feuerwehrspezifischer Beanspruchungen, kann sowohl auf aerobe als auch auf anaerobe Belastungen geschlossen werden - 60:40 Prozent – aerob zu anaerob (*Bilzon et al., (2001)* – die auf den menschlichen Körper, während dem Einsatz von Atemschutzgeräten, wirken. *Barr et al., (2010, S.164)* zeigen eine 80.3%ige, eine 94%ige und eine 87.8%ige Auslastung der Feuerwehrmitglieder bezüglich deren VO_{2max} , deren Herzfrequenz und deren Leistungsoutput in Watt auf. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der menschliche Organismus durch die hohen physischen Beanspruchungen und Belastungen während dem Einsatz von Atemschutzgeräten nahe an die Belastungsgrenzen herangeführt wird. Um eine Gesundheitsgefährdung für die Feuerwehrmitglieder so gering wie möglich zu halten, wäre ein regelmäßiges Training für das Erreichen und Halten eines ausreichend hohen Fitnessniveaus erstrebenswert und von großer Bedeutung!

Title of the master thesis: „Sports in Firefighters of Lower Austria, A Recommendation to Combine Physical Fitness for Firefighters and the Firemanship of Lower Austria in the Particular Case of Using a Self-contained Breathing Apparatus"

In general, firefighters live at a high risk of danger in the case of an emergency. To protect their bodies and their health, firefighters use protective gear and equipment. However, this gear and equipment is strenuous for the human body and the cardiovascular system, respectively. The added weight of the protective gear and equipment represents a higher physical strain for the firefighters and the various layers of the protective gear have negative effects on the heat exchange of the body. This higher physical strain lowers the physical working capacity. Firefighters are reaching their physical limits much faster because of the extra strain. Firefighters with a low fitness level are at a higher risk of being injured or causing harm to their own physical health.

This master thesis describes the physical strain and stress on firefighters in the particular case of wearing a self-contained breathing apparatus. The scientific database "MEDLINE" and the training documents from the firefighter school of Lower Austria and the Austrian firemanship were the main sources for this master thesis.

Various scientific studies have been summarized with a focus on physical parameters influencing the performance of firefighters wearing self-contained breathing apparatus on their backs. The aim is to highlight the importance of "physical fitness" for firefighters wearing protective gear. The firemanship should become aware of the importance of being physically "fit" and qualified for the hard work of firefighters.

This thesis shows the high strain on firefighters while wearing a protective gear and a self contained breathing apparatus. The high physical burden raises body temperature or heart rate nclose to the physiological limits. Body temperature has shown to reach values of 39,8 °C which is dangerously high for humans. (*Eglin, Coles and Tiption (2004)*, *Graveling (2001)* and *Smith and Petruzello (1998)*). The protective gear and the self-contained breathing apparatus weight is about 20kg and represents a high stress for the cardiovascular system. This "extra weight" adds to the physical strain on firefighters – peak heart rate values of 199 beats/minute (*Holmer and Gavhead, 2006*) have been measured. *Eglin and Tipton (2005)* show, that physical parameters like the heart rate reach 97% of their maximum during life fire training exercises. During such training conditions the human body operates at a

very high intensity and risk of jeopardizing its health. The extraordinary physiological strain, caused by the changed cardiovascular system and breathing gas exchange, can be classified as an aerobic and anaerobic burden (about 60% aerobic and 40% anaerobic) (*Bilzon et al., (2001)*). *Barr et al., (2010, S.164)* report in one of their studies, that the physiological human system might reach 80.3, 94% or 87.8% of full capacity of $\text{VO}_{2\text{max}}$, heart rate and of capacity output, respectively.

Summing up, the high physiological strain of firefighters while wearing their protective gear and a self-contained breathing apparatus can be described of being close to limits of the human physiological capacity and result in exhaustion. To keep health risks at a minimum, firefighters should regularly perform an exercise training to reach and keep a specific fitness level! Given that a fire-fighting operation might bring their organism to physiological limits within minutes, it is of the utmost importance that voluntary firefighters perform fitness tests regularly, demonstrating that they are fit for duty.

Inhaltsverzeichnis

Abstract.....	0
Inhaltsverzeichnis	5
Vorwort	7
Einleitung	9
1. Der Atemschutzgerätedienst.....	11
1.1 Der Eintritt zu einer Feuerwehr	11
1.2 Technischer Überblick über den Atemschutzgerätedienst.....	12
1.2.1 Umluft abhängige Gerätschaften	14
1.2.2 Umluft unabhängige Gerätschaften	15
1.2.2.1 Der Pressluftatmer	15
1.2.2.1.1 Tragesystem.....	16
1.2.2.1.2 Pressluftflaschen.....	17
1.2.2.1.3 Lungenautomat	18
1.2.2.1.4 Atemschutzmaske (Vollgesichtsmaske).....	18
1.2.2.2 Die Regenerationsgeräte (Kreislaufgeräte)	19
2. Kurze Geschichte des Atemschutzwesens.....	20
2.1 Ausbildung.....	24
2.1.1 Grundausbildung - „Truppmannausbildung“	25
2.1.2 Ausbildung zu Atemschutzgeräteträger/innen	26
2.1.2.1 Anlernphase und Festigungsstufe	26
2.1.2.2 Erweiterte Praxisausbildung (optional)	28
3. Tauglichkeitsuntersuchung für Atemschutzgeräteträger	29
3.1 Kurzanamnese	30
3.2 Ergometrie	31
3.3 Spirometrie	37

3.4	Auskultation des Herzens	40
3.5	Aussagekraft der einzelnen Parameter	41
3.5.1	Kurzanamnese:	41
3.5.2	Ruhe-EKG:	42
3.5.3	Fahrradergometrie:	43
3.5.4	Spirometrie:	44
3.5.5	Auskultation des Herzens:	45
4.	Problematik der Tauglichkeitsuntersuchung	46
5.	Die Belastungen von Atemschutzgeräteträger/innen	48
5.1	Belastungssteigerung auf Grund des „Temperaturanstieges“ im Körper	49
5.2	Belastungslimitierung durch VO_{2max} , Herzfrequenz, Alter und Atemminutenvolumen	56
5.3	Belastungssteigerung auf Grund des Gewichtes des Atemschutzgerätes	66
5.4	Belastungsveränderung bezüglich Atemgasaustausch und aerobem/anaerobem Metabolismus	70
5.5	Diskussion	72
6.	Welche Rolle spielen Sport und Gesundheit im Feuerwehrwesen?	76
6.1	Motivation im Feuerwehrwesen	82
6.2	Trainingsmöglichkeiten	85
6.2.1	Ausdauer	87
6.2.1.1	Dauermethode	91
6.2.1.2	Intervallmethode	92
6.2.1.3	Wiederholungsmethode	93
6.2.2	Kraft	96
6.2.2.1	Maximalkraft	97
6.2.2.2	Kraftausdauer	100
	Literaturverzeichnis	103
	Abbildungsverzeichnis	112

Tabellenverzeichnis	114
Lebenslauf	114
Erklärung	115

Vorwort

Seit meinem Eintritt als 10 jähriger Junge zu der Jugendfeuerwehr stellt die Freiwillige Feuerwehr für mich einen wesentlichen Lebensinhalt dar. Siebzehn Jahre und zahlreiche Kurse, Weiterbildungen und Einsätze für das niederösterreichische Feuerwehrwesen, haben mich geprägt und sind zu einem bedeutenden Teil meines Lebens geworden. Aus diesem Grund, entstand auch die Idee meine Diplomarbeit inhaltlich dem Niederösterreichischen Feuerwehrwesen zu widmen. Ein Grundgedanke, den ich schon als 10 jähriger Junge hatte, war der positive Abschluss der Atemschutzgeräteträgerausbildung. In Filmen oftmals dargestellt als Superhelden und Lebensretter, die in brennende Häuser mit schwerem Gerät marschieren um ein Menschenleben zu retten, hat mich bereits als kleiner Junge fasziniert und gefesselt. Doch im wahren Leben sehen diese "Superhelden" vielfach jedoch ganz und gar nicht nach durchtrainierten, leistungsfähigen und "unbezwingbaren" Menschen aus. Falsche Ernährungsgewohnheiten gepaart mit weitgehend inaktiven Lebensstil führt oft dazu, dass Einsatzkräfte übergewichtig sind und über eine eingeschränkte körperliche Leistungsfähigkeit verfügen.

Die Einstellung zum Sport, hat genauer betrachtet, im niederösterreichischen Feuerwehrwesen keinen großen Stellenwert. Tauglichkeitsuntersuchungen für bestimmte Ausbildungen grenzen zwar ein wenig den Teilnehmerkreis ein doch ist deren Aussagekraft zur Feststellung der Eignung für hochintensive körperliche Tätigkeiten unter Verwendung von schwerer und kreislaufbelastender Schutzausrüstung vielfach ungenügend. Es gilt zu bedenken, dass Feuerwehrleute unter extremen Bedingungen in der Lage sein müssen Menschen zu bergen – ein unzureichender Fitnesszustand stellt aber eine bedeutende Risikoquelle welche nicht nur die Einsatzfähigkeit an sich, sondern auch die Einsatzkräfte selbst deutlich gefährden kann.

Nach längerer Suche für die Betreuung dieser Diplomarbeit bin ich im letzten Jahresdrittel des Jahres 2014 doch noch fündig geworden. Deswegen gilt ein großer Dank an meinen Betreuungsprofessor Univ.- Prof. Dr. Harald Tschan, der mir von Anfang an und mit guten

Ratschlägen, Ideen und Arbeitsmaterialien zur Seite stand und diese Verschriftlichung überhaupt möglich zu machen. Der niederösterreichischen Landesfeuerwehrschule Tulln soll ebenfalls für die Bereitstellung der Lehrmaterialien und Lehrbehelfe gedankt sein. Des Weiteren möchte ich Frau Dr. Waltraud Pleva danken, die mir immer, oftmals auch zu unchristlichen Zeiten mit Rat und Tat zur Seite stand. Hier soll auch mein Bruder erwähnt werden, der mich stets hilfreich unterstützte, vielen Dank!

Einleitung

Im Feuerwehrwesen steht das technische Knowhow im Bereich Atemschutz im Mittelpunkt. Der Leistungsvorsatz wird dabei selten bis gar nicht miteinbezogen. An einen Atemschutzgeräteträger werden hohe Ansprüche im Bereich Teamwork und Vertrauen gestellt. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, ist körperliche Leistungsfähigkeit eine Grundvoraussetzung. Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft sollten gleich dem technischen Wissen, einen unumgänglichen Ausbildungsschwerpunkt bilden. Nach den derzeitigen Vorgehensweisen hat regelmäßiges Training der körperlichen Fitness für Feuerwehrleute und besonders den Atemschutzgeräteträger allerdings keinen hohen Stellenwert. Daraus ergeben sich folgende Fragestellungen für die Diplomarbeit:

- Welche physischen Beanspruchungen stellt ein Feuerwehreinsatz mit Atemschutzausrüstung dar?
- Welches Leistungsniveau sollten Feuerwehrleute besitzen, um diese Belastungen ohne gesundheitlicher Gefährdung ausüben zu können?
- Welche Aussagekraft haben die, durch die Tauglichkeitsuntersuchung erhobenen Parameter?
- Welche Rolle haben körperliche Fitness bzw. körperliches Training im Feuerwehrwesen allgemein bzw. für Atemschutzträger im Besonderen?

Um die als Literaturrecherche kennzeichnende Arbeit fassen zu können, wurde eine vergleichende Gegenüberstellung der internationalen Literatur angewendet. Durch die vergleichende Gegenüberstellung einzelner Studien wird die physische Beanspruchung und Belastung von Feuerwehrmitgliedern unter dem Einsatz von Atemschutzgeräten erarbeitet.

Zur Bildung der theoretischen Grundlage wurde eine Literaturrecherche durchgeführt. Als Hauptquelle hierbei wurde die wissenschaftliche Datenbank „MEDLINE“ verwendet. Diese Datenbank (= „Medical Literature Analysis and Retrieval System Online“) enthält Nachweise der internationalen Literatur aus der Medizin und des öffentlichen

Gesundheitswesens, welche einen Bereich der Diplomarbeit abdecken. Englischsprachige Studien aus Journalen wie dem „Journal of Industrial Medicine“ oder dem „European Journal of Applied Physiology“ sollen die Wichtigkeit von physiologischer Leistungsfähigkeit im Feuerwehrwesen untermauern.

Als weitere Quellen dienen die ausbildungsspezifischen Unterrichts- und Informationsmaterialien des Österreichischen und Niederösterreichischen Feuerwehrverbandes. Des Weiteren wird eine Studie aus Deutschland - "Studie zur medizinischen Belastung von Atemschutzgeräteträgern" hervorgegangen aus einer Zusammenarbeit des Innenministeriums Baden-Württemberg mit der Landesfeuerwehrschule und dem Landesfeuerwehrverband Baden-Württemberg - herangezogen. Auch eine Dissertation zum Thema "Belastungs-Beanspruchungs-Profil der Wiener Berufsfeuerwehr: Erhebung leistungsdiagnostischer Kenngrößen unter Belastung durch Atemschutzausrüstung" dient als Quelle dieser Diplomarbeit.

Zu Punkt „4. Problematik der Tauglichkeitsuntersuchung“:

Die Tauglichkeitsuntersuchung zum Atemschutzgeräteträger ist eine in die Jahre gekommene sehr lange schon unveränderte Untersuchung um die Leistungsfähigkeit der Probanden festzustellen. Die getesteten Parameter sollen in diesem Punkt kritisch hinterfragt und beleuchtet werden. Dazu werden die zu untersuchenden Parameter mit aktueller Literatur abgeglichen und wenn möglich Verbesserungsvorschläge bezüglich der Aussagekraft dieser Tauglichkeitsuntersuchung angestellt.

1. Der Atemschutzgerätedienst

Laut § 4 Absatz 2 des niederösterreichischen Feuerwehrgesetzes sind die niederösterreichischen Feuerwehren „Körperschaften des öffentlichen Rechts“ (Niederösterreichisches Feuerwehrgesetz, NÖ FG, 2010). Das Feuerwehrgesetz gibt eine große Anzahl an gesetzlichen Bestimmungen die für eine Laufbahn im Feuerwehrwesen maßgeblich sind vor. Im Rahmen dieser Diplomarbeit, wird jedoch das Feuerwehrgesetz nur gestreift oder erwähnt, wenn der sachliche Zusammenhang als notwendig erachtet wird. Da das Feuerwehrgesetz Landesgesetz ist, gelten alle nachfolgenden Bestimmungen, wenn nicht explizit angegeben nur für Niederösterreich.

1.1 Der Eintritt zu einer Feuerwehr

Mit dem Antrag zum Eintritt, zu einer Feuerwehr, verpflichtet sich der Antragssteller mit folgender Gelöbnisformel:

„Ich gelobe, meinen Dienst als Freiwilliges Feuerwehrmitglied stets gewissenhaft zu erfüllen, meinen Vorgesetzten gehorsam zu sein, Disziplin zu halten und wenn notwendig auch mein Leben einzusetzen, um meinen Mitmenschen zu helfen. Gott zur Ehr', dem Nächsten zur Wehr.“ (Dienstordnung NÖ-Feuerwehrverband, 2014)

zu einer mitunter zeitlich unbegrenzten, körperlich fordernden physischen Belastung. Darüber hinaus verpflichtet er sich zur Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen, der Dienstordnungen und der Unterstellung durch einen Feuerwehrkommandanten.

Um die Dienstordnung einhalten zu können, muss in manchen Bereichen, nicht nur technisches Knowhow vorhanden sein, sondern auch entsprechende körperliche Fitness. Für den Eintritt, muss laut Dienstordnung eine ärztliche Tauglichkeit vorliegen.

Ist eine Person einer Feuerwehr beigetreten, kann diese laut der Dienstordnung (2014) „§ 12 Ende der Mitgliedschaft“ bis zum freiwilligen Austritt, dem Tod oder einem Ausschluss aus der Gemeinschaft, bei Missachten der Gelöbnisformel oder anderer gesetzlicher Bestimmungen zur Rechenschaft gezogen werden.

1.2 Technischer Überblick über den Atemschutzgerätedienst

„Unter Atemschutz versteht man sämtliche Handlungen, die das Ziel verfolgen, schädliche Stoffe (Atemgifte), welche über den Atemkreislauf in den Körper gelangen könnten, fernzuhalten.“ (Niederösterreichischer Landesfeuerwehrverband. Atemschutz. Zugriff am 14. Jänner 2015 unter http://noelfv.noel122.at/feuerwehr/incontent/sites/1/DE/template_2135.asp)

Mit diesen Worten beschreibt der niederösterreichische Feuerwehrverband den Begriff Atemschutz. Die hierbei genannten "schädlichen Stoffe (Atemgifte)" können verschiedenen Ursprungs sein. Einerseits können die Bestandteile von Brandrauch – also bei Bränden entstandene Verrauchungen – den Einsatz von Atemschutzgeräten erfordern, andererseits können auch Dämpfe oder Gase, wie z.B. von Chemikalien, den Einsatz von Atemschutzgeräteträgern nach sich ziehen. Die Verdrängung von Sauerstoff aus einem Raum, welcher von Einsatzkräften – aus welchem Grund auch immer - betreten werden muss, zieht ebenfalls den Einsatz von Atemschutzgeräten nach sich.

Es können generell 3 Gefahrenquellen die den menschlichen Körper schädigen aufgezählt werden:

- Inkorporation: Unter Inkorporation versteht man die Aufnahme von Stoffen über die Atemwege, den Magen-Darm-Trakt, über Wunden, Augen und die Haut.

Inkorporation



Abbildung 1: Inkorporation der Atemwege (Schild A., Held M., Helm R., Christiansen J., ABC-Gefahren – Blog. Zugriff am 14. Jänner 2015)

- Kontamination: Unter Kontamination versteht man eine generelle Verschmutzung,

z.B. der Einsatzkleidung und damit verbundener Verschmutzung der Haut.

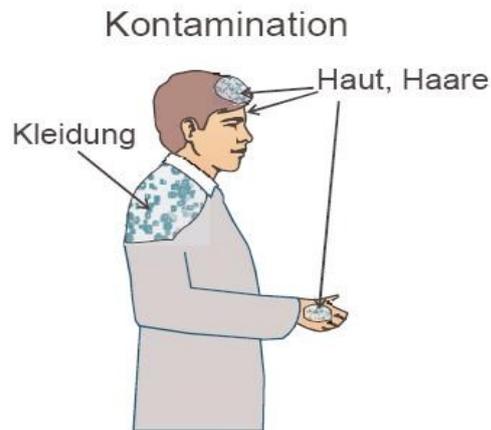


Abbildung 3: Kontamination (Schild et al., ABC-Gefahren – Blog. Zugriff am 14. Jänner 2015)

- Einwirkung von außen: Unter diesem Unterpunkt können sowohl Strahlenbelastungen, welche in den Körper eindringen oder durch den Körper hindurch strahlen, als auch thermische und mechanische Einwirkungen wie Hitze oder Druckwellen subsummiert werden.



Abbildung 5: Einwirkungen von außen (Schild et al., ABC-Gefahren – Blog. Zugriff am 14. Jänner 2015)

Für den Atemschutzgeräteträger stellt Inkorporation die größte Gefahrenquelle dar. Generell werden die im Atemschutz verwendeten Gerätschaften in „Umluft abhängigen Gerätschaften“, und „Umluft unabhängigen Gerätschaften“ gegliedert.

Beide Arten von Geräten dienen aber dem Hauptprinzip der Atemschutztechnik – also der Vermeidung der Aufnahme von für den menschlichen Kreislauf schädlichen Stoffen über den Atemkreislauf.

1.2.1 Umluft abhängige Gerätschaften

Unter Umluft abhängigen Gerätschaften versteht man Atemschutzgeräte, welche die direkte Umgebungsluft, unter Berücksichtigung des menschlichen Stoffwechsels filtern und für den Menschen atembar machen. Diese werden auch als Filtergeräte bezeichnet, da sie die Umgebungsluft mit Hilfe verschiedener Filter reinigen und so für den Menschen benutzbar machen.

Bei diesen Geräten wird an der normierten Vollgesichtsmaske ein Filter, passend zum Einsatzszenario aufgeschraubt. Die Maske mit aufgeschraubtem Filter schützt je nach Filter gegen bestimmte partikuläre Verunreinigungen der Atemluft und/oder gegen bestimmte Gase in begrenzten Konzentrationen.

Hierbei werden laut *Lernbehelf des niederösterreichischen Feuerwehrverbandes für Atemschutzgeräteträger (2010)* und der ÖNORM EN 141 drei Filterarten unterschieden:

- *Partikelfilter: entfernen fein verteilte feste und/oder flüssige Partikel*
- *Gasfilter: entfernen bestimmte Gase und Dämpfe*
- *Kombinationsfilter: entfernen fein verteilte feste und/oder flüssige Partikel und bestimmte Gase und Dämpfe*

(Atemschutz – Ausbildungsunterlagen LFWS NÖ; Lernbehelf; Stand 1.12.2010; S. 26)

Ebenfalls ist der Einsatzbereich dieser Filter durch zwei wichtige, aber nicht immer an einem Einsatzort leicht feststellbare Parameter begrenzt:

- Für die Verwendung der Filtergeräte, muss der Sauerstoffgehalt in der Umgebungsluft über 17 Volumprozent und
- der Schadstoffanteil unter 0,5 Volumprozent liegen.

Die Gebrauchsdauer dieser Filter ist relativ kurz bemessen und ihre Erschöpfung kann oftmals nur durch „Durchschlagen des Filters“ bemerkt werden. Unter „Durchschlagen des

Filters“, versteht man Reiz-, Geruchs- und Geschmackserscheinungen, die der Träger während des Tragens bemerkt.

Die relativ beschränkten Einsatzrahmenbedingungen, die zeitliche Beschränkung und der Fakt, dass diese Filter nach Gebrauch Sondermüll darstellen, sind Argumente gegen die Verwendung dieser Gerätschaften, obwohl ihr geringes Gewicht und damit verbunden geringere körperliche Belastungen für eine Verwendung spricht.

1.2.2 Umluft unabhängige Gerätschaften

Unter Umluft unabhängigen Gerätschaften, versteht man Atemschutzgeräte, welche einen eigenen transportablen Luftvorratsbehälter mit sich führen und somit nicht von der Umgebungsatmosphäre abhängig sind.

Das Tragen eines Umluft-unabhängigen Atemschutzgerätes ermöglicht das Abwickeln von feuerwehrspezifischen Einsätzen unter Einwirkung von Atemgiften bzw. unter Sauerstoffmangel in der umgebenden Atemluft. Umluft unabhängige Atemschutzgeräte werden zum Selbstschutz, zum Retten von Menschen und/oder Tieren, zum Bergen von Sachwerten und zur zielorientierten Schadensbekämpfung – zum Beispiel im Falle eines Brandes – eingesetzt.

Die Umluft-unabhängigen Gerätschaften gliedern sich in Pressluftatmer und Respirationsgeräte. Die Funktionsweise beider Arten von Atemschutzgeräten werden im Folgenden kurz umrissen.

1.2.2.1 Der Pressluftatmer

Ein Pressluftatemsystem besteht generell aus einem Tragesystem, einer oder mehreren Pressluftflaschen, dem Lungenautomaten und der Atemschutzmaske (Vollgesichtsmaske).

Diese Bestandteile variieren von Hersteller zu Hersteller. Im Niederösterreichischen Feuerwehrverband gibt es keine Verordnung für eine bestimmte „Standardausrüstung“ eines bestimmten Herstellertyps. Dies obliegt ganz allein den einzelnen Feuerwehren. Die Gerätschaften müssen gewissen Normen und Sicherheitskriterien entsprechen, um für den Gebrauch im niederösterreichischen Feuerwehrwesen zugelassen zu sein. Für die genauere Beschreibung werden deshalb die Gerätschaften der Freiwilligen Feuerwehr Hoberndorf (Niederösterreich, Bezirk Mistelbach) herangezogen.

Es handelt sich hierbei um einen Pressluftatmer Modell BD 79/83-1600 der Firma MSA Auer Baujahr 1990. Dieses Modell ist ein am Rücken zu tragendes Atemschutzgerät, für den Einsatz in nicht atembaren Umgebungsatmosphäre. Die Atemluft wird mittels Druckminderer, Lungenautomaten und Vollgesichtsmaske dem Geräteträger zur Verfügung gestellt. Es handelt sich hierbei um ein Unterdrucksystem, welches Luft in die Maske bläst, wenn der Geräteträger einatmet und dadurch Unterdruck in der Maske erzeugt. Dieses aktive Einatmen wirkt sich erschwerend auf die Atmung aus.

Tabelle 1: *Technische Daten Pressluftatmer BD 79/83-1600*

Pressluftatmer BD 79/83 – 1600	Technische Daten
Gewicht (gefüllt)	15,25 kg
Flaschenvolumen	4 Liter / Flasche
Betriebsdruck	200 bar / Flasche
Füllmenge	800 Liter / Flasche
Warnsignal	50 ± 5 bar
Einsatzzeit	ca. 30 min bei mittelschwerer Arbeit (40 Liter / min)
Reservezeit	ca. 10 min (ab Warnsignal)

Quelle: MSA Auer(1990) Pressluftatmer BD 79/83 – 1600, Technische Daten, Technische Informationen

1.2.2.1.1 Tragesystem

Die Trageplatte besteht aus Kunststoff und zeigt laut Hersteller sehr gute kälteisolierende Eigenschaften. Sie ist nach dem damaligen Stand der Entwicklung ergonomisch geformt und wird durch die Bebänderung straff am Rücken gehalten. Durch die Tragegurte und den Bauchgurt findet eine optimale Gewichtsverteilung statt. Das Tragegestell umfasst neben der Trageplatte und der Bebänderung auch den Druckminderer, welcher im Bereich der Lendenwirbelsäule an der Trageplatte befestigt ist. Der Druckminderer ist für den Anschluss der Pressluftflaschen vorgesehen. Durch den Druckminderer wird ein Mitteldruck von ca. 7bar erreicht. An dem Druckminderer schließen die Mitteldruckleitungen für Lungenautomat und Manometer an.



Abbildung 7: Rückansicht
Rückenplatte mit Druckminderer
(eigene Quelle)



Abbildung 9: Frontansicht
Rückenplatte mit Befestigung
(eigene Quelle)

1.2.2.1.2 Pressluftflaschen

Die Pressluftflaschen fassen ein Volumen von 4 Litern und werden mit einem maximalen Fülldruck von 200bar gefüllt. Die Pressluftflaschen bestehen aus Stahl und haben befüllt ein Gewicht von 5.9 Kilogramm.



Abbildung 11:
*Pressluftflasche 4
Liter 200 bar
(eigene Quelle)*

1.2.2.1.3 Lungenautomat

Der Lungenautomat ist mittels einer Mitteldruckschlauchleitung mit dem Druckminderer verbunden. Der Lungenautomat selbst ist wiederum mit einem großen Gewinde ausgestattet und wird mit diesem mit der Vollgesichtsmaske verschraubt, um den Geräteträger mit Atemluft zu versorgen.



Abbildung 13: *Lungenautomat (eigene
Quelle)*

1.2.2.1.4 Atemschutzmaske (Vollgesichtsmaske)

Atemschutzmasken sind mit einer Kunststoffvisierscheibe ausgestattet und bieten die Möglichkeit eine Maskenbrille einzusetzen. Mit Hilfe der Kopfbänderung wird die Maske

über den Kopf gezogen, befestigt und sollte danach dicht an der Haut anliegen. Durch den Rundgewindeanschluss der Maske, wird mittels des Lungenautomaten der Maskenträger mit Atemluft versorgt. Die Ausatemluft entweicht durch das Ausatemventil in die Umgebungsatmosphäre. Die Maske besitzt eine Sprechmembran, die der Kommunikation dient.



Abbildung 15:
*Vollgesichtsmaske 3S MSA
Auer (eigene Quelle)*

1.2.2.2 Die Regenerationsgeräte (Kreislaufgeräte)

Regenerationsgeräte oder auch Kreislaufgeräte genannt, finden im Feuerwehrwesen hauptsächlich bei Einsätzen mit langen Anmarschwegen (Bergbau, Tunnel, U-Bahn Schacht) Verwendung.

Es handelt sich hierbei um Atemschutzgeräte, welche einen geschlossenen Atemkreislauf für die Versorgung des Trägers mit Atemluft benutzen. Hierbei wird die Ausatemluft mittels CO₂-Absorber, von dem in der Ausatemluft befindlichen Kohlendioxid, gereinigt. Eine ebenfalls im Gerät integrierte Sauerstoffflasche reichert danach diese gereinigte Ausatemluft wieder mit Sauerstoff an. Vor dem Einatmen, durchströmt die regenerierte Atemluft noch einen Atemluftkühler.



Abbildung 17: Kreislaufgerät DRÄGER PSS®
BG 4 PLUS (Dräger Safety Austria GesmbH,
Produktinformation, 2014)

2. Kurze Geschichte des Atemschutzwesens

Wenn man den Fortlauf des Feuerwehrwesens in ganz Österreich verfolgt, bemerkt man, dass sich der Atemschutzgerätedienst erst in den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts herausgebildet hat.

„1935: Die Ausrüstung und Ausbildung von Luftschutzformationen wird bei den Feuerwehren forciert. Im Dezember werden in allen Bezirken Gas- und Luftschutzkurse abgehalten.“ (Schinnerl A., Handbuch zur Feuerwehrgeschichte, Ausbildung und Feuerweherschulen, Österreichischer Bundesfeuerwehrverband, 2005; S. 14)

Weit vor dem ersten Weltkrieg, um 1849, wurden die ersten Maßnahmen getroffen, das Feuerlösch- und Rettungswesen in Österreich voranzutreiben. Durch Berichterstattungen von schon damals bestehenden Feuerwehren der Welt, wurden Vorschläge zusammengefasst und versucht diese umzusetzen. *(Schinnerl A., Handbuch zur Feuerwehrgeschichte, Ausbildung und Feuerweherschulen, Österreichischer Bundesfeuerwehrverband, 2005)*

Vielmehr wurden immer mehr Turnvereine zu „Turnerfeuerwehren“ umgewidmet, um diese vorher genannten Tätigkeiten überhaupt meistern zu können. Die ersten Handbücher und Lernbehelfe entstanden um 1870 und trugen Titeln wie, „*Turnerfeuerwehr-Ordnung für die Turnvereine Ober-, Niederösterreich`s und Salzburg`s, nach den Beschlüssen des III. Turntages in Linz am 26. Herbstmond 1864*“ oder auch "*Friedrich Rösch, „Die Feuerwehr in kleinen Städten, Dörfern und Pufßen .“*. (Schinnerl A., *Handbuch zur Feuerwehrgeschichte, Ausbildung und Feuerwehrschulen, Österreichischer Bundesfeuerwehrverband, 2005; S. 4*)

Um ca. 1900 startete die Entwicklung des Kurswesens für feuerwehrfachliche Ausbildungen und Vorträge. Durch ein ausgewähltes Komitee wurde Reichenberg zum Ausführungsort des ersten Feuerlösch-Fachkurses.

*...da diese Stadt, wie kaum eine zweite in Böhmen, so günstige Vorbedingungen für einen erfolgreichen Verlauf aufzuweisen vermag. Einerseits besitzt sie eine große, trefflich geschulte freiwillige Feuerwehr mit einem sehr reichhaltigen und vielseitigen Requisitenparke, welcher einen weitgehenden Anschauungsunterricht ermöglicht, andererseits besteht bereits durch eine Reihe von Jahren an der höheren k. k. Staatsgewerbeschule in Reichenberg ein Lehrkurs für Feuerlöschwesen... (Staudt K., Mittheilungen auf dem Gebiet des Feuerlöschwesens, Organ des Feuerwehr-Landes-Centralverbandes für Böhmen, Prag/Josefstadt, 1892, Nr. 1, 9, 16, 18 und 20., zit. nach Schinnerl, *Handbuch zur Feuerwehrgeschichte, Ausbildung und Feuerwehrschulen, Österreichischer Bundesfeuerwehrverband 2005, S.5*)*

Diese mehrtägige Fachtagung war die Initialzündung, um theoretische Fachvorträge weiter in Österreich zu verbreiten.

Der erste beamtete Landesfeuerwehrinspektor Oberst a.D. Oswald Prack, verknüpfte sein Wissen aus seiner militärischen Laufbahn mit dem praktischen Anwendungsgebiet des Feuerwehrwesens. Durch Explosionen in Kriegszeiten und durch die Explosion der Pulverfabrik in Blumau am Steinfeld 1917, hegte er den Wunsch den Ausbildungsstand im Feuerwehrwesen voranzutreiben.

Er begründet die Initiative damit, dass infolge des raschen Vorwärtsschreitens der Technik und der zahlreichen Neuerungen auf dem Gebiete des Feuerschutzwesens die zur Leitung der Feuerwehrkorps

berufenen Organe, selbst beim besten Willen, sich die nötigen Kenntnisse durch das Studium der Fachpresse allein nicht mehr aneignen können. (Schinnerl A., Handbuch zur Feuerwehrgeschichte, Ausbildung und Feuerweherschulen, Österreichischer Bundesfeuerwehrverband; 2005; S. 7).

Der Bezug zu sportlichen Leistungen, tritt hier schon in den Hintergrund. Auf den Zusammenhang von Sport und Feuerwehr wird in einem späteren Kapitel der vorliegenden Diplomarbeit noch näher eingegangen. 1930 wird das erste Schulgebäude errichtet und das Sachgebiet der Ausbildung nimmt im Feuerwehrwesen Gestalt an. Prüfungen werden zuerst als freiwillig angesehen, jedoch ein wenig später gesetzlich beschlossen.

In der Zeit des 2. Weltkrieges, werden gesetzlich erlassene Ausbildungsunterteilungen durch den *"Reichsführer SS und Chef der Deutschen Polizei im Reichsministerium des Innern"* forciert. Die Unterteilung der Ausbildung in

**) Ausbildung in den Feuerwehrdienst*

**) „Die Gruppe 1:8“*

**) "Führungszeichen"*

**) "Der Zug"*

**) "Der Gasschutz"*

(Schinnerl A., Handbuch zur Feuerwehrgeschichte, Ausbildung und Feuerweherschulen, Österreichischer Bundesfeuerwehrverband; 2005; S.9)

kann man in leicht abgeänderter Form im heutigen Feuerwehrwesen immer noch erkennen.

Nach dem zweiten Weltkrieg versuchte man, an die Anfangsstadien des Feuerwehrwesens anzuknüpfen.

..., dass sowohl Kursteilnehmer wie Ausbildungsleute alle Lust und Liebe zur Sache verloren. Es wurde mit einer Unlust gearbeitet, die nicht zu beschreiben ist. Die Leidtragenden waren immer die Kursteilnehmer. Etwas Gutes war aber doch bei der ganzen Sache: wir sind um einige Erfahrungen reicher geworden und wissen nun, wie es nicht gemacht werden soll. (Schinnerl A., Handbuch zur Feuerwehrgeschichte,

Ausbildung und Feuerwehrsulen, Österreichischer Bundesfeuerwehrverband; 2005; S.10)

1948 wurde der Grundstein für einen Leitfaden im österreichischen Feuerwehrwesen gelegt. Die Fachschriftenreihe für die Österreichischen Feuerwehren wurde durch den Wiener Bohmann-Verlag herausgegeben. Diese „Roten Hefte“, wie sie auch im Volksmund bezeichnet werden, sollen eine einheitliche Ausbildung sowohl in den Feuerwehrsulen, als auch auf örtlicher Ebene garantieren. Von 1948 bis 1969 erschienen 32 Hefte, die sich mit Löschverfahren, Löschtaktiken, Exerziervverfahren, Atemschutz und technischen Feuerwehreinsätzen befassen.

Im Laufe der nächsten Jahre steigen die Anforderungen und vielfältigen Einsatzszenarien im Feuerwehrwesen, sodass ein stetig steigendes Kursangebot im Schulungswesen unabdingbar wird. Die professionelle Durchführung der Kurse fördert ebenfalls das Interesse der Teilnehmer und somit werden die Schulungszentren erweitert. Leistungsbewerbe und Prüfungen bringen neue Impulse im Feuerwehrwesen.

1978 werden die ersten Atemschutzwärter in den verschiedenen Bundesländern ausgebildet. Der Grundstein für die Entwicklung des Atemschutzes wird gelegt. In Oberösterreich werden laut *Schinnerl (2005)* „... die dringend erforderliche Atemschutzübungsstrecke in Betrieb genommen. Ab Herbst werden Grundwehrdiener des ABC-Abwehruzuges, die Mitglieder freiwilliger Feuerwehren sind, in Lehrgängen im Branddienst, im Technischen Einsatz und im Strahlenschutz ausgebildet.“ (*Schinnerl A., Handbuch zur Feuerwehrgeschichte, Ausbildung und Feuerwehrsulen, Österreichischer Bundesfeuerwehrverband; 2005; S.29*)

Die Notwendigkeit der fundierten Ausbildung im Bereich des Atemschutzes wird jedoch schon ein wenig früher erkannt. In den Jahren von 1948 bis 1969 erschienen zwei „Rote Hefte“¹ über den Einsatz mit Atemschutzgeräten - Heft Nr. 11 „Atemschutz 1“ und Heft Nr. 23 „Atemschutz 2“.

Die technischen Veränderungen der Atemschutzgeräte im Laufe der Zeit, sind laut dem Handbuch für Feuerwehrgeschichte folgend dargestellt:

- *Mundschwämme*
- *um 1860 diverse Versuche (Ur-Preßluftatmer mit Luftsack !) und Frischluftgeräten*

¹ Österreichischer Bundesfeuerwehrverband, Fachschriftenreihe

- *Experimente mit chemischem Sauerstoff funktionieren zunächst nicht*
- *Sauerstoffschutzgeräte um 1900 tauglich, bei den Feuerwehren aber nicht vorhanden. (BF Wien ab den 20er Jahren). FF Salzburg 1936 Kreislaufatmer*
- *Gasmasken aus Kriegsbeständen*
- *Kriegsfahrzeuge waren mit SSG² +Masken ausgestattet, teilweise übernommen*
- *Standardmäßige Einführung von Preßluftatmern ab etwa 1960 (Dräger PA 37, Auer-Dräger DA 58)*

(Würzelberger J., Handbuch zur Feuerwehrgeschichte, Technikgeschichte d. Feuerwehrwesens, Österreichischer Bundesfeuerwehrverband; 2005; S.2)

Seit 1950 ist Tulln das Zentrum des Schulungswesens des Niederösterreichischen Landesfeuerwehrverbandes. Durch immer notwendiger Bedürfnisse wird die Landesfeuerweherschule des Landes Niederösterreich 2006 an einem anderen Standort in Tulln neu erbaut und der Ausbildungsbetrieb wieder aufgenommen.

„ Der Weg ins neue Jahrtausend war gekennzeichnet von moderner Ausbildungsmethodik und dem Streben, alle Inhalte an den Stand der Technik und die Bedürfnisse der Feuerwehren anzupassen.“ (NÖ Landes-Feuerweherschule, Die NÖ LFWS, Aufgaben und Entwicklung. Zugriff am 15. Jänner 2015 unter <http://www.feuerweherschule.at/>)

Vor ca. 10 Jahren hat auch der Feuerwehrverband Niederösterreich die „Ausbildungsprüfung Atemschutz“ eingeführt und in das Ausbildungsprogramm aufgenommen. Diese beschäftigt sich mit einem Hindernisparcour und theoretischen Fragen. Die Eigensicherung des arbeitenden Trupps liegt hierbei im Vordergrund. Die Schnelligkeit des Trupps steht an zweiter Stelle und wird nachrangig bewertet.

2.1 Ausbildung

In diesem Punkt wird der Ablauf der verschiedenen Ausbildungen schematisch dargelegt. Auf die Ausbildung der Atemschutzgeräteträger/innen wird jedoch näher eingegangen, da es ein wichtiges Basiswissen für diese Diplomarbeit darstellt. Im niederösterreichischen Feuerwehrverband setzt sich die Ausbildung eines Feuerwehrmitgliedes aus der

² Unter "SSG" versteht man "Sauerstoff-Schutz-Geräte", welche auch Regenerationsgeräte oder Kreislaufgeräte genannt werden.

Grundausbildung, auch Truppmannausbildung genannt, aus angebotenen Modulen in den einzelnen Bezirken und schlussendlich aus Modulen in der niederösterreichischen Feuerweherschule in Tulln zusammen. Wie es der Landesfeuerwehrverband des Landes Niederösterreich auf seiner Homepage auch beschreibt, sind diese Ausbildungen von großer Wichtigkeit für den „Beruf als freiwilliges Feuerwehrmitglied“.

Für alle Einsatzerfordernisse sollen die Feuerwehrmitglieder die richtigen taktischen und technischen Maßnahmen für die Bekämpfung bzw. Behebung von Schadensfällen innerhalb kürzester Zeit treffen. Dies verlangt nicht nur speziell abgestimmtes Gerät, sondern setzt auch eine optimale Anwendung voraus. Schon bei dieser gar nicht in die Tiefe gehenden Betrachtungsweise kommt die Bedeutung der Ausbildung zum Ausdruck. Jedes Handwerk will gelernt sein, und der Beruf „Freiwilliges Feuerwehrmitglied“ verlangt gleiches. (Niederösterreichischer Landes-Feuerwehrverband, Ausbildung in der Feuerwehr. Zugriff am 15. Jänner 2015 unter http://noelfv.noel122.at/feuerwehr/incontent/sites/1/DE/template_2134.asp)

2.1.1 Grundausbildung - „Truppmannausbildung“

Die Truppmannausbildung ist eine Ausbildung in der eigenen Feuerwehr. Die Gerätschaften des eigenen Standortes, also der Feuerwehr, bei der man als Mitglied gemeldet und registriert ist, werden dem neuen Mitglied näher gebracht. Erste Anwendungsbereiche dieser Gerätschaften werden erwähnt und auch in der Praxis vorgezeigt und umgesetzt. Laut dem *Österreichischen Bundesfeuerwehrverbandes (Handbuch für die Grundausbildung – Ausbilderleitfaden, 1/2011)* setzt sich diese erste und als allgemein zu betrachtende feuerwehrfachliche Ausbildung, aus den folgenden 10 Sachgebieten zusammen:

- *Organisation und Verhaltensregeln*
- *Unfallverhütung / Erste Hilfeleistungen*
- *Bekleidung, Fahrzeuge und Geräte*
- *Atem- und Körperschutz*
- *Nachrichtendienst*
- *Brand- und Löschlehre*

- *Der technische Einsatz*
- *Gefahrenlehre*
- *Die taktischen Einheiten im Einsatz*
- *Länderspezifische Beilagen*

(Österreichischen Bundesfeuerwehrverband, Handbuch für die Grundausbildung – Ausbilderleitfaden, 1/2011; siehe Inhaltsverzeichnis)

Wie man schon alleine durch die Aufzählung der einzelnen Sachgebiete erraten kann, ist diese Ausbildung sehr theoriegeleitet. Es wird versucht, den neuen Mitgliedern viele Informationen über die eigene Feuerwehr, aber auch über die gesamte Organisation Feuerwehr mitzugeben. Der sportliche Aspekt bleibt auch hier unerwähnt. Diese Stelle wäre ein guter Einstiegspunkt die jungen Feuerwehrmitglieder für sportliche Aktivitäten zu begeistern und die Wichtigkeit der körperlichen Leistungsfähigkeit für den Atemschutzgerätedienst hervorzuheben.

2.1.2 Ausbildung zu Atemschutzgeräteträger/innen

Die Voraussetzung dafür, ist der positive Abschluss der Truppmannausbildung und der Nachweis der Atemschutztauglichkeit. Die Ausbildung von Atemschutzgeräteträger/innen wird seit dem Jahr 2012 im Zuge einer Stufenausbildung durchgeführt. Diese Stufenausbildung gliedert sich in die Bereiche „Anlernphase und Festigungsstufe“ und „Erweiterte Praxisausbildung“.

2.1.2.1 Anlernphase und Festigungsstufe

Die Anlernphase und Festigungsstufe besteht aus 3 Stufen, welche verschiedene Aufgabenbereiche der Atemschutzgeräteträger/innen abdecken. Von Stufe 1 bis Stufe 3, werden die Anforderungen an das Feuerwehrmitglied immer mehr gesteigert. Die psychische Belastung, welche während eines Atemschutzeinsatzes auf die Geräteträger/innen einwirkt wird mit jeder Stufe versucht klarer zu definieren und auf die Auszubildenden zu übertragen. Nach diesen ersten 3 Stufen der Anlernphase und Festigungsstufe, können die Atemschutzgeräteträger in den Einsatz geschickt werden.

Die **Stufe 1** besteht aus dem ersten Kennenlernen und Auseinandersetzen mit dem Atemschutzgerät. Dabei wird versucht, so wenig wie möglich, äußere Einflussfaktoren auf das Feuerwehrmitglied einwirken zu lassen. Es ist ein „Hineinschnuppern in die Welt des Atemschutzes“.

In der **Stufe 2**, muss der Auszubildende an einem bezirksweiten Lehrgang teilnehmen, der dem Feuerwehrmitglied theoretische Inhalte bezüglich,

- *Grundlagen Atemschutzeinsatz*
- *Gerätekunde*
- *Verhalten im Atemschutzeinsatz*

(Niederösterreichischer Landesfeuerwehrverband Landesfeuerwehrkommando, Fortbildung 2012 ASB/BSB Atemschutz, 2012; S.8)

näher bringt. Es werden hierbei theoretische Inhalte vermittelt sowie praktische Erfahrungen weitergegeben. Außerdem muss ein Hindernisparcours unter vollständiger Atemschutzausrüstung und bei Sichtbehinderung durchgearbeitet werden. Dieser Hindernisparcours bringt die ersten praktischen und einsatznahen Erfahrungen für die Atemschutzgeräteträger mit sich. Die Verantwortung gegenüber den Mitgliedern des Trupps wird erstmals kennengelernt. Die Sichtweise soll dabei auf Gefahren für das Mitglied selbst und auf Gefahren für die mitgeführten Mitglieder im Atemschutzeinsatz gelenkt werden. Die psychische Komponente wird in dieser Ausbildungsstufe einem fiktiven Einsatz nahe geführt. Diese Stufe wird mittels einer schriftlichen Leistungsfeststellung bzw. Erfolgskontrolle und einer praktischen Vorführung der Kenntnisse bezüglich eines Atemschutzeinsatzes abgeschlossen.

In der **Stufe 3** wird großes Augenmerk auf die Festigung des Erlernten und auf die Umsetzung des Gelernten, auf die Ausstattung und die Gegebenheiten der eigenen Feuerwehr gelegt. Das wiederholte Üben von Handlungen und Möglichkeiten, die zu einem erfolgreichen Atemschutzeinsatz führen, stehen im Mittelpunkt. Oftmalige Übungen und Wiederholungen geben den Atemschutzgeräteträger/innen eine gewisse Ruhe und Sicherheit. Das Verantwortungsbewusstsein, sich selbst und anderen Mitgliedern gegenüber wird hier geschult und gesteigert.

"Im eigenen Interesse jedes einzelnen, sollte jedes aktive Mitglied darüber Bescheid wissen, wie es um seine eigenen Kenntnisse bestellt ist, und welche Aufgaben auch im

Atemschutzeinsatz es sich zutraut." (Niederösterreichischer Landesfeuerwehrverband – Arbeitsausschuss „Schadstoffe und Körperschutz“, Richtlinie Atemschutz 01 – Ausbildung Atemschutz, Stufe 3 Erweiterte Atemschutzausbildung; 2012; S.8)

2.1.2.2 Erweiterte Praxisausbildung (optional)

Grundthematik dieser erweiterten Praxisausbildung, die sich wiederum in 3 Stufen teilt, ist das Sammeln von Erfahrungen mit Hitze, Rauch und den daraus resultierenden Stressfaktoren.

Die **Stufe 4** befasst sich mit "Wärmegewöhnungsanlagen Gasbefeuert". Hierbei wird der erste Kontakt mit Hitze und Sichtbehinderung, durch die beim Löschversuch entstehenden Wasserdämpfe, gestellt. Das in den vorigen Ausbildungen Erlernte kann hierbei, unter sicheren Bedingungen, in die Praxis umgesetzt werden.

Bei der **Stufe 5** spricht man laut der „Richtlinie 01 Ausbildung Atemschutz“ des niederösterreichischen Landesfeuerwehrverbandes von der Ausbildung mittels „Wärmegewöhnungsanlagen Feststoff befeuert“. In dieser Ausbildungsstufe wird den teilnehmenden Feuerwehrmitgliedern Hitze- und Raucheigenschaften realitätsnäher vermittelt. Realbrände können hier, aufbauend auf die Stufe 4, abgearbeitet und bewältigt werden. Kenntnisse über die Brandbekämpfung können hierbei in die Praxis umgesetzt werden.

Die Ausbildung in „Rauchdurchzündungsanlagen (Brandlabor)“ prägen die letzte Stufe – **Stufe 6**. In dieser Ausbildungsstufe sollen die Teilnehmer/innen das Brand- und Rauchverhalten zu interpretieren lernen. Dies soll in weiterer Folge helfen, Rauchgasexplosionen, im Fachjargon „Backdraft“ genannt, und das Phänomen des Feuerübersprungs, auch „Flash Over“ genannt, erkennen und verhindern zu können. Das Abschätzen und Erkennen dieser Gefahren und Phänomene, wird nicht unter direkter Beflammung der Teilnehmer durchgeführt.

3. Tauglichkeitsuntersuchung für **Atenschutzgeräteträger**

Die allgemeine und uneingeschränkte Einsatztauglichkeit ist als Voraussetzung für den Dienst als Atemschutzgeräteträger zu betrachten. Die allgemeine Untersuchung für die Einsatztauglichkeit, besteht aus einer klinischen Untersuchung, einer Visusprüfung und einem Hörtest. Laut dem Niederösterreichischen Feuerwehrverband, werden diese Untersuchungspunkte für die allgemeine Einsatztauglichkeit empfohlen:

Klinische Untersuchung:

- *internistischer Status*
- *orthopädischer Status*

Visusprüfung: mit Sehtafel

- *normale Sehleistung (gegebenenfalls durch Korrektur mit Brille bzw. Kontaktlinse)*
- *Normales Farbsehen*

Hörtest:

- *Konversationssprache > 6 Meter*

(Niederösterreichischer Feuerwehrverband Landesfeuerwehrkommando; Empfehlung Tauglichkeitsuntersuchungen für Mitglieder von Freiwilligen Feuerwehren; 12/2012; S.1)

Diese Allgemeinuntersuchung soll dazu dienen, dem Feuerwehrkommandanten medizinische Grundinformationen über ein Mitglied zu geben, um eben diesen, im Einsatzfall, die für ihn passenden und zulässigen Aufgaben anzuvertrauen.

" Bei Nichterreichen der oben angeführten Tauglichkeitsnormen kann der Feuerwehrarzt bzw. der untersuchende Arzt nach Maßgabe des Befundes die bedingte Tauglichkeit mit Ausschluss bestimmter Tätigkeiten feststellen." (Niederösterreichischer Landesfeuerwehrverband Landesfeuerwehrkommando; Empfehlung Tauglichkeitsuntersuchungen für Mitglieder von Freiwilligen Feuerwehren; 12/2012; S.3)

Für Atemschutzgeräteträger muss eine vollständige und uneingeschränkte allgemeine Einsatztauglichkeit vorliegen. Diese Erstatungstauglichkeitsuntersuchung muss vor der Teilnahme des ersten Moduls der Ausbildung der Atemschutzgeräteträger/innen durchgeführt werden und darf maximal 12 Monate alt sein. Mit der erfolgreichen Ablegung der Erstuntersuchung für die Atemschutztauglichkeit, ist nur die medizinische Tauglichkeit festgestellt worden und die Teilnahme an der weiteren Ausbildung genehmigt.

Die Atemschutztauglichkeitsuntersuchung setzt sich laut dem „*Merkblatt für Feuerwehrärzte zur Tauglichkeitsuntersuchung*“ (Niederösterreichischer Landesfeuerwehrverband Landesfeuerwehrkommando, Merkblatt für Feuerwehrärzte zur Tauglichkeitsuntersuchung. 12/2012) aus den Einzeluntersuchungen „Kurzanamnese“, „Ergometrie“, „Spirometrie“ und „Auskultation des Herzens“ zusammen.

3.1 Kurzanamnese

Die Kurzanamnese hat die Aufgabe, Krankheiten bzw. Beschwerden, die im Leben des Feuerwehrmitgliedes aufgetreten sind, herauszufinden. Medikamente und vorherige Operationen werden hierbei ebenfalls miteinbezogen. Diese Aufnahme der medizinischen Vorgeschichte und des momentanen Wohlbefindens dieser Person, kann für weitere Untersuchungen vorteilhaft und hilfreich sein.

Tabelle 2: *Kurzanamnese der Atemschutztauglichkeit*

	Ja (Angabe der Krankheiten bzw. Medikamente	Nein
Erkrankungen des Herzens, Kreislaufes, Blutdruck, Angina pectoris, Herzinfarkt, Herzklappenentzündung		
Erkrankung der Lunge		
Frühere Operationen		
Regelmäßige Medikamente		
Erkrankungen nach denen nicht gefragt wurde		

Quelle: Niederösterreichischer Landesfeuerwehrverband Landesfeuerwehrkommando, Formular zur Bestätigung der Tauglichkeitsuntersuchung. 2012; S. 3

3.2 Ergometrie

Eine ergometrische Untersuchung kann auf unterschiedliche Art und Weise durchgeführt werden. Hollmann, Strüder, Predel und Tagarakis (2006) fassen diese verschiedenen Untersuchungsmethoden als ergometrische Arbeitsformen zusammen:

- *Fahrradergometrie*
- *Drehkurbelergometrie*
- *Laufbandergometrie*
- *Ruderergometrie*
- *Schwimmergometrie*
- *Skilaufergometer*
- *Kanu- bzw. Kajakergometer*
- *Handergometer*
- *Pedometer und Akzelerometer*

(Hollmann W., Strüder H. K., Predel H.-G., Tagarakis Chr.; Spiroergometrie, Kardiopulmonale Leistungsdiagnostik des Gesunden und Kranken. Schattauer GmbH Stuttgart, 2006; S. 36 ff.)

Die häufigste in europäischen Kreisen verwendete Arbeitsform ist die Fahrradergometrie. Durch leichtere koordinative Voraussetzungen als bei einer Laufbandergometrie und der Untersuchungsmöglichkeit im Sitzen, kann die Bandbreite an zu untersuchenden Probanden/innen maximiert werden. Ältere Personen, nicht mehr so kräftige Personen und Personen welche durch Krankheiten geschwächt sind, können mithilfe der Fahrradergometrie untersucht werden.

„Die zu untersuchende Person befindet sich in sitzender Position und treibt über zwei Pedale mit variabler Umdrehungszahl ein Schwungrad an. Dieses kann mechanisch, elektrisch, über einen Dynamo oder über einen Wirbelstrom gebremst werden.“ (Hollmann et al., Spiroergometrie, kardiopulmonale Leistungsdiagnostik des Gesunden und Kranken; Schattauer GmbH Stuttgart; 2006; S. 38)

Die Fahrradergometrie ist international die üblichste ergometrische Belastungsmethode, da das Körpergewicht bei Männern und Frauen nur eine untergeordnete Rolle spielt. Als weitere Pluspunkte der Fahrradergometrie gegenüber anderen Arbeitsformen, kann das EKG meist störungsfrei abgelesen werden und die Messung des Blutdruckes erfolgen. Des Weiteren kann eine leichte Abstufbarkeit der Belastung stattfinden und eine gezielte Belastungsintensität gewählt werden.

Laut dem Niederösterreichischen Landesfeuerwehrverband und dem Landesfeuerwehrkommando sollten alle Untersuchungen mittels Fahrradergometrie getestet werden.

„ Für die Ergometrie wird eine Belastung von 175 Watt im Blocktest über 6 Minuten empfohlen. Alternativ kann auch der Stufentest durchgeführt werden, wobei hier allerdings die Zielbelastung von 200 Watt /2 Minuten erreicht werden soll.“(Niederösterreichischer Landesfeuerwehrverband Landesfeuerwehrkommando, Merkblatt für Feuerwehrärzte zur Tauglichkeitsuntersuchung. 12/2012, S. 1)

Nach dieser Belastungsphase, soll noch eine 3-5 minütige Nachbelastung stattfinden.

Der niederösterreichische Landesfeuerwehrverband schreibt folgende Standards bezüglich der Apparaturen vor:

- *Ergometer mit kontinuierlicher 12-kanal-EKG-Aufzeichnung*
- *regelmäßige Blutdruckmessung*
- *Notfallausrüstung*
- *Defibrillator*

(Niederösterreichischer Feuerwehrverband, Landesfeuerwehrkommando; Merkblatt für Feuerwehrärzte zur Tauglichkeitsuntersuchung; 12/2012; S. 1).

Die 12-Kanal Aufzeichnung wird bevorzugt, da diese elektrische Signale der Skelettmuskulatur weitgehend filtern kann und dadurch eine störungsfreie Aufzeichnung möglich macht. Die regelmäßige Blutdruckmessung während der Untersuchung, eine Notfallausrüstung und ein Defibrillator sichern die medizinische Erstversorgung bei eintretenden Notfällen durch die oftmals hohen Belastungen auf den menschlichen Körper.

Ruhe: RR / Puls (/min)
Belastung: RR / (max.) Puls (/min) (max.)
EKG-Beurteilung: Ruhe: Belastung:
Belastung: 6 * min. *, 175 Watt *
Abbruch wegen:

Abbildung 19: *Ergometrisches Untersuchungsprotokoll* (Niederösterreichischer Landesfeuerwehrverband Landesfeuerwehrkommando, Formular zur Bestätigung der Tauglichkeitsuntersuchung. 2012; S. 3)

Aus diesem Auszug aus dem Untersuchungsblatt der Tauglichkeitsuntersuchung ist herauszulesen, dass die Herzfrequenz, (Schläge/min) zuerst in Ruhe und danach unter Belastung gemessen und ausgewertet wird. Das menschliche Herz hat die Aufgabe unser Blut in die Peripherie – also in die Extremitäten – aber auch in die einzelnen Organe des menschlichen Körpers zu pumpen. Das Blut wird für die Nährstoff- und Sauerstoffversorgung dringend benötigt. Aber auch der Abtransport von verbrauchten Stoffen wird durch diesen Kreislauf, auch Herz-Kreislaufsystem genannt, aufrechterhalten. Je nach Bedarf muss das Herz entweder eine höhere oder geringere Pump- bzw. Auswurfleistung erbringen. Diese Leistung des Herzens wird - bei der Untersuchung als Puls angegebene Größe – als Herzfrequenz definiert.

„Unter Herzfrequenz (HF) wird die Anzahl der Herzschläge pro Minute verstanden.“
(Weineck J., *Sportbiologie*. Spitta Verlag GmbH & Co.KG, Balingen, 9.Auflage 2004; S.131)

Mit steigender Belastung, steigt auch die Herzfrequenz, bis diese die maximale Auslastung – maximale Herzfrequenz - erreicht hat oder eine zu große Ermüdung der Probanden eintritt. Die Herzfrequenz hängt von einer Vielzahl an limitierenden bzw. einwirkenden Faktoren ab. Weineck (2004) bezieht in seinem Buch Sportbiologie unter anderem folgende Faktoren mit ein:

- *Lebensalter*
- *Körpertemperatur*
- *körperliche Belastung*
- *emotionaler Zustand*
- *Tag-Nacht-Rhythmus*

- *Trainingszustand*

(Weineck Jürgen, *Sportbiologie*; Spitta Verlag GmbH & Co.KG; Balingen; 9.Auflage 2004; S. 131)

Hollmann *et al.*, (2006) beziffern den Ruhepuls von gesunden Erwachsenen mit ca. 60 bis 80 Schlägen pro Minute. Die maximalen Frequenzwerte variieren sehr stark, abhängig von Alter und Geschlecht.

In den Kästchen auf der linken Seite des Auszuges aus dem Formular für Tauglichkeitsuntersuchungen, mit den Buchstaben „RR“ gekennzeichnet, werden die Werte des Blutdruckes eingetragen, ebenfalls bei Ruhe und bei Belastung. Der Blutdruck besteht aus 2 Zahlenwerten. Der erste Wert ist dem systolischen Teil des Herzrhythmus zuzuschreiben, der zweite Wert dem diastolischen Teil. Um dies kurz und schematisch zu erklären kann man sich den Herzrhythmus aus zwei Bewegungen zusammengesetzt vorstellen – der „Ausströmphase“ und der „Füllungsphase“. Während der „Ausströmphase“ wird das mit Blut aufgefüllte Herz teilweise muskulär zusammengepresst und das Blut in den Kreislauf gepumpt. Bei der „Füllungsphase“ entspannt sich die Herzmuskulatur und durch den entstandenen Unterdruck wird Blut in das jetzt teilweise leere Herz gesaugt.

Laut der *Weltgesundheitsorganisation (2013)* wird der Begriff Blutdruck wie folgt definiert:

Durch das Messen des Blutdrucks ist zu sehen, wie stark das Blut gegen die Arterienwände gepresst wird, während es vom Herzen durch den Körper gepumpt wird. Der systolische Wert bezeichnet den Druck, der entsteht, wenn das Blut durch einen Herzschlag aus dem Herzen gepresst wird. Der diastolische Wert bezeichnet den Druck in der Ruhephase des Herzens zwischen zwei Schlägen. (Weltgesundheitsorganisation (WHO) Regionalbüro für Europa, Faktenblatt Bluthochdruck; 2013)

Der Belastungsblutdruck bei 100 Watt sollte laut *Wonisch, et al.*, (2008) bei 20-50 jährigen Personen bei 200/100 (mmHg) liegen. Mit zunehmendem Alter steigen diese Werte an.

In der nächsten Zeile des Untersuchungsbogens folgt die Beurteilung des Ruhe-EKGs³. Während dem Ruhe-EKG, werden dem Feuerwehrmitglied in liegender Position mehrere Elektroden laut Elektrodenanlage am Oberkörper befestigt. Dies kann mittels Klebe- oder Saugelektroden von Statten gehen. Die Elektroden am Oberkörper werden auch als

³ Elektrokardiogramm

Brustwandelektroden bezeichnet. Dieser Name bezieht sich auf die Position der Befestigung am Oberkörper. An den Extremitäten wird jeweils eine EKG-Klammer befestigt.

Extremitätenableitungen:

RA = rechter Arm **LA** = linker Arm
LB = linkes Bein **RB** = rechtes Bein (Erdung)

- Saug- oder Klebe-Elektroden bevorzugt
- Anlage dorsal besser als ventral
- Armelektroden:
möglichst lateral Schulterbereich
- Beinelektroden:
möglichst lateral lumbal

Brustwandableitungen:

V1, V2:
4.ICR re. u. li. parasternal

V4:
5.ICR mittlere Clavicular-
linie

V3:
zwischen V2 und V4

V5:
vordere Axillarlinie in
Höhe von V4

V6:
mittlere Axillarlinie in
Höhe von V4

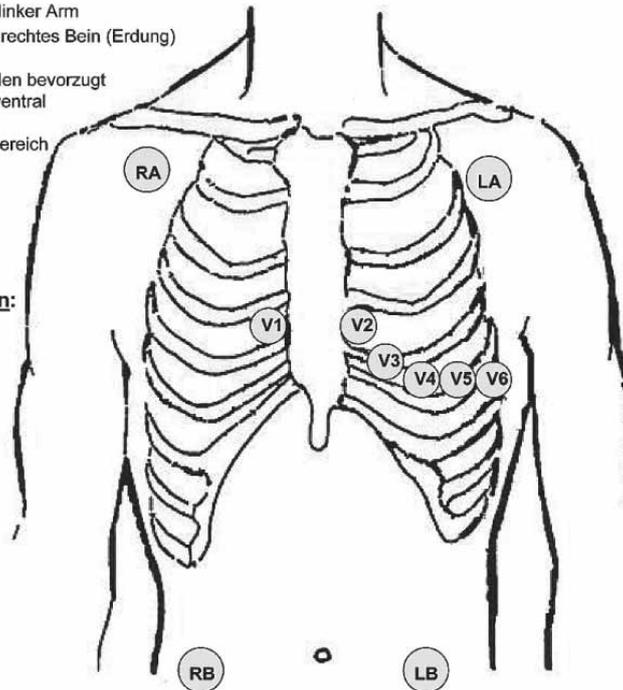


Abbildung 20: Elektrodenanlage (Fletcher et al., *Exercise Standards for Testing and Training: A Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association, 2001*)

Laut Fletcher et al., (2001) zeigt die Abbildung 11 die einzelnen Positionierungspunkte der Elektroden und der Elektrodenklammern. Durch das EKG werden die elektrischen Signale der Herzmuskeln aufgezeichnet und über die Zeit aufgetragen. Die einzelnen Abschnitte eines EKGs lesen und deuten zu können, erfordert ein hohes Maß an Übung und Auseinandersetzung mit dem Thema des Herzrhythmus. Die EKG Beurteilung für den Untersuchungsbogen wird als normal bzw. unauffällig oder als auffällig mit einem Hinweis auf das Krankheitsbild (z.B. Tachykardie⁴,...) notiert.

Um eine erfolgreiche uneingeschränkte Tauglichkeit zu erlangen, muss das Feuerwehrmitglied zusätzlich zu den gerade aufgezeigten Kenngrößen der Herzfunktion, sechs Minuten lang bei 175 Watt oder den Stufentest am Fahrradergometer erfolgreich bewältigen. Bei Abbruch bzw. Nicht-Erreichen der Soll-Marke des Belastungstests wird das untersuchende Personal weitere Konsequenzen bzw. Hintergründe festzustellen versuchen.

⁴ Eine übermäßig hohe Frequenz des Herzen in Ruhe oder bei normalen Belastungsbedingungen

Im niederösterreichischen Feuerwehrwesen kann bei Nichterreicherung der Leistungslimits der Feuerwehrarzt oder der untersuchende Arzt auch nur eine bedingte Tauglichkeit feststellen und damit einen Ausschluss von bestimmten Tätigkeiten bestimmen. Dies wird mittels Wertungsziffern (WZ) in das Untersuchungsprotokoll eingetragen. Als generelle Abbruchkriterien gelten die Richtlinien für Ergometrie der Österreichischen kardiologischen Gesellschaft.

Tabelle 3: *Abbruchkriterien der Tauglichkeitsuntersuchung*

<i>Abfall des systolischen Blutdrucks um mindestens 10 mmHg gegenüber dem Ausgangsblutdruck trotz eines Anstiegs der Belastung mit anderen Zeichen der Ischämie</i>	<i>Abfall des systolischen Blutdrucks um mind. 10 mmHg gegenüber dem Ausgangsblutdruck trotz eines Anstiegs der Belastung ohne andere Zeichen der Ischämie</i>
<i>Eindeutige Angina pectoris</i>	<i>ST- oder QRS-Veränderungen wie horizontale oder deszendierende ST-Senkung (> 0,2 mV) oder ausgeprägter Lagetypwechsel</i>
<i>Zunehmende zerebrale Symptomatik (z.B. Ataxie, Verwirrtheit, Präsynkope)</i>	
<i>Zeichen vermindelter peripherer Perfusion (Zyanose oder Blässe)</i>	<i>Arrhythmien anderer Art als anhaltende ventrikuläre Tachykardien, einschließlich multifokaler ventrikulärer Extrasystolen, Triplets, supraventrikuläre Tachykardien,</i>
<i>Technische Gründe, die es nicht möglich machen, das EKG oder den systolischen Blutdruck ausreichend auszuwerten</i>	<i>Blockierungen oder Vorhofflimmern</i>
	<i>Erschöpfung, Luftnot, Giemen, Beinkrämpfe oder Claudicatio</i>
<i>Der Wunsch des Untersuchten, die Belastung zu beenden (hier sollte der Untersuchende unbedingt verbal intervenieren, wenn keine anderen Indikationen zum Belastungsabbruch vorliegen)</i>	<i>Entwicklung eines Schenkelblockbildes oder intraventrikuläre Leitungsverzögerung, die nicht von einer ventrikulären Tachykardie zu unterscheiden sind</i>

<i>Anhaltende ventrikuläre Tachykardie</i>	<i>Zunehmende Angina pectoris</i>
<i>ST-Elevation um mindestens 0,1 mV in Ableitungen ohne pathologische Q-Wellen (nicht aVR oder V1)</i>	<i>Abfall der Tretkurbel-Umdrehungszahl < 40 U/min</i>
	<i>Arterielle Hypertonie (250 mmHg systolisch und/oder 115 mmHg diastolisch)</i>

Quelle: Österreichische kardiologische Gesellschaft, Praxisleitlinien Ergometrie, Journal für Kardiologie (2008)

3.3 Spirometrie

Die Spirometrie erfolgt mittels Gerätschaften, die den Durchfluss von Luftmengen messen – dem sogenannten Spirometer. Diese Spirometer bestehen aus einem Atemrohr und dem dazu angeschlossenen Mess- und Bedienteil. Die Messung kann auf verschiedenen Methoden beruhen, jedoch wird bei jedem Messverfahren, das Volumen über die Flussgeschwindigkeit im Atemrohr berechnet.

Nach *Weineck (2004, S.201)* werden über den Respirationstrakt etwa 10 000 bis 30 000 Liter Luft täglich in die Lunge eingeatmet. Mehrere statistische Ventilationsgrößen, die für das Atemsystem von großer Bedeutung sind, können mit Hilfe dieser Funktionsdiagnostik aufgezeigt werden.

Der Brustkorb, in dem die Lunge ihren Sitz hat, wird durch mehrere Muskelgruppen - die Zwischenrippenmuskeln, das Zwerchfell und die Hilfsmuskeln der Einatmung volumsmäßig vergrößert. Die Lungenarbeit geschieht in Folge nach dem Prinzip eines Blasebalges.

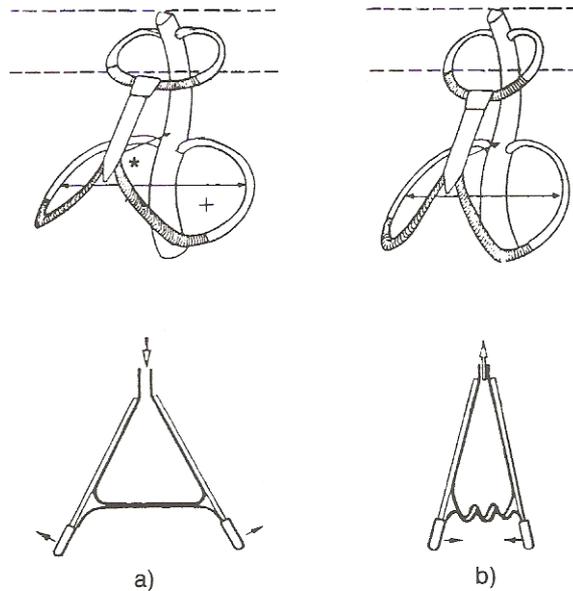


Abbildung 22: Veränderung des Brustkorbes bei
 Inspiration (a) und Expiration (b)
 (Weineck 9.Auflage 2004; S. 200)

Die Spirometrie bietet dem untersuchenden Arzt, eine größere Anzahl an Werten und Ventilationsgrößen, als auf dem Untersuchungsprotokoll eingetragen werden können. Weineck (2004) unterscheidet folgende Ventilationsgrößen der Lunge anhand ihrer Atemstellung:

- *Atemzugvolumen*: Unter dem Atemzugvolumen versteht man das Atemvolumen, welches mit jedem Atemzug bei ruhiger Atmung befördert wird (~0,5 Liter).
- *Inspiratorisches Reservevolumen*: Hierbei versteht man jenes Luftvolumen, welches nach normaler Einatmung, durch maximale Inspiration noch zusätzlich eingeatmet werden kann (~ 2,0 Liter).
- *Expiratorisches Reservevolumen*: Hierbei versteht man jenes Luftvolumen, welches nach normaler Ausatmung, durch maximale Expiration noch zusätzlich ausgeatmet werden kann (~ 1,5 Liter).
- *Residualvolumen*: Unter dem Residualvolumen versteht man jenes Luftvolumen, welches nach maximaler Expiration noch in der Lunge verbleibt (~ 1,2 Liter).
- *Vitalkapazität*: Die Vitalkapazität bezeichnet jenes Luftvolumen, welches nach tiefster Einatmung maximal ausgeatmet werden kann (~ 4,0 Liter).
- *Totalkapazität*: Die Totalkapazität ist der größtmögliche Luftgehalt der Lunge nach maximaler Inspiration. Hierbei wird zu der Vitalkapazität, das

Residualvolumen hinzugezählt (~ 5,2 Liter).

Die Zahlenangaben beziehen sich laut *Weineck (2004; S.205)* auf Durchschnittswerte von 20- bis 30jährigen Männern. Diese hier angegebenen Werte können natürlich auf Grund von Alter, Geschlecht, Trainingszustand und der allgemeinen körperlichen Konstitution abweichen.

Spirometrie WZ

VK_(soll) ml VK_(ist) ml FEV₁ ml/s

% VK_(ist) / VK_(soll) % FEV₁ % VK_(ist) %

Abbildung 24: *Spirometrisches Untersuchungsprotokoll*

(*Niederösterreichischer Landesfeuerwehrverband Landesfeuerwehrkommando, Formular zur Bestätigung der Tauglichkeitsuntersuchung. 2012; S. 3*)

Im Falle der Atemschutztauglichkeitsuntersuchung werden die oben genannten Werte ebenfalls durch die spirometrische Untersuchungsmethode an den Gerätschaften angezeigt. Auf dem Untersuchungsbogen werden jedoch nur die Werte der Vitalkapazität (VK) und der sogenannten „Einsekundenkapazität“ (FEV₁) eingetragen. Unter der Einsekundenkapazität versteht man jene Luftmenge, die der Proband nach maximaler Inspiration innerhalb einer Sekunde so schnell wie möglich wieder ausatmen kann. Der Wert der Einsekundenkapazität, auch Tiffeneau-Wert genannt, dient dem untersuchenden Arzt zur Diagnose von Verengungen in den Bronchien (z.B. Asthma). Die Vitalkapazität weist den untersuchenden Arzt auf das Volumen der Lunge hin. Dieser Wert spielt somit eine große Rolle um Erkrankungen festzustellen, bei denen sich die Lunge verkleinert (z.B. Lungenfibrosen,...).

Wie auf dem Auszug des Untersuchungsbogens ersichtlich ist, wird die Vitalkapazität mit einem „Soll-Wert“ und einem „Ist-Wert“ verglichen und daraus der Prozentsatz berechnet. Die Einsekundenkapazität wird mit Hilfe des „Soll-Wertes“ zu der relativen Einsekundenkapazität umgerechnet um ebenfalls einen Prozentsatz zu erlangen.

Die Vitalkapazität (VK) und auch die relative Einsekundenkapazität (FEV₁ % VK_(soll)) soll laut der Empfehlung für Tauglichkeitsuntersuchungen des niederösterreichischen Feuerwehrverbandes mindestens 75% betragen.

Um die Soll-Werte von der Vitalkapazität und der Einsekundenkapazität festzustellen, kann nach *Kamburoff & Woitowitz* das folgende Nomogramm herangezogen werden. Hierbei zieht

man eine Gerade zwischen den Balken „Alter (Jahre)“ und „Körpergröße (cm)“ und erhält an den Schnittpunkten mit den Balken „VC“ und „FEV₁“ die Soll-Werte.

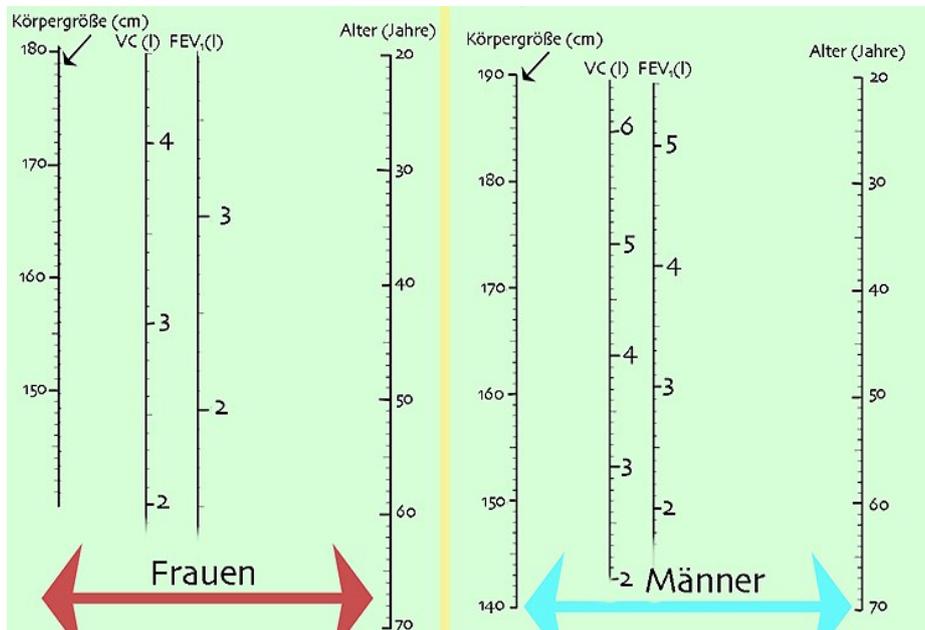


Abbildung 26: Nomogramm zur Feststellung von Vitalkapazität und der Einsekundenkapazität (Kamburoff & Weitowitz 1972)

3.4 Auskultation des Herzens

Unter Auskultation des Herzens, versteht man das Abhören der Herztöne mittels Stethoskop. Die Auskultation wird oftmals gemeinsam mit der Kurzanamnese durchgeführt und kann eine Verdachtsdiagnose ohne apparative Diagnostik stellen. Mittels des Stethoskops, einem Gerät mit einer an einem Ende befindlicher Membran und daran angeschlossenen Luftschläuchen, können verschiedene Organe des menschlichen Körpers abgehört werden. Die Lunge, das Herz und der Darm-Trakt sind die üblicherweise abgehörten Organe bzw. Trakte des menschlichen Körpers. Durch Unterschiede zu den Normalgeräuschen der Organe, können Erkrankungen oder sonstige Missstände entdeckt werden und danach durch weitere Untersuchungen belegt werden.

Das gesunde Herz pumpt Blut in einem bestimmten Rhythmus durch unseren Körper und zeigt ein typisches gleichmäßiges Herzschallbild.

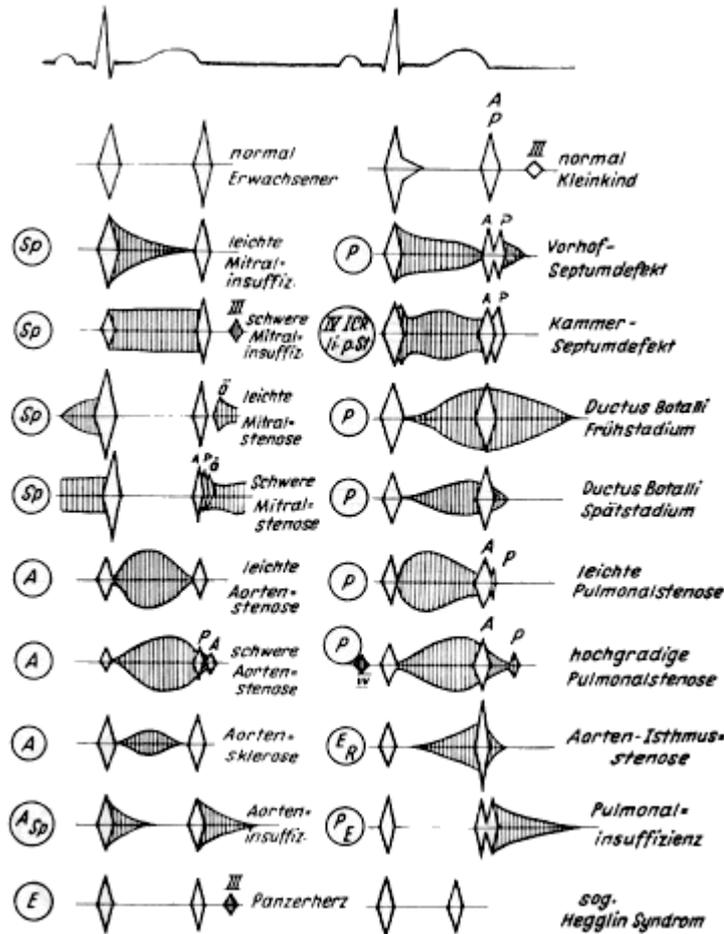


Abbildung 28: Typische Herzschallbilder (Hiller J.; Vorlesung Medizintechnik; 2005)

Diese Abbildung zeigt schematisiert typische Herzschallbilder. Der zu untersuchende Arzt hört diese, hier bildlich dargestellten, Herztöne durch das Stethoskop und kann aufgrund dieser eine Abweichung von der Normalgeräuschkulisse feststellen und diese im Untersuchungsprotokoll eintragen.

3.5 Aussagekraft der einzelnen Parameter

3.5.1 Kurzanamnese:

Fast jede Untersuchung beginnt mit einer Anamnese, die auf die Untersuchung zugeschnitten ist. Laut einer Stellungnahme der Bundesärztekammer aus Berlin geht hervor, dass die Anamnese ein fester Bestandteil des ärztlichen Basiswerkzeuges ist.

„Bei der Anamnese ergibt sich insbesondere aus dem strukturierten Vorgehen erst die diagnostische Qualität. Eine Anamnese ist daher nicht beliebig im Umfang zu reduzieren.“

(Stellungnahme der Bundesärztekammer zum Referentenentwurf einer „Ersten Verordnung zur Änderung der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge“ sowie (Az. IIIb1 – 36628/37, Schreiben vom 15.02.2013) zur Anhörung/Informationsveranstaltung im Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Bonn 22.02.2013; S. 5).

Die Kurzanamnese der Tauglichkeitsuntersuchung setzt sich aus oben genannten Fragen (siehe Tabelle 2: Kurzanamnese der Atemschutztauglichkeitsuntersuchung) zusammen und zielt sehr auf Krankheiten bzw. Medikamenteneinnahmen ab, welche die Leistungsfähigkeit beeinflussen können. Die Kurzanamnese ist auf die folgenden Untersuchungsteile (Ergometrie und Spirometrie) zugeschnitten. Gibt es schon vorweg, ohne die apparative Diagnostik der Ergometrie und Spirometrie Anzeichen auf eine Einschränkung im Atemschutzgeräteträger/innendienst, kann diese schon vorweg durch die Kurzanamnese aufgedeckt werden. Fünf kurze Fragen, decken hierbei einen sehr großen Teil des Gesundheitsverlaufes im Leben eines Feuerwehrmitgliedes ab. Mit der unterschriftlichen Eidablegung richtige Antworten zu geben, wird versucht irreführende Faktoren oder eine Vertuschung von gesundheitsbezogenen Faktoren zu vermeiden. Durch diese versuchte Vermeidung gewinnt die Kurzanamnese an Aussagekraft bezüglich einer allgemeinen Vorgeschichte des zu Untersuchenden.

3.5.2 Ruhe-EKG:

Durch die Aufzeichnung von elektrischen Signalen der Herzmuskel und dem nachfolgenden Ablesen der Aufzeichnung, wie es beim Ruhe-EKG geschieht, kann der untersuchende Arzt eine Abweichung von den im Regelfall auftretenden Intervallen und einzelnen Wellen herauslesen und deuten. Somit hat das Ruhe-EKG eine wesentliche vordiagnostische Aussagekraft, die durch bestimmte Marker und Vorzeichen auf Abweichungen von Regelwerten und damit verbundene Krankheiten schließen lässt. Diese Vorzeichen müssen jedoch durch weitere Untersuchungen abgeklärt und gefestigt bzw. verworfen werden. Durch die Anwendung eines Ruhe-EKGs kann aber nicht auf eine vollständige Gesundheit der Herzmuskeln und des Herzens selbst geschlossen werden. Viele Auffälligkeiten bezüglich der Abweichung vom Regelfall werden erst durch eine Belastung des Herzens festgestellt. Durch die höhere Pumpleistung des Herzens werden Krankheitsbilder erkennbar.

„Die Regulationsprüfungen⁵ erlauben lediglich eine Aussage über die Arte der Kreislaufreaktion und somit -regulation. Sie gestatten hingegen keinen Einblick in die Leistungsfähigkeit.“ (Hollmann W., Strüder H.K., Sportmedizin, Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin; Schattauer GmbH Stuttgart, 5. Auflage 2009; S. 343)

3.5.3 Fahrradergometrie:

Die Aussagekraft der Fahrradergometrie ist dadurch, dass das Herz und die damit verbundenen biologischen Systeme unter Belastung getestet und untersucht werden, eine relativ hohe. Mittels einfacher Mittel, können verschieden schwerwiegende Belastungen getestet werden und auf den Probanden einwirken. Die Arbeitsleistung und Arbeitsfähigkeit des Herz-Kreislauf-Systems kann erst durch Belastung der biologischen Systeme optimal getestet werden und eine Diagnose höherer Aussagekraft als gegenüber dem Ruhe-EKG gestellt werden. Durch die Belastungen des Herz-Kreislauf-Systems während einer Ergometrie können Abweichungen von Referenzwerten der Herzarbeit aufgezeigt werden, welche durch die Untersuchung mittels Ruhe-EKGs unauffällig waren bzw. sich nicht bemerkbar gemacht haben. Die Werte und aufgezeigten Parameter eines normalen unauffälligen Ruhe-EKGs, sind somit nicht direkt mit den Werten eines Belastungs-EKGs vergleichbar. Jedoch Abweichungen, welche durch die ergometrische Untersuchung zu Tage kommen, deuten auf bestimmte Krankheiten hin.

⁵ Hollmann und Strüder unterteilen in ihrem Buch „Sportmedizin, Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin“ die Messmethoden in Regulationsprüfungen und Leistungsprüfungen. Die Regulationsprüfung ist vergleichbar mit der Untersuchung des Ruhe-EKGs.

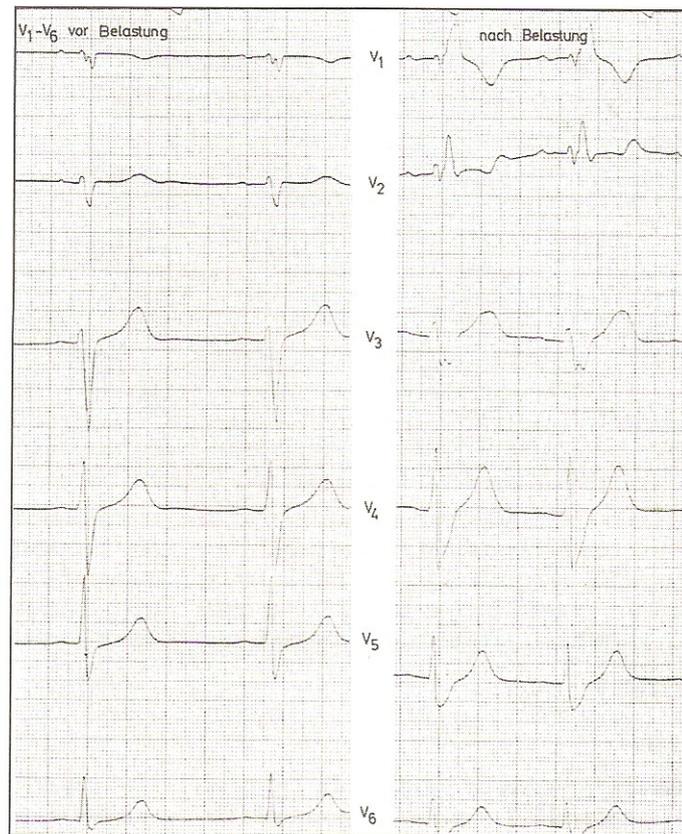


Abbildung 30: *Provokation eines Rechtschenkelblocks durch körperliche Belastung (Hollmann W., Strüder H. K., Predel H.-G., Tagarakis Chr., 2006; S. 207)*

Dieses Beispiel eines Fußballspielers, der über gelegentliche Schwindelzustände klagt, soll die Kurvenveränderungen eines EKGs durch Belastungsveränderung zeigen.

Das Ruhe EKG ist unauffällig. Unter Belastung kommt es zu einem Umschlag in den Rechtsschenkelblock⁶, der auch in der Erholungsphase persistiert (rechter Streifen) (nach Rost und Hollmann 1982). (Hollmann W., Strüder H. K., Predel H.-G., Tagarakis Chr.; Spiroergometrie, Kardiopulmonale Leistungsdiagnostik des Gesunden und Kranken; Schattauer GmbH Stuttgart; 2006; S. 207)

3.5.4 Spirometrie:

Die spirometrischen Angaben bezüglich der Tauglichkeitsuntersuchung legen sich auf die Vitalkapazität, also das Volumen eines bestimmten Lungenbereiches und die

⁶ Unter einem Rechtsschenkelblock versteht man eine Störung der Erregungsleitung im menschlichen Herzen. Die Ursachen für einen Rechtsschenkelblock können verschiedener Herkunft sein. z.B. Durchblutungsstörungen, Entzündungen des Herzens, usw....

Einsekundenkapazität fest. Die Einsekundenkapazität lässt Schlüsse auf den Querschnitt der Bronchien zu. Die leitenden Parameter und Beschreibungsbegriffe der Spirometrie, legen sich auf die Begrifflichkeit restriktiver und obstruktiver Lungenfunktion fest. Durch eine obstruktive Lungenfunktion, die eine Verengung bzw. eine Abweichung zum Normalwert darstellt, können Krankheitsbilder verglichen werden und daraus dann weitere Untersuchungen bzw. Maßnahmen zur Veränderung dieser Schadenslage getroffen werden. Die Aussagekraft der Spirometrie liegt jedoch auch in den Händen des zu untersuchenden Feuerwehrmitglieds. Die Motivation und die Ernsthaftigkeit eine Spirometrie durchzuführen, muss vom Probanden gegeben sein um eine aussagekräftige Diagnose stellen zu können. Nicht nur ein geringeres Maß an Motivation und Ernsthaftigkeit können die Aussagekraft dieser Untersuchung mindern, sondern auch das ungewohnte Atmen bzw. Ausatmen in das Atemrohr. Eine mehrmalige Wiederholung dieser Untersuchung führt zu einer Steigerung der Aussagekraft.

Laut *Weineck (2004, S.205)* ist der Aussagewert der Vitalkapazität für die Beurteilung der sportlichen Leistungsfähigkeit jedoch gering, da sie nur Auskunft über die mögliche Breite des Lungenvolumens, nicht aber Anhaltspunkte über die Leistungsfähigkeit gibt. Durch eine Reduzierung der Lungenelastizität und Beweglichkeit des Brustkorbes, nimmt der Parameter Vitalkapazität im Laufe des Lebens mit steigendem Alter kontinuierlich ab.

3.5.5 Auskultation des Herzens:

Wie oben beschrieben befasst sich die Auskultation des Herzens mit den Herztönen. Böhmer erklärt die Aussagekraft der Auskultation folgend:

Dabei erfordert die Auskultation weder einen finanziellen noch einen zeitlichen Aufwand: Sie stellt auch keine Kunst für sich dar, die auf Grund einer speziellen Veranlagung nur besonderen „Künstlern“ vorbehalten ist. Ganz im Gegenteil: die Auskultation setzt keine besondere Begabung voraus. Sie kann und muss vielmehr durch ein intensives, jahrelanges Training erlernt werden. (Blömer H., Auskultation des Herzens und ihre hämodynamischen Grundlagen; Broschiert - 2. Auflage - Verlag Urban & Schwarzenberg, 1969)

Durch jahrelanges und intensives Training können Fachärzte bzw. Ärzte, die sich mit diesem Fachbereich auseinandersetzen, eine sehr gute Vordiagnose stellen. Gegenläufige Ergebnisse bezüglich der Auskultation finden sich in der Zeitschrift „Der Allgemeinarzt“.

„Die Ergebnisse einer kontrollierten Studie an 305 Patienten mit Dyspnoe und/oder Ödemen fielen ernüchternd aus. Nur bei der Hälfte der Patienten gelang den Untersuchern anhand ausschließlich anamnestischer und klinischer Kriterien der korrekte Nachweis oder Ausschluss einer Herzinsuffizienz.“ (Leschke M., Der Allgemeinarzt, Offizielles Organ für Fortbildung und Praxis des Berufsverbandes der Allgemeinärzte Deutschlands – Deutscher Hausärzteverband e.V. - und der practica – Fortbildung zum Mitmachen; Ausgabe 10/2012; S. 16)

Es zeigt sich, dass die Aussagekraft der Auskultation besonders von den Fähigkeiten des untersuchenden Arztes abhängig ist.

4. Problematik der **Tauglichkeitsuntersuchung**

Die Atemschutztauglichkeitsuntersuchung, wird leider oftmals nicht regelkonform durchgeführt um den Ausfall von Atemschutzgeräteträger/innen gering zu halten. Die regelkonforme Durchführung der Tauglichkeitsuntersuchungen im niederösterreichischen Feuerwehrwesen könnte eine große personelle Verkleinerung mit sich bringen. Es ist zu befürchten, dass es im schlimmsten Fall eine Flut "nicht-einsatzbereiter" niederösterreichischen Feuerwehren kommen könnte.

Feuerwehrmitglieder setzen sich während eines Atemschutzeinsatzes großen Belastungen aus. Diese Belastungen übersteigen oftmals die Leistungslimits. Feuerwehrmitglieder sollten daher auch trotz aller technischen Hilfsmitteln, eine hohe körperliche Leistungsfähigkeit, die sich sowohl aus guten Kraftwerten als auch aus einer ausgeprägten kardiopulmonalen⁷ Leistungsfähigkeit zusammensetzt, besitzen. Diese Fitness und Leistungsfähigkeit der Feuerwehrmitglieder sollte auch strikt überprüft werden. Dies zeigen auch mehrere Studien, welche unter Punkt „5. Belastungen von Atemschutzgeräteträger/innen“ in dieser Diplomarbeit aufgelistet werden. Um diese strikte Überprüfung bestmöglich durchführen zu können müssten auch Feuerwehrkommandanten/innen davon überzeugt sein und eine genaue Einhaltung der Untersuchungsstandards fordern. Seine Feuerwehrmitglieder bestmöglich auszubilden bzw. ihnen die Chance zu geben ist eine Sache - eine andere ist es

⁷ Kardiopulmonal = Herz und Lunge betreffend

aber auch die Weiterführung dieser Ausbildung bestmöglich zu fördern und aufrecht zu erhalten. Dies zieht die Forderung der Aufrechterhaltung von adäquater körperlicher Leistungsfähigkeit nach sich.

Groß angelegte Studien der *US Fire Administration (2008)* belegen eine erhöhte Sterberate bei Feuerwehrmitgliedern durch Herzerkrankungen. Der plötzliche Herztod wird ebenfalls vom *National Institute for Occupational Safety and Health (2008)*, bei Einsätzen, insbesondere unter schwerem Atemschutz, beschrieben. Aber nicht nur das direkte Einsatzgeschehen, zum Beispiel das Löschen eines Brandes, hat große Auswirkungen auf das kardiovaskuläre⁸ System, sondern alleine der psychische Stress, der bei Alarmierungen und Anfahrten zu den Schadenslagen entsteht, belastet das Herz-Kreislaufsystem. *Barnard und Duncan (1975)* haben hierzu Daten im *Fire Department Los Angeles* erhoben. Bereits 15-30 sec. nach einer Alarmierung stiegen die Herzfrequenzen der Feuerwehrmitglieder um 12 bis 117 Schläge pro Minute. Im Mittel wurden Herzfrequenzanstiege von 47 Schläge pro Minute gemessen. Laut *Barnard und Duncan (1975)*, betrug die Herzfrequenzen der Feuerwehrleute zu Beginn einer Brandbekämpfung 175 bis 195 Schläge pro Minute. Mit der Faustregel "220 – Lebensalter = maximaler Puls" von *Böhm (1977)* kann man leicht ausrechnen, dass sich hierbei viele Feuerwehrleute an ihrer physiologischen Leistungsgrenze oder sogar darüber bewegen.

Eine Studie von *Küster (2012)* die sich mit der Belastung und Beanspruchung von Männern der Wiener Berufsfeuerwehr unter Atemschutz und der gesamten Einsatzkleidung befasst hat, zeigt dass diese dabei an ihre Leistungsgrenzen und darüber hinausgehen. Dabei wurde die Ausdauerfähigkeit unter den Kenngrößen der Herzfrequenz, Laktatkonzentration, Watt (absolut und relativ) und der Leistungsfähigkeit in Prozent zum Referenzwert der *WHO*⁹ statistisch ausgewertet. Trotz einer überdurchschnittlichen maximalen Ausbelastung konnte eine Reduzierung der Leistungsfähigkeit des Median von 133,9% auf 121,3 % durch Belastungstests mit Sportbekleidung (Wert 1) und Atemschutzausrüstung (Wert 2) aufgezeigt werden. (*Küster L., 2012; S. 97*). Die Belastungsfähigkeit bzw. auch die Leistungsfähigkeit nimmt also nur auf Grund der zusätzlichen körperlichen Belastung der Schutzausrüstung und des Atemschutzgerätes markant ab, was zu einer noch höheren Belastung von zum Beispiel untrainierten Mitgliedern der Freiwilligen Feuerwehr führt.

⁸ Kardiovaskulär = Herz und Gefäßsystem betreffend

⁹ World Health Organization

Eine weiterer problematischer Punkt der Tauglichkeitsuntersuchung ist die Durchführung der Ergometrie mittels Blocktest über 6 Minuten bei einer Belastung von 175 Watt. Die Aussagekraft dieses Blocktests kann wissenschaftlich nicht belegt werden. Weder *Hollmann, Strüder Predel und Tagarakis (2006)* in dem Buch "Spiroergometrie, Kardiopulmonale Leistungsdiagnostik des Gesunden und Kranken“, oder *Hollmann und Strüder (2009)* noch *Weineck (2004)* in „Sportbiologie“ belegen die Aussagekraft und die Durchführung eines derartigen Blocktests. All jene Autoren verwenden in ihren Werken lediglich den Stufentest, bei dem die Belastung schrittweise erhöht wird. Durch diese schrittweise Erhöhung kann eine genauere Belastungskurve und auch Wertekurve von bestimmten medizinisch relevanten Parametern ermittelt werden. Auch die Österreichische Kardiologische Gesellschaft befasst sich mit der Durchführungsvariante von Stufentests zur Untersuchung leistungsdiagnostischer Verfahren. Aber nicht nur diese „Standardwerke“ können die Durchführung der jetzigen Tauglichkeitsuntersuchung in Frage stellen. Studien, die sich mit den Belastungen während Feuerwehreinsätzen befassen, zeigen markante und erhöhte Werte auf, welche nur bei einsatztypischen Szenarien mit feuerwehrspezifischen Belastungen auftreten.

5. Die Belastungen von **Atemschutzgeräteträger/innen**

Wie in Punkt 1.2.2.1 „Der Pressluftatmer“ ersichtlich, haben die einzelnen Gerätschaften ein nicht zu unterschätzendes Gewicht, welches den Trägern/innen von Atemschutzgeräten während eines Einsatzes zusätzlich belastet. Hitzestress oder auch schlechte körperliche Verfassung nehmen großen Einfluss auf das Handeln von Feuerwehrleuten. Psychische und physische Belastungen spielen für Atemschutzgeräteträger/innen eine große Rolle. Die psychischen und kognitiven Belastungen sollen in diesem Punkt der Diplomarbeit jedoch nicht näher betrachtet werden. Das Hauptaugenmerk zielt auf die verschiedenen physischen Belastungen, die Atemschutzgeräteträger/innen ausgesetzt sind, ab.

Die einzelnen auf Atemschutzgeräteträger/innen wirkenden Punkte während eines Einsatzes setzen sich grob skizziert aus

- dem Tragen der Schutzkleidung inklusive dem Atemschutzgerät

- dem Transport von Schläuchen
- dem Transport von Hilfsgeräten (z.B.: Schlauchreserven, Halligan Tool¹⁰,...)
- dem Aufstieg/Abstieg von Leitern
- dem Überwinden von Stiegenhäusern oder einzelner Etagen
- der Rettung / Bergung von Personen / Tieren / Objekten mittels Tragetuch oder bestimmten Rettungs- und Bergegriffen
- und der eigentlichen Brandbekämpfung

zusammen. Diese einzelnen Fragmente werden in mehreren Studien – *Bilzon et al., (2001), Holmer und Gavhed (2006), Eglin und Tipton (2005)* - neben den üblichen Ergometertests versucht nachzustellen um medizinische Werte über die Anstrengung und Belastung des menschlichen Körpers zu bekommen. Diese Tests setzen sich aus dem Überwinden von Etagen über Stiegen und Leitern, dem Transport von Dummies in verschiedenen Gewichtsklassen über eine bestimmte Länge hinweg, dem Transport von Schläuchen oder Kisten und oftmals durch kriechende Sequenzen in den Übungsaufbauten zusammen. Diese Studien befassen sich mit Leistungsgrößen wie Sauerstoffaufnahme, Laktatbildung und der Veränderung von Körpertemperaturen der Probanden. Diese leistungslimitierenden Werte variieren auf Grund der verschiedenen studienspezifischen Überprüfungsverfahren und Übungsaufbauten. Die Schlussfolgerungen und Ergebnisse einzelner Studien, können jedoch sinnvoll und aussagekräftig verglichen werden.

Um diese Studien zu gliedern, werden diese von mir in einzelne Belastungsfaktoren unterteilt und danach verglichen.

5.1 Belastungssteigerung auf Grund des „Temperaturanstieges“ im Körper

Ein jedes Feuer bzw. ein jeder Brand hat eine eigene spezifische Hitzeentwicklung und Hitzestrahlung. Diese Hitzestrahlung und die damit verbundene Veränderung der Luftfeuchtigkeit, haben einen negativen Einfluss auf die menschliche Leistungsfähigkeit. Wer schon einmal in mitten der Mittagssonne körperlichen Aktivitäten nachgegangen ist, weiß, dass die Hitze und der dadurch entstehende größere Wasserverlust durch die automatische Kühlung des Körpers – das Schwitzen – eine schnellere Ermüdung herbeiführt. Jedoch nicht nur die Hitze, welche von einem Feuer ausgestrahlt wird ist für

¹⁰ Das Halligan Tool ist eine eigens entwickelte Abwandlung einer Brechstange, welche von dem Erfinder Hugh Halligan namensgebend entwickelt wurde.

Atenschutzgeräteträger/innen leistungslimitierend, sondern auch ein sogenanntes „Mikroklima“ innerhalb der Schutzbekleidung und dem damit verbundenen Anstieg der Körperinnentemperatur. Der Anstieg der Körperkerntemperatur bis hin zu gesundheitsgefährdenden Grenzen ist durch körperliche Betätigung während dem Tragen der Schutzbekleidung möglich. Studien wie z.B. von *Eglin, Coles und Tipton (2004)*, *Graveling (2001)* und *Smith and Petruzello (1998)* zeigen Körpertemperaturen im Inneren des menschlichen Körpers von bis zu 39,8°C. Bei einer Untersuchung von *Lee et al., (2014)* in der einzelne Schutzbekleidungsartikel – Schutzhandschuhe, Stiefel und Helme – auf ihre Einwirkung auf den Menschen getestet wurden, konnte ein Hauttemperaturanstieg von 2,8°C und ein Körperinnentemperaturanstieg von 1,2°C während der Ausübung eines Laufbandtestes aufgezeigt werden. Ein Wert zwischen 39 - 39,5°C wird oftmals als Grenzwert angeführt und führt zu medizinischen Abbrüchen des Untersuchungsprogramms (*Williams et al., 2011*). Höhere Körperkerntemperaturen können gesundheitliche Schädigungen mit sich führen und im schlimmsten Fall tödliche Folgen für den menschlichen Körper haben. Hitzestress, wie es auch *Eglin et al., (2004)* in einer Studie aufzeigen, kann auch bei erfahrenen und gut ausgebildeten Feuerwehrleuten zu Problemen führen.

...Firstly, these mean temperatures can only be regarded as acceptable in the context of the nature of the exercises undertaken: 40 min duration with low to moderate levels of exercise. ... Secondly, the temperatures quoted above are mean temperatures and in eight exercises a t_{core} of greater than 39 °C was recorded. Therefore some individuals had t_{core} that were a cause for some concern, and at least two instructors showed signs of heat stress at the end of the exercise. (Eglin et al., 2004; S. 491)

Eglin et al. (2004) zeigten auch auf, dass die auf den Körper wirkende Hitzebelastung nicht mit der physischen Belastung stoppt und sich wieder einpendelt. Zehn bis fünfzehn Minuten nach Beendigung der körperlichen Beanspruchung stieg bzw. war die Körperkerntemperatur konstant, aber nicht sinkend. Auch eine daraus vollgende Dehydration spielt hierbei eine große Rolle, welche ebenfalls zu einer Körperkerntemperatursteigerung und Herzfrequenzsteigerung führt. Dies führt während körperlicher Aktivitäten wiederum zu physischem Leistungsverlust.

Im niederösterreichischen Feuerwehrverband ist die Bekleidungs Vorschrift laut der Dienst anweisung 1.5.3 „Bekleidung und Abzeichen“ für den Einsatzfall geregelt. Für den Einsatzfall sind in dieser Anweisung eine Einsatzbluse und Einsatzhose, Schutzhose, Feuerwehrstiefel, Feuerwehrs chutzhandschuhe, Feuerwehrhelm und eine Schutzjacke vorgeschrieben. Diese Bekleidung schützt das Feuerwehrmitglied durch einen vielschichtigen Aufbau an unterschiedlichen Materialien von äußeren Einflüssen wie z.B. Hitze oder mechanische Einwirkungen. Die Schutzjacke als oberste Kleidungsschicht besteht aus mehrfach übereinander gelagerten Schichten an Materialien um einen besseren Hitzeschutz im Brandfall zu garantieren. Diese Schichtung aus verschiedenen Materiallagen hat jedoch Einfluss auf biologische Vorgänge im Körper. Trotz Atmungsaktivität der Schutzjacke zeigen mehrere Studien, dass die persönliche Schutzbekleidung, zu welcher ebenfalls Feuerwehrstiefel, Feuerwehrs chutzhandschuhe und Feuerwehrhelm gehören, die körperliche Beanspruchung steigern und somit eine Leistungssenkung mit sich führen.

„ ..., and the burden of the full protective ensemble, relative to the control trial, represented an overall elevation in physiological strain of about 35%, averaged across six cardiorespiratory and psychophysiological variables...“ (Taylor, Lewis, Notley and Peoples 2001; S. 2918)

In dieser Studie von Taylor et al.. (2001) wurden Probanden mittels Laufband und Stufen ergometer in unterschiedlichen Bekleidungsformen verglichen – in Sportbekleidung und Sportschuhen bzw. in Sportschuhen aber mit kompletter Hitzeschutzbekleidung von zusätzlichen 19.86 kg. Diese Studie zeigte eine relative Steigerung der körperlichen Beanspruchung in mehreren Parametern zwischen den beiden Bekleidungsformen während einer gleichbleibenden Laufbandergometrie (4.8 km/h mit 0% Steigung) und einem Stufen ergometertest (20cm Stufen und 40 Schritte/min). Die folgende Tabelle zeigt die veränderten Parameter in Prozentzahlen dieser Studie.

Tabelle 4: *Steigerung der körperlichen Beanspruchung auf Grund von unterschiedlicher Schutzbekleidung*

Variable	Walking (%)	Bench stepping (%)
Oxygen consumption (L min ⁻¹)	47	36
Heart rate (beats min ⁻¹)	35	32
Minute ventilation (L min ⁻¹)	49	42

Breathing frequency (L min ⁻¹)	31	28
Tidal volume (L)	18	16
Perceived exertion (RPE: 6-20)	46	48
Average change	38	34

Quelle: Taylor et al., (2001, S.2918)

Wie man aus dieser Tabelle herauslesen kann, erhöht sich zum Beispiel der Sauerstoffverbrauch in Litern/Minute bei gleichmäßigem Gehen mit 4.8 km/h um 47%, nur auf Grund des Tragens der Schutzbekleidung. Das bedeutet ein Feuerwehrmann benötigt zum Beispiel bei dem Anmarschweg zu einer betroffenen Einsatzstelle nur durch das Tragen der gesamten persönlichen Schutzbekleidung – in diesem Falle 19.86kg - fast das doppelte an Litern Sauerstoff pro Minute im Gegensatz zu normaler Kleidung! Aber auch die Pulsfrequenz und die Atemfrequenz erhöhen sich signifikant um 35 bzw. 31 Prozent beim Laufbandergometer und um 32 bzw. 28 Prozent beim Stufenenergometertest.

However, the added cardiovascular burden during both exercise modes is attributable to the multilayered thermal protective and station clothing, which prevented heat loss, whilst presumably increasing skin blood flow, thereby driving heart rate upwards and out of proportion to the increase in metabolic rate. (Taylor et al., 2001; S. 2918)

Aber auch andere Studien, die sich spezifischer mit der Körperinnentemperatur befassen zeigen Parameterveränderungen die sich auf die Leistungsfähigkeit bzw. eine Veränderung der körperlichen Beanspruchung hervorrufen.

Tanaka, Brisson and Volle (1978) und auch *Faff und Tutak (1989)* beschrieben einen Anstieg der menschlichen Kerntemperatur während körperlicher Belastungen mit unterschiedlichen Bekleidungsformen. Beide konnten in ihren Studien erst einen signifikanten Anstieg der Körperkerntemperatur nachweisen, nachdem eine Übungssequenz von 15 minütiger Dauer (*Tanaka et al., 1978*) bzw. eine Übungssequenz nach 12 minütiger Dauer (*Faff und Tutak, 1989*) überschritten wurde. Bis zu den 15 bzw. 12 Minuten hin, konnten keine signifikanten Temperaturunterschiede zwischen zwei verschiedenen Bekleidungsformen aufgezeigt werden. Aber nicht nur die Körperkerntemperatur, sondern auch die Hauttemperaturen menschlicher Körper verändern sich und steigen auf Grund von physiologischen Belastungen.

The increase in skin temperatures in the present study suggest that the evaporative capacity did, indeed, become inhibited as the metabolic heat produced from the working muscles was transported from the ,working muscles‘ capillary beds to the subcutaneous layer for heat exchange to occur (Fortney and Vromen 1985). (Bruce-Low, Cotterell and Jones 2007; S.94)

Auch wenn viele Materialien in unserer Kleidungsindustrie eine hohe Atmungsaktivität besitzen bzw. diese versprochen wird, wird die menschliche Haut trotzdem daran gehindert biologische Abläufe zur Kühlung ablaufen zu lassen bzw. werden die normalen biologischen Abläufe in einem gewissen Teil/Prozentsatz gestört.

Die Schutzbekleidungsindustrie steht hierbei in großem Zwiespalt. Auf der einen Seite sollen neue Materialien, welche in Feuerwehrsutzbekleidungen eingesetzt werden, eine immer größere Schutzfunktion gegen Hitze und mechanische Einwirkungen bieten. Auf der anderen Seite jedoch, sollen diese auch einen möglichst großen Tragekomfort bieten, der aus geringem Gewicht und der Atmungsfähigkeit eines Materials bestimmt wird. Eine Schutzjacke soll zum Beispiel für Flüssigkeiten, welche von außen an das Material gelangen undurchlässig sein. Der Temperaturanstieg zwischen Haut und Jacke jedoch soll so gering wie möglich gehalten werden und somit ein Hitzetransport von innen nach außen bewerkstelligt werden. Der Hitzetransport von der Haut weg, ist für die biologische Kühlung des menschlichen Körpers von größter Notwendigkeit, da ansonsten eine Überhitzung des Körpers resultieren könnte, welche zu Organschädigungen bis hin zum Tod führen kann. Die Atmungsaktivität und der Schutzfaktor sind zwei Faktoren, die sich gegenseitig limitieren und voneinander abhängig sind – je höher der Schutzfaktor einer solchen Schutzbekleidung, desto niedriger die Atmungsfähigkeit des eingearbeiteten Materials. Dies hat zur Folge, dass immer wieder Studien mit Untersuchungen von Prototypen bezüglich der Schutzbekleidung entstehen, wie zum Beispiel auch von *Barker, Deaton and Liston (2010)*. Durch Studien wie zum Beispiel von *Ilmarinen, Mäkinen Lindholm and Punakallio (2008)* werden auch Normungen der Schutzbekleidung hinterfragt und die Benötigung von geringerem Schutz auf die körperlichen Auswirkungen getestet.

„As the level of protection for fire fighters must be sufficient for the worst possibles scenarios, e.g., flames and radiant heat, they are overprotected for most of their working hours.“ (Ilmarinen et al., 2008; S. 7)

Diese Studie zeigte auch eine Steigerung des gesamten Metabolismus – um ~ 1 MET¹¹ - bei Tragen einer „überprotektiven“ Schutzausrüstung im Gegensatz zu einer ausreichenden Schutzbekleidung, auf. Laut der MET-Intensitätsskala nach *Weineck (2010)* wird „leichte körperliche Aktivität“ mit weniger als 3 MET beziffert. In der Studie von *Ilmarinen et al., (2008)* liegt jedoch der Intensitätsunterschied zwischen zweier Bekleidungsformen bei einem MET. Jedoch zeigte diese Studie nicht nur eine Steigerung der Intensität auf, sondern auch eine Überbelastung, die bei Athleten/innen während eines Ausdauerwettkampfes auftreten, auf. Auch die Auswirkungen auf das Nervensystem durch größere Belastungen, hervorgerufen durch die Belastungen während dem Tragen der Schutzbekleidung, wurden erwähnt.

„In this study the use of traditional protective clothing during work in a thermoneutral environment increased autonomic nervous system (ANS) stress during hot work.“
(*Ilmarinen et al., 2008; S. 17*)

Diesen Aspekt der Variabilität von Hersteller spezifischer Eignungen von feuerwehrspezifischer Schutzbekleidung nahmen *Lee et al., (2014)* als Anlass für ihre Studie. Darin werden 3 unterschiedliche Schutzausrüstungen von Japan, der USA und von Europa miteinander verglichen. Ihre unterschiedliche Ausführung führt zu Unterschieden in Komfort, Hauttemperatur und Gewicht. Diese drei Faktoren sind wiederum auf die Beanspruchung des menschlichen Körpers umzumünzen und in gewissem Maße limitierend für die Leistungsfähigkeit. Kleine Unterschiede der Bauart, wie zum Beispiel die Länge der Handschuhe – über die Handgelenke reichend oder nicht – haben bezüglich Handschuhe, Helme und Schuhe laut ihrer Studie keinen Einfluss auf das Herz-Kreislaufsystem bzw. der Wärmeregulation im gesamten Körper. Die Gewichtsunterschiede sind jedoch deutlich in der veränderten Beanspruchung erkennbar. Bei spezifischen Körperrealen sind Unterschiede erkennbar, die sich jedoch nicht auf den Ganzkörpermetabolismus auswirken.

In addition, the first body area affected at the onset of sweating is generally the forehead. As the brain produces about 15% of the body's total metabolism (Pan and Gibson 2006), the head has specialised thermoregulatory physiology to assure the high rates of heat loss need to keep the brain temperature constant (Pan and Gibson 2006) in hot environments. (Lee et al., 2014; S. 1213)

¹¹ MET wird auch als metabolisches Äquivalent bezeichnet und wird zum Vergleich des Energieverbrauches zweier Aktivitäten herangezogen. Die Bestimmung der Intensität körperlicher bzw. sportlicher Belastung kann auch über das metabolische Äquivalent erfolgen. (*Weineck J., 2010; S. 707*)

Um die Körperkühlung und die damit verbundene Senkung der Beanspruchung des menschlichen Körpers voranzutreiben, versucht die Gerätetechnik auch immer wieder neue Prototypen zu entwickeln, die darauf Einfluss nehmen. *Williams et al., (2011)* haben in ihrer Studie eben solch einen Prototypen untersucht. Das Atemschutzgerät war hierbei mit einem extra Schlauch ausgestattet, welcher die Ausatemluft in die Schutzjacke geleitet hat. Durch diese Zirkulation von Luftströmungen, hatt man sich eine verbesserte Kühlfunktion des menschlichen Körpers und eine damit verbundene Senkung des Hitzestresses erwartet.

Therefore, the first hypothesis was not supported by the data, that is, that the rerouting of exhaust gases into the PE jacket would improve convective cooling and reduce the heat stress imposed by the PE compared with the SE. (Williams et al., 2011; S. 54)

Williams et al., (2011) untersuchten bei ihrer Studie auch die Veränderungen von rektal gemessener Körpertemperatur und der Hautoberflächentemperatur im Vergleich von standardisierter Schutzbekleidung inklusive Atemschutzgerät zu dem Prototyp der Schutzbekleidung und des Atemschutzgerätes. Hierbei konnten Veränderungen bezüglich der Hautoberflächentemperatur festgestellt werden. Jedoch leider im entmutigendem Sinne. Durch die Verwendung des Prototyps konnte keine signifikante Veränderung der Körperkerntemperatur aufgezeigt werden, sondern eher noch eine Verschlechterung der Ausdauer bzw. des Durchhaltevermögens auf Grund von steigender Hautoberflächentemperatur und damit verbundener Erhöhung der Herzfrequenz.

„It seems likely that a greater redistribution of blood to the cutaneous vasculature would result in an effective decrease in central blood volume and an increase in HR.“ (Williams et al., 2011; S. 54)

Diese Studie wurde in laboratorischem Umfeld und unter milden physischen und psychischen Anstrengungen durchgeführt. Die zusätzliche Auswirkung von Hitze im Brandfall und höherer körperlicher Erschöpfung im Einsatzfall auf den Körper kann daraus nicht abgelesen werden.

Auch *Coca et al., (2008)* machten in ihrer Studie über einen ähnlichen Prototypen gleiche Erfahrungen. Die Standardausrüstung schnitt hierbei in Bezug auch auf Beweglichkeit besser als der Prototyp ab.

Smith et al., (2014) haben in ihrer Studie den Einfluss der am nächsten am Körper getragenen Kleidungschicht auf die Leistungsfähigkeit untersucht. Dabei wurde lediglich ein Zusammenhang bezüglich der Schweißabgabe und der Schweißaufnahme festgestellt.

„As expected, the base layer had no effect on physiological or perceptual responses during exercise.“ (Smith et al., 2014; S.432)

Wie schon früher in dieser Diplomarbeit erwähnt, wird die durchschnittliche Einsatzzeit eines Atemschutzgerätes mit 30 Minuten festgelegt. *Richmond, Rayson, Wilkinson, Carter and Blacker (2008)* befassten sich deshalb in ihrer Studie mit dem Vergleich von physiologischen Parametern bei körperlicher Belastung beim Tragen eines standardisierten Atemschutzgerätes und einem Atemschutzgerät mit erweitertem Luftvorrat. *Richmond et al., (2008)* wollten dabei den auf die 30 minütige Einsatzzeit limitierenden Faktor des Luftvorrates umgehen und Veränderungen physiologischer Parameter bei längerem Einsatz von Atemschutzgeräten aufzeigen. Ein größerer Luftvorrat erwies sich dabei für die Probanden als nicht hilfreich, da durch den längeren Einsatz bzw. der damit verbundenen längeren Belastung, die Kerntemperatur der untersuchten Personen zu hohe Werte erreichte und diese somit wieder an ihre Belastungsgrenzen gekommen waren.

„As expected, the additional air volume provided by the EDDBA removed ,shortage of air as a termination criterion, but instead rising T_{core} became the main limiting factor.“ (Richmond et al., 2008; S. 1031)

Aber nicht nur die Körperkerntemperatur erreichte limitierende Grenzen, sondern auch der mit einem Temperaturanstieg verbundene Wasserverlust stieg auf bis zu 1.04 ± 0.52 Liter in einer Belastungszeit von 33.7 ± 6.8 Minuten. Diese Parameter spiegeln sich auch in einer Atemkreislauferrhöhung von 19% wider.

Ähnliche Werte zeigt auch die Studie von *Ilmarinen et al., (2008)* bezüglich des Temperaturanstieges an der Hautoberfläche und dem Wasserverlust.

5.2 Belastungslimitierung durch VO_{2max} , Herzfrequenz, Alter und Atemminutenvolumen

Wie auch *Dreger, Jones und Petersen (2006)* in ihrer Studie beschreiben, erklimmt der menschliche Körper während der sogenannten „Smoke-diving“-Phase physische Höchstleistungen. Diese Phase wird während eines Brandeinsatzes auch als Such- und

Rettungsphase im deutschsprachigen Raum bezeichnet. Hierbei steigt die Herzfrequenz auf Nahe der maximalen Leistungsgrenze. *Dreger et al., (2006)* befassen sich in ihrer Studie genauer mit der Veränderung der maximalen Sauerstoffaufnahme. Diese weist darauf hin, dass die zusätzliche persönliche Schutzbekleidung von Feuerwehrleuten einen negativen Einfluss auf die Sauerstoffaufnahme hat. Dadurch, dass mittels der VO_{2max} bei Belastung die Aufnahme an Sauerstoff in der Muskulatur aufgezeigt werden kann, ist diese dadurch auch als leistungsbegrenzender Faktor anzusehen. Durch den Aspekt der Leistungsbegrenzung spricht *Dreger et al., (2006)* auch von Fitnessstandards, die bei Feuerwehrleuten eingeführt werden sollten, um solche Datenergebnisse besser und aussagekräftiger gestalten zu können.

„Consequently, the results of this study need to be considered when evaluating aerobic fitness standards for firefighters. This approach to measuring VO_{2max} should provide a more functional assessment of aerobic work capacity in firefighters.“ (Dreger et al., 2006; S. 919)

Reim (2001) stellt den Zusammenhang zwischen Gewicht und dem Parameter VO_{2max} ebenfalls als leistungsbegrenzend und leistungssenkend in seiner Dissertation dar. Er spricht dabei von einer Veränderung der Arbeitseffektivität bei Ausdauersportler, die ihr eigenes Körpergewicht tragen müssen. Dies erläutert er in einem kurzen Beispiel:

Für dieselbe Geschwindigkeit von 15km/h benötigt ein Läufer mit 60kg eine Sauerstoffaufnahme von rund 3l/min, ein Läufer von 80kg dagegen ca. 4,2l/min. Haben beide eine VO_{2max} von 5l/min, so läuft der Leichtere mit 60%, der Schwerere mit 84% seiner maximalen aeroben Kapazität, wodurch letzterer gezwungen ist, früher auf leistungsbegrenzende anaerobe Energiebereitstellungsprozesse zurückzugreifen. (Reim 2001; S. 7)

Auch *Bilzon, Scarpello, Smith, Ravenhill und Rayson (2001)* belegen, dass ein Proband mit einem geringerem VO_{2max} , feuerwehrspezifische Arbeiten eher mittels anaeroben Metabolismus bewerkstelligt. Der zeitlich frühere Übergang von aerober zu anaerober Belastung spiegelt sich jedoch in einer schnelleren Ermüdung wider.

Holmer und Gavhead (2006) hingegen untersuchen in ihrer Studie professionelle Feuerwehrleute auf ihre physische Leistungsfähigkeit und leistungslimitierende Parameter wie zum Beispiel Herzfrequenz und Atemvolumenfrequenz. Diese professionellen Feuerwehrleute waren mit den durchgeführten Übungen vertraut und standen unter konstantem immer währendem Fitnessstraining. Ziel war es die vorgegebenen Übungen – bei

denen keine zusätzlichen Belastungen wie Hitzeeinwirkung oder psychische Belastungsfaktoren wie zum Beispiel Verrauchung von Gebäuden hinzugefügt wurden - so schnell es geht zu durchlaufen. Die durchschnittliche metabolische Rate während dieser Übungen betrug 474 W/m^2 . Jedoch kam es bei einer Übungssequenz zu einem rapiden Anstieg. Bei dem sogenannten „Tower“ mussten die Feuerwehrleute drei Stockwerke aufwärts und wieder abwärts so schnell es geht überwinden.

„For the most demanding task (the second „Tower“) the mean value for about 2-3 min was 612 W/m^2 the range being 515 to 744 W/m^2 .“ (Holmer & Gavhead 2006; S. 47)

Auch das Atemminutenvolumen von durchschnittlich 82 l/min in der 22 Minuten andauernden Übung zeigt die hohe Belastung von Feuerwehrleuten. Der Maximalwert erreichte hierbei sogar 138 Liter/Minute . Jedoch auch aus den gemessenen Herzfrequenzen kann man die Beanspruchung der Teilnehmer der Studie herauslesen. Die Durchschnittswerte lagen hierbei für die gesamten 22 Minuten bei $168 \text{ Schläge/Minute}$. Der „Tower“ verlangte den Feuerwehrleuten hierbei wiederum alles ab. Die Werte schnellten auf einen Herzfrequenzbereich von $162 - 199 \text{ Schläge/Minute}$ hinauf. Zur Erinnerung sind dies Werte von im Training stehenden Feuerwehrleuten, deren berufliche Ausübung mit solchen Übungen gleichzusetzen ist! Sogar bei diesen trainierten Personen gibt es größere Unterschiede in der physischen Leistungsfähigkeit, wie aus dem auseinanderklaffenden Bereich zwischen $162-199 \text{ Schläge/Minute}$ ersichtlich ist. Diese Unterschiede begründet Holmer & Gavhead (2006) indem er unterschiedlich hohe Fitnesslevels der Feuerwehrleute anspricht und auch deren Altersunterschied einen entscheidenden Faktor nennt.

„One source of variation in heart rate is the age of the person. Fig. 5 shows that there is an almost linear relation between measured heart rate and age for the subject.“ (Holmer & Gavhead 2006; S.48)

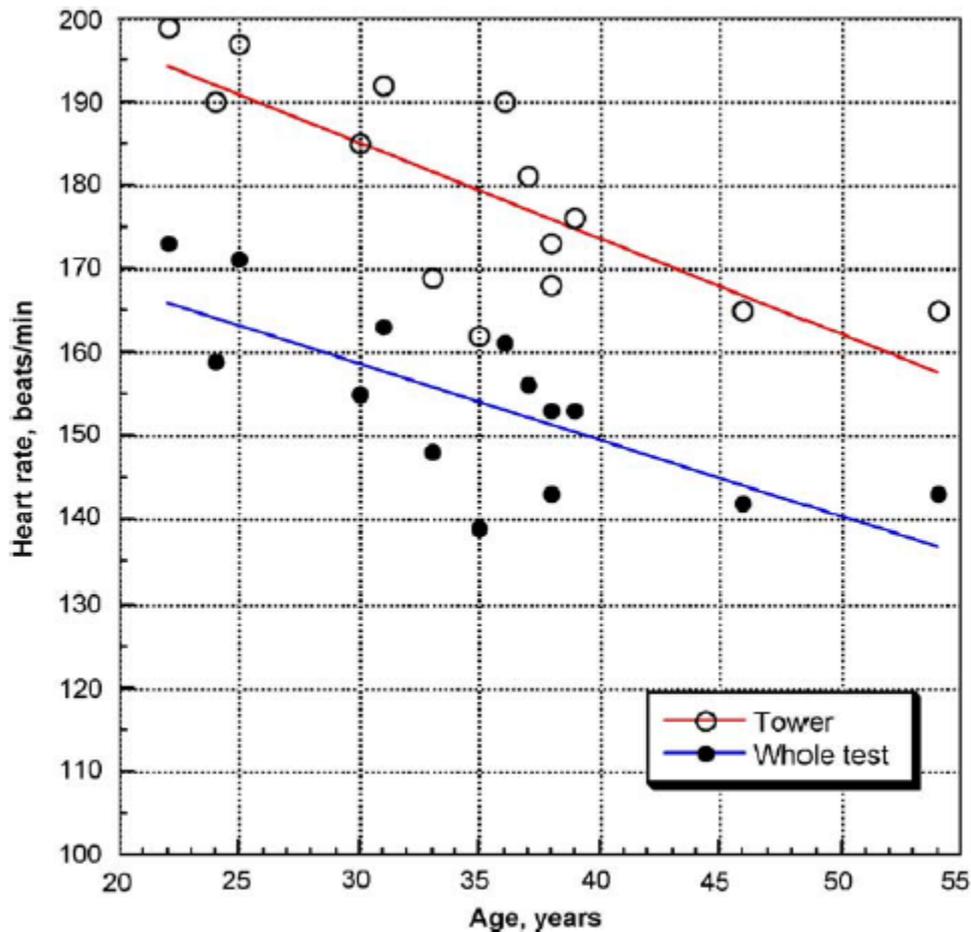


Fig. 5. Relation between heart rate and age for the whole exercise period (lower line) and the most demanding task.

Abbildung 32: Zusammenhang zwischen Alter und Herzfrequenz (Holmer & Gavhead, 2006; S. 49)

Wie in dieser Abbildung deutlich zu erkennen ist, nimmt die Herzfrequenz im steigenden Alter – auf die gesamte Übung betrachtet, aber auch nur auf den körperlich meist fordernden Teil (der „Tower“) – ab. Das Alter wird auch von *Weineck (2004)* als ein limitierender Faktor der Herzfrequenz bezeichnet.

Den Einfluss des Parameters „Alter“ untersuchten auch *Perroni, Cignitti, Cortis und Capranica (2014)* in einer Studie italienischer Feuerwehrleute. Dabei wurden die Probanden in 5 unterschiedliche Altersklassen unterteilt:

„under 25-year old (<25 yr), 26- to 30-year-old (26-30 yr), 31- to 35-year-old (31-35 yr), 36- to 40-year-old (36-40 yr) and 41- to 42-year-old (41-42 yr).“ (*Perroni et al., 2014; S. 457*)

Sowohl die muskuläre Kraft – mittels Bankdrücken - der Altersgruppen wurde untersucht, als auch aerobe und anaerobe Tests durchgeführt. Bei den anaeroben Tests handelte es sich um Counter-movement Sprünge und 20 Meter Sprints. Hingegen der anaeroben Tests, beschäftigten sich die aeroben Tests mit dem „Queen’s College Step Test“, wobei eine Stufe von 40cm bei einer Frequenz von 24 Stufen/Minute hinauf und hinabgestiegen werden musste und dabei der VO_{2max} als Parameter diente. Bestätigende Schlussfolgerungen aus dieser Studie waren die Abnahme der Leistungsfähigkeit bezüglich des Alters bei sowohl den Muskelstärketests (18%) als auch bei den anaeroben Tests – Abnahme von 18 % bei Counter-movement Sprüngen und 5 % bei 20m Sprints bezüglich der beiden Altersklassen <25 yr und 41-42 yr. Bei dem Queen’s College Step Test konnte bei normaler Sportbekleidung kein Unterschied des VO_{2max} zwischen den Altersklassen festgestellt werden. Bei Benutzung von Schutzbekleidung und Atemschutzgeräten jedoch, konnten Unterschiede bezüglich der aeroben Kapazität festgestellt werden. Die Werte nahmen linear bezüglich des Alters ab. Dadurch, dass 14% der untersuchten Feuerwehrleute den Stufentest, bei Tragen der Schutzbekleidung inklusive Atemschutzgerät, abbrechen mussten, schließen *Perroni et al., (2014)* dass eine frühzeitige Ermüdung der unteren Extremitätenmuskulatur dazu führte. Sie schließen dabei ein Defizit auf Grund von Herz-Kreislauf Schwächen aus.

Over the years, several studies have shown the importance of muscle strength and muscle power on the performance of tasks of daily living (i.e. walking, climbing up and down stairs) and the effects of several factors (i.e. reduction in muscle mass, changes in hormone balance, slow nervous system’s capacity) on their decline related to age in general population. (Perroni et al., 2014; S. 459)

Die ausgewerteten Werte sprechen für ein unterstützendes körperliches Training, um den Faktor des Alters so gut es geht auszugrenzen und um die Leistungsminimierung dadurch hinauszuzögern bzw. zu verringern. *Perroni et al., (2014)* schlagen dafür ein individualisiertes Training im Umfang von 3 Trainingseinheiten/Woche vor, welches sich mit Muskelkräftigung befassen sollte. Auch ein oftmaliger Gebrauch des Atemschutzgerätes soll den Körper besser auf die Belastungen hinweisen und stählen.

Auch *Szubert und Sobala (2002)* zeigten in ihrer Studie auf, dass das Alter nicht nur leistungsminimierenden Einfluss auf die Leistungsfähigkeit hat, sondern auch Einfluss auf das Verletzungsrisiko nimmt.

„The ratio was the lowest (67.9) among firefighters aged 30-39 and the highest (76.1) among those aged more than 50 years. During compulsory physical training, accidents were less frequent (24.6) in the 40-49 firefighters age group than in the 20-29 (30.8) and 50-59 (30.4) age groups.“ (Perroni F. et al., 2014; S. 456)

Holmer und Gavhead (2006) beschreiben jedoch nicht nur das Alter oder das angestrebte Fitnesslevel als einen leistungslimitierenden physischen Beanspruchungsfaktor, sondern erwähnt hierbei auch den Wert der aeroben Belastbarkeit. Unter der aeroben Belastbarkeit versteht man die Dauer einer physischen Anstrengung, welche einen Laktatschwellenwert von ca. 2mmol/l nicht überschreitet. Hierbei läuft die Energiegewinnung aerob ab. Der aufgenommene Sauerstoff reicht für die Energiegewinnung aus.

„For a person with a high maximal aerobic capacity a given submaximal work load (for example requiring a VO_2 of 2,5 l/min) is likely to cause less cardiovascular strain and a lower heart rate.“ (Holmer & Gavhead, 2006; S. 50)

In diesem Zusammenhang bringen Holmer und Gavhed (2006) den Begriff der ISO 8996 ins Spiel. ISO steht für „International Organization for Standardization“. Diese Organisation befasst sich, wie der Name schon verrät, mit internationalen Normungen in verschiedensten Bereichen wie zum Beispiel Elektronik, Schutzbekleidungen aber auch im Sinne von sportlichen Aktivitäten bzw. deren Metabolismus. Der Sinn dieser Organisation ist es, internationale Standards zu kreieren und zu manifestieren. Die ISO 8996 wurde 2004 neu durch das technische Komitee (ISO/TC 159, Ergonomics) und durch ihr Subkomitee (SC 5, Ergonomics of the physical Environment) verfasst. Es behandelt den Begriff der metabolischen Rate, welcher wiederum den Energieumsatz bzw. die Energieerzeugung und -bereitstellung beschreibt. Die metabolische Rate dient als wichtiges Maß zur Beschreibung des menschlichen Wohlbefindens während einer Belastung.

„Metabolic rate is an important determinant of the comfort or the strain resulting from exposure to a thermal environment.“ (International Organization for Standardization, ISO 8996:2004, 2014)

Holmer und Gavhed (2006) beziehen diese ISO 8996 in ihre Studie mit ein, um aufzuzeigen, dass das Aufgabenfeld von Feuerwehrleuten bei Rettungs- und Brandeinsätzen bezüglich der metabolischen Rate weit über der höchsten Klassifizierung dieser Standardisierung liegt. Die vierte und somit höchste Einteilungsklasse dieser ISO 8996 befasst sich mit

Durchschnittswerten von 290 W/m². Diese Werte beziehen sich auf die „*Standard concern an ‘average‘ individual*“ Angaben.

- *a man 30 years old weighing 70 kg and 1,75 m tall (body surface area 1,8 m²);*
- *a woman 30 years old weighing 60kg and 1,70 m tall (body surface area 1,6 m²).*

(International Organization for Standardization, ISO 8996:2004, 2004; Scope S. 1)

Wie schon oben erwähnt war der durchschnittliche Wert der metabolischen Rate in *Holmers und Gavheds (2006)* Studie bei 474 W/m² bei einer Belastungsdauer von 22 Minuten. Hier wird ersichtlich, dass das Aufgabengebiet und die damit verbundene körperliche Beanspruchung von Feuerwehrleuten nicht in diese Klassifizierung passt.

„...Rescue and firefighting work is of temporary nature and is not repeated on an everyday basis. Obviously fit, professional fire fighters can sustain high metabolic rates for short work periods on single occasions under stressful conditions.“ (Holmer & Gavhead 2006; S. 51)

Auch *Williams-Bell, Boisseau, McGill, Kostiuk und Hughson (2010)*, verweisen in ihrer Studie darauf, dass aerobe Fitnessübungen nicht mit feuerwehrspezifischen Aktivitäten und daraus resultierenden physischen Belastungen verglichen werden können. Durch zusätzliche körperliche Belastungen wie möglichem Hitzestau und damit korrelierenden schnelleren Blutfluss durch persönliche Schutzbekleidung, oder auch dem zusätzlichen auf den Körper wirkenden Gewicht durch das Atemschutzgerät, können die Beanspruchungen bei körperlichen Aktivitäten bei Feuerwehreinsätzen bis zu den physiologischen menschlichen Grenzen reichen. Dies soll jedoch nicht bedeuten, das körperliches Training keinen Einfluss auf feuerwehrspezifische Aktivitäten hat!

Auch Feuerwehrausbildner, welche, wie in der Studie von *Eglin und Tipton (2005)* getestet wurden, zeigen Parameter in der Nähe von körperlichen Leistungsgrenzen auf. Die Herzfrequenzen nach sogenannten „Live fire trainings exercise“ – kurz LFTE – stiegen auf 97% der Maximalwerte an. Auch Instruktoren stoßen hierbei an ihre physiologischen Grenzen. Diese Feuerwehrleute haben jedoch eine große Erfahrung im Umgang mit Atemschutzgeräten und deren Umgang im Einsatzfall. Für Feuerwehrleute, welche nicht so große Erfahrung besitzen, kommen noch weitere Stressfaktoren hinzu, welche sich ebenfalls negativ auf die Leistungsfähigkeit auswirken. *Eglin und Tipton (2005)* zeigen auch auf, dass eine Personenrettung, anschließend einer solchen „LFTE“ in 16-19 °C temperierten Umfeld, Grenzwerte bezüglich physiologischen Parametern aufzeigen.

Hierbei soll erwähnt werden, dass der Atemschutztrupp im niederösterreichischen Feuerwehrwesen aus drei Personen gebildet wird und eine Einheit formiert. Jeder dieser Einheit, sollte jedoch im Falle einer Notsituation, eine Kameradenrettung durchführen können. Ausbilder stoßen hierbei an Maximalwerte! Unerfahrene untrainierte Atemschutzgeräteträger sollten jedoch diese physische Kapazität auch erbringen können, sonst leidet das Vertrauen zwischen dieser Einheit und somit auch ihre gemeinsame Fähigkeit/Fertigkeit ein Einsatzziel zu erfüllen.

...However, the rescue tasks resulted in near maximal HR suggesting that they probably had very little spare physical capacity. Therefore, in less favourable situations (higher deep body temperatures, greater levels of dehydration, less fit or experienced instructors, higher environmental temperatures or a casualty heavier than 85kg) a rescue may not be possible... (Eglin & Tipton 2005; S. 334)

Um sich mit der Wirkung des Sauerstoffgehaltes in der Atemluft auseinanderzusetzen, stellten *Eves, Petersen und Jones (2010)* ihre Studie auf. Dabei wurden zwei verschiedene Sauerstoffkonzentrationen in den Atemluftvorrat von Atemschutzgeräten eingefüllt. Eine Atemluftmischung enthielt 20.93 ± 0.22 % Sauerstoff („SUB 21“), die andere 40.18 ± 0.73 % Sauerstoff („SUB 40“). Die Probanden mussten dabei einen Laufbandergometertest mit 93.9m/min Anfangsgeschwindigkeit über sich ergehen lassen. Zu Beginn wurden alle zwei Minuten die Geschwindigkeit um 2% erhöht um den Ein-/Ausatemswellenwert festzulegen. Danach wurde jede Minute die Geschwindigkeit des Laufbandergometers um 2% erhöht und bis zur willentlichen Erschöpfung weitergeführt, um die maximale Sauerstoffaufnahme zu bemessen. Während dieser Studie wurden aber auch Parameter wie die Herzfrequenz und das Atemzugsvolumen (= „Tidalvolumen“) gemessen. Auffallend dabei war, dass die Herzfrequenz bei der hyperoxischen Mischung („SUB 40“) signifikant ($p < 0,05$) niedriger war als bei der normoxischen Mischung („SUB 21“). Durch den höheren Sauerstoffanteil konnte somit bei gleicher Belastung eine niedrigere Herzfrequenz erreicht werden. Auch die gemessenen Laktatwerte waren signifikant höher bei dem „SUB 21“-Gemisch. Beide diese Parameter schließen laut *Eves et al., (2010)* auf eine höhere Anstrengung der Probanden bei der Durchführung der selben Übung. Auch die Probanden selbst gaben ihre subjektive Meinung dazu ab, welche das Untersuchungsergebnis unterstrich.

„The values on termination of exercise correspond to a feeling of ,breathing hard in SUB21, compared to subjects still perceiving their breathing to be ,okay‘ in SUB40.“ (Eves et al., 2010; S. 846)

Daraus schließen *Eves et al., (2010)*, dass ein höherer Prozentsatz an Sauerstoff in der Atemluft und ein dadurch höherer Anteil an Sauerstoff im Blut, zu einer Durchhaltevermögenssteigerung bei submaximalen Belastungen führt. Eine mögliche Erklärung für den niedrigeren Laktatwert bei der Benutzung von „SUB40“ stellen *Eves et al., (2010)* mit einer Erweiterung des Blutflusses und einer einhergehenden besseren Durchblutung der Organe, welche Laktat abbauen können, dar. Ein signifikanter Unterschied zwischen dem Sauerstofftransporter Hämoglobin konnte nicht festgestellt werden. Wie aus der Physiologie bekannt, ist Hämoglobin ein wichtiger Faktor für den Sauerstofftransport im Blut, da es Sauerstoffmoleküle bindet und Organe damit versorgt. Aber nicht nur die Hämoglobinkonzentration ist ausschlaggebend für die Leistungsfähigkeit, sondern auch das gesamte Plasmavolumen. Das Plasmavolumen steigt ebenfalls mit zunehmender Anzahl der roten Blutkörperchen. Durch eine Abnahme des Plasmavolumens kann eine Leistungsminimierung festgestellt werden. *Eglin, Coles und Tipton (2004)* zeigten in ihrer Studie, bei der Atemschutzträgerinstruktoren/innen bzw. Atemschutzgeräteträgerausbilder/innen auf verschiedenste Parameter getestet wurden, einen Plasmavolumenverlust von 15% nach drei siebenminütigen Belastungsdurchgängen. Obwohl geringere physische Belastungen auf die Instruktoren/innen eingewirkt haben, wirkte sich die längere Zeit, in der sie Hitze ausgesetzt waren, negativ auf die berechneten Parameter aus. In dieser Studie zeigten *Eglin et al., (2004)* ebenfalls auf, dass eine Personenrettung, eines wie in diesem Fall in einer Notsituation befindlichen Auszubildenden oder Auszubildenden, eine Grenzbelastung für den menschlichen Körper ergibt und oftmals nicht mehr durchführbar ist. Das gegenseitige Vertrauen, welches im Atemschutzeinsatz unbedingt erforderlich ist, basiert daher auch auf dem Fitnesslevel bzw. der Leistungsfähigkeit der einzelnen Mitglieder.

...In 30 exercises undertaken by 12 different instructors, three instructors doubted their ability to perform a rescue at the end of the exercise and one said he definitely would not have been capable. Two of these instructors were showing signs of heat stress – nausea and dizziness and reported maximum discomfort ratings during the exercises. No single physiological or environmental variable

monitored appeared to determine either the instructor's discomfort rating or perceived ability to perform a rescue.... (Eglin et al., 2004; S. 490)

Eves, Petersen und Jones (2002) bewiesen ebenfalls die Abhängigkeit der maximalen Leistungsfähigkeit vom Sauerstofftransport im Blut. In ihrer Studie wurden ebenfalls zwei verschiedene Atemluftmischungen, eine mit 20.95 ± 0.28 % Sauerstoff (=GXT₂₁) und eine mit erhöhtem Sauerstoffgehalt von 40.64 ± 1.29 % (GXT₄₀) verwendet. Sie zeigten gleiche Ergebnisse wie zuvor Eves et al., (2010) auf. Die Blutlaktatwerte waren bei dem Atemluftgemisch mit höherem Sauerstoffanteil signifikant niedriger. Bei dieser Studie wurde jedoch auch noch zusätzlich der maximale Kraftoutput gemessen. Die zu Beginn relativ lineare gleichwertige Kurve beider Atemluftgemische, zeigte zum Maximum an Kraftoutput hin einen signifikanten Unterschied. Durch die Verwendung des GTX₂₁ konnte eine Wattleistung von 321 ± 32 W erzeugt werden. Bei dem $40.64 \pm 1.29\%$ Sauerstoffanteilgemisch konnte hingegen eine maximale Wattleistung von 354 ± 43 W erzielt werden. Die Wattleistungen wurden während eines Laufbandergometertests aufgezeichnet.

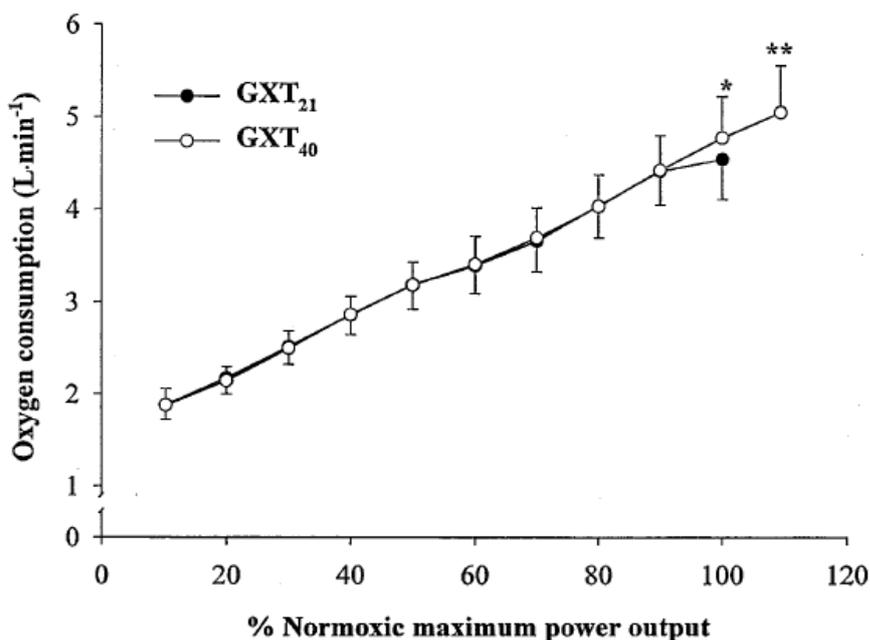


Figure 2. Oxygen consumption during GXT₂₁ and GXT₄₀ depicted as a percentage of normoxic power output. n=25, *=significant difference between GXT₂₁ and GXT₄₀ (p<0.05). Hyperoxic $\dot{V}O_{2max}$ is a representation of the 17 subjects who achieved a higher power output compared to the power output achieved at $\dot{V}O_{2max}$ in GXT₂₁. **=significant difference between hyperoxic and normoxic $\dot{V}O_{2max}$ (p<0.05).

Abbildung 33: Maximaler Kraftoutput der beiden Atemluftgemische GTX₂₁ und GTX₄₀ (Eves et al., 2002; S. 834)

Der Grund für diesen Leistungsanstieg, legen Eves et al., (2002) auf Grund von gesteigertem aeroben Metabolismus fest. Ebenfalls kann aus den gesenkten Parameterwerten von

Herzfrequenz, Laktatwerten und der Sauerstoffaufnahme, geschlossen werden, dass die auf die Probanden wirkenden Stressfaktoren minimiert werden konnten. Dies wirkt sich natürlich auch wiederum auf die Leistungsfähigkeit aus. Durch eine Steigerung des Sauerstoffgehaltes im Blut, kann die Leistungsfähigkeit gesteigert werden und die Ermüdungserscheinungen nach hinten verschoben werden.

Aber nicht nur Studien mit verschiedenen Sauerstoffkonzentrationen, sondern auch mit anderen Gasgemischen, wie zum Beispiel die Studie von *Butcher, Jones, Mayne, Hartley und Petersen (2007)* zeigen eine Veränderung der physischen Belastungen - in diesem Fall die zu Hilfenahme von einem Sauerstoff-Helium Atemluftgemisch (21% Sauerstoff und 79% Helium). Die Auswirkungen zeigen sich in einer Senkung der Anstrengung der Atemmuskulatur und der damit verbundenen Lungenparameter.

„Heliox has been shown to increase exercise capacity in subjects wearing fire protective clothing by increasing tidal volume and maximal ventilation while reducing expiratory mouth pressure.“ (Butcher et al., 2007; S. 660)

5.3 Belastungssteigerung auf Grund des Gewichtes des Atemschutzgerätes

Wie im Falle der Freiwilligen Feuerwehr Hobersdorf belaufen sich die Gesamtmassen der einzelnen in Punkt „1.2.2.1 Der Pressluftatmer“ aufgegliederten Einzelteile dieses Atemschutzgerätes auf ca. 16kg. Diese 16kg – hierbei sind noch keine zusätzlichen Gewichte wie zum Beispiel die persönliche Schutzbekleidung, Schläuche, Personen oder sonstige Hilfsmittel wie eine Feuerwehraxt eingerechnet - muss ein Atemschutzgeräteträger bei einem jeden Schritt sozusagen heben und weitertransportieren.

„In addition to the significant inertial work at the initiation and termination of each swing phase (Cavagna and Kaneko 1977), muscular work is also required to lift the foot mass above the floor and move it forward with each stride.“ (Taylor et al., 2001; S. 2920)

Dieses zusätzliche Gewicht ist der menschliche Körper jedoch von alltäglichen Bewegungen in Verbindung mit dem eigenen Körpergewicht nicht gewohnt. Somit wird die Beanspruchung durch jedes weitere zusätzliche Gewicht vergrößert. Aber nicht allein das eigentliche Gewicht verändern die Beanspruchung auf den menschlichen Körper, sondern auch die Stelle, an dem das zusätzliche Gewicht angebracht wird beziehungsweise an dem die Kraft ausgeübt wird.

„Firstly, when a load is added to the torso and arranged around the midline of the body, it behaves as if the individual concerned had merely gained central-body mass.“ (Taylor et al., 2001, S.2920)

Wie Taylor et al., (2001) in deren Studie aufgezeigt haben, ist die Auswirkung eines zusätzlichen Gewichtes abhängig von der Positionierung am Körper. Je weiter weg vom Körperemittelpunkt entfernt, desto schwerwiegendere Auswirkungen auf die Belastung, führt zusätzliches Gewicht mit sich.

„Indeed, the further this load is located away from the centre of rotation, the greater is its movement arc, and the greater is the work performed to move a given foot mass.“ (Taylor et al., 2001; S. 2920)

Studien, wie die von Griefahn, Künemund und Bröde (2003), befassen sich mit Prototypen von Atemschutzgeräten, welche eine Minimierung des Gewichtes oder auch eine Veränderung der Mobilität des Trägers mit sich bringen. Hierbei werden zum Beispiel die Pressluftflaschen aus Stahl mit Flaschen aus Composit-Materialien, die mit Carbon verstärkt wurden, ersetzt. Dieses Material hat ebenfalls eine hohe Widerstandskraft gegen Hitze und mechanische Einwirkungen und überzeugt mit wesentlich geringerem Gewicht. Coca, Kim, Duffy und Williams (2011) verglichen in ihrer Studie einen Prototype, bei dem der Luftvorrat nicht wie üblich in Flaschen angeheftet war, sondern ähnlich einem Rucksacksystem, mit Luftkammern gefüllt wurde. Hierbei konnten bezüglich der Bewegungsfreiheit und dem „Range-of-Motion“¹² Verbesserungen erzielt werden.

... the subjects showed significant gains in shoulder flexion and trunk extension with the prototype compared with the standard SCBA. The shoulder flexion gain could be due to more weight distributed on the back, close to the proximal part, and less pressure on shoulder straps with the new design. (Coca A. et al., 2011; S. 1203)¹³

All diese positiven Veränderungen bezüglich Tragekomfort, bessere Mobilität und Bewegungsfreiheit, spiegelten sich in ihrer Studie bei einem verbesserten Durchhaltevermögen wider. Der Erschöpfungs- und Ermüdungszustand konnte durch diesen Prototypen nach hinten verlagert werden. Wie auch schon Holewijn (1990) und Griefahn et

¹² Unter „Range-of-motion“ versteht man die volle Ausdehnung einer Bewegung, welche zum Beispiel ein Gelenk ohne Einschränkung durchführen kann. Es ist gleichzusetzen mit dem deutschen Begriff des Bewegungsausmaßes.

¹³ SCBA (self-contained breathing apparatus) = Umluft unabhängiges Atemschutzgerät

al., (2003) zeigten, ist zusätzliches Gewicht auch ein Faktor, welcher die Herzfrequenz in die Höhe treibt. Auch bei ruhigem Stehen mit zusätzlichem Gewicht am Körper, steigt die Herzfrequenz im Vergleich zum Stehen ohne zusätzlichem Gewicht merkbar an. Und genau durch diesen Anstieg der Herzfrequenz, steigt auch die physiologische Belastung, was wiederum zu einem erhöhten Blutfluss und einer benötigten Steigerung der Sauerstoffaufnahme führt. Dies lässt sich dann auch in einem Anstieg der Körpertemperatur erkennen. Einen Zusammenhang dieser aller Parameter beschreiben *Griefahn et al., (2003)* auch in ihrer Studie. Durchhaltevermögen, Herzfrequenz, rektal gemessene Temperatur und Flüssigkeitsverlust auf Grund von Schwitzen bezüglich 3 verschiedener Atemschutzgeräteausführungen werden hierbei gemessen und ausgewertet. Alle drei Gerätschaften werden dabei mit Hilfe von Parameterveränderungen während drei Einsatzübungen miteinander verglichen und ausgewertet.

„Although there have been improvements in ergonomimic design and reduced weight, there is still evidence to suggest that the protectiv clothing and respiratory devices used by firefighters negatively affects maximal oxygen consumption (VO_{2max}) (O’Connel et al., 1986, White et al., 1991, Eves et al., 2005).“ (zit n. Dreger et al., 2006; S. 912)

Aber auch *Bakri, Lee., Nakao, Wakabayashi und Tochihara (2012)* stellten in ihrer Untersuchung, bezüglich dem Gewicht von Schutzausrüstung und verschiedener Ausführungsarten des Atemschutzgerätes einen Zusammenhang zwischen dem Faktor Gewicht und dem Sauerstoffverbrauch bzw. auch der gesamten metabolischen Rate fest. Die metabolische Rate stieg unter Verwendung von Atemschutzgeräten um 20-40% in ihrer Studie.

Auch *Hooper, Crawford und Thomas (2001)* befassen sich in ihrer Studie mit sogenannten „Lightweight“ Atemschutzgeräten. Hierbei wurden Probanden einem Stufenergometertest mit voller persönlicher Schutzbekleidung und den zwei unterschiedlich schweren Atemschutzgeräten unterzogen. Das Gesamtgewicht hierbei betrug 15kg und 27kg. *Hooper et al., (2001)* versuchten in ihrer Studie nicht nur die Auswirkungen von zusätzlichem Gewicht auf die Leistungsfähigkeit zu überdenken, sondern versuchten den Aspekt der körperlichen Fitness ebenfalls hineinfließen zu lassen. Das Gewicht selbst hat aus physiologischer Sicht einen großen Stellenwert, jedoch listen *Hooper et al., (2001)* auch die Wichtigkeit der Position des zusätzlichen Gewichtes in ihrer Studie auf.

„... it was not only the weight of the set that could cause high moments of inertia but the position of the cylinder relative to the centre of gravity of the individual.“ (Hooper et al., 2001; S. 400)

Der Tragekomfort wurde hierbei ebenfalls mit einbezogen und von den Probanden mittels einer numerischen Skala¹⁴ auf einzelne Körperteile eingetragen. Deutliche Ergebnisse sprechen für einen höheren Tragekomfort der leichteren Gerätschaften. Auch ein geringerer Energieaufwand, welcher durch den Gewichtsunterschied und dadurch auch durch geringeren Hitzestress zu Stande kam, listen *Hooper et al., (2001)* auf. Bezüglich der körperlichen Fitness, kann aufgezeigt werden, dass ein Zusammenhang zwischen Sauerstoffverbrauch und der körperlichen Konstitution liegt. Ein Zusammenhang zwischen dem Energieverbrauch und körperlicher Fitness kann nur mangelweise herausgelesen werden. Dies schließt wiederum darauf, dass Feuerwehrleute, welche sich in schlechter körperlicher Verfassung befinden, keinen größeren Vorteil durch geringeres Zusatzgewicht bei den Atemschutzgeräten erlangen als körperlich fittere. Deshalb geben *Hooper et al., (2001)* auch die Empfehlung für eine Aufnahme, Fortsetzung und Aufrechterhaltung von physischem Training ohne Rücksicht auf die Verfügbarkeit von verschieden schwerem Equipment bei der Feuerwehr.

„This further reinforces the suggestion that for the moment, fire fighters will need to continue to improve and maintain fitness levels, regardless of the equipment they are using.“ (Hooper et al., 2001; S. 405)

Geringe Unterschiede im Gewicht der persönlichen Schutzbekleidung haben eine Auswirkung auf die Leistungsfähigkeit, wie auch *Lee et al., (2014)* in ihrer Studie herausfinden. Drei verschiedene Helme, Schutzstiefel und Schutzhandschuhe aus verschiedenen internationalen Regionen bzw. Ländern weisen unterschiedliches Gewicht auf. Diese auch oftmals als Zahlen gesehen gering wirkende Unterschiede, haben jedoch eindeutige Einwirkung auf die Beanspruchung von Feuerwehrleuten. 500 – 600g Unterschied z.B. bei den getesteten Helmen, machte sich in Aussagen der Probanden bemerkbar.

Subjects expressed less heaviness, fatigue and dizziness at the end of exercise while wearing the JPN helmet compared with wearing the other two helmets. These results imply that a 500-600g reduction in load carried by the head region

¹⁴ Skala nach Corlett und Wilson; 1992

is beneficial in reducing the thermoregulatory and subjective burden of firefighters in hot environments. (Lee et al., 2014; S.1219)

Aber nicht nur zusätzliches Gewicht bei der Kopfgregion erhöht die Beanspruchung, sondern auch Gewichtsunterschiede von einem Kilogramm an den Füßen ziehen Einbußen in der Leistungsfähigkeit mit sich. Laut *Turner, Chiou, Zwiener, Weaver and Spahr (2010)* wirkt sich ein zusätzliches Kilogramm bei der Masse der Schutzstiefeln, bezüglich verschiedener körperlicher Ausübung, auf einen rund 10% Anstieg des Sauerstoffverbrauches aus. Auch die jetzt immer mehr verwendeten zusätzlichen Gadgets¹⁵ bringen zusätzliches Gewicht, welches bei Anlehnung an die Beanspruchungssteigerung leistungssenkend wirkt.

„Various multifunctional devices (e.g. infrared cameras, wireless communication systems, lightning systems and location tracking systems) will be embedded to PPE, and it appears that the helmet is the most proper place to attach such gadgets.“ (Lee et al., 2014; S.1219)

5.4 Belastungsveränderung bezüglich Atemgasaustausch und aerobem/anaerobem Metabolismus

In einer Studie von *Williams-Bell et al., (2010)* wurde nicht allein die Auswirkung des Gewichtes auf die Beanspruchung gemessen, sondern es wurde der Parameter „RER“ hinzugezogen, um aussagekräftige Beweise der hohen Beanspruchung an Atemschutzgeräteträger zu liefern. „RER“ beschreiben *Williams-Bell et al., (2010)* als den Atemgasaustausch bei voller Adjustierung mit einem Atemschutzgerät und der dazugehörigen Atemschutzmaske. Dieser Atemgasaustausch wird mittels Teilung des CO₂ Ausstoßes durch die Sauerstoffaufnahme berechnet - $RER = VCO_2/VO_2$. Die Probanden dieser Studie mussten eine hohe Anzahl an Stockwerken über die jeweiligen Stiegenaufgänge ersteigen, bevor sie diese wieder herabsteigen durften. Der Wendepunkt wurde mittels verbrauchter Pressluft in ihren Atemschutzgeräten festgelegt. Durch das Stiegensteigen von bis zu 23 Stockwerken wurden maximale Herzfrequenzen von 91% der Leistungsgrenze erreicht. Beim Abstieg pendelten sich die Werte auf durchschnittlich 86% der maximalen Herzfrequenz ein.

However, by the eight floor RER exceeded 1.0 in the majority of subjects, with a group mean of 1.10. This high level of RER would not be expected if these

¹⁵ Als Gadget versteht man kleine technische Hilfsmittel, die mit ihrer Funktionalität immer mehr Einzug in den Alltag haben – wie z.B.: Helmkameras.

individuals were exercising at the same relative VO₂ (75% VO₂max) on a cycle ergometer or walking on a treadmill (Linnarsson, 1974). (zit n. Williams-Bell et al., 2010; S. 255)

Nach Perrey, Candau, Rouillon und Hughson (2003) und Tordi, Perrey, Harvey und Hughson (2003) wurden diese Werte erst bei einer maximalen Sauerstoffaufnahme von rund 90% erwartet. Aus diesen unerwartet hohen Werten schließen Williams-Bell et al., (2010), wie auch schon oben durch die ISO 8996 aufgezeigt wurde, dass ein großer Unterschied zwischen „normaler körperlicher Belastung“ und der physischen Belastung, die durch feuerwehrtsspezifische Aktivitäten auftritt, liegt. Den Grund dafür vermuten Williams-Bell et al., (2010) in der zusätzlichen Gewichtsbelastung durch das Atemschutzgerät und eine damit verbundene höhere Muskelaktivität.

...The sustained high RER reflects an important difference between firefighting and typical aerobic exercises. We speculate that high levels of muscle tension required to lift not only body mass but the weight of the personal protective gear plus the 18kg high-rise pack impaired muscle blood flow and oxygen delivery causing increased reliance on anaerobic metabolism. (Williams-Bell F.M., et al. 2010, S. 256)

Hierbei fällt auch der Begriff des anaeroben Metabolismus. Bei sportlichen Aktivitäten oder Belastungen, welche eine hohe bis sehr hohe Muskelaktivität mit sich führen und der aufgenommene Sauerstoff nicht mehr für die Energiegewinnung bzw. Energiebereitstellung ausreicht, produziert der Körper das für die Muskelaktivität erforderliche ATP¹⁶ durch Spaltung von Zucker ohne Sauerstoff - anaerob. Dadurch kann die Muskelaktivität für einen bestimmten Zeitraum aufrechterhalten werden. Dabei wird jedoch Milchsäure¹⁷ im Muskel gebildet, welches durch einen damit verbundenen Abfall des pH-Wertes, zur Muskelermüdung führt. Laut Ahonen, Lahtinen, Sandström und Pogliani (2003) sind Puffersubstanzen im Blut vorhanden, welche ebenfalls entstandene und freigesetzte Wasserstoffionen binden können.

„Damit können die Puffersubstanzen die Übersäuerung des Muskels verlangsamen und seine Ermüdung verzögern. Die Konzentration der Puffersubstanzen wird durch Training erhöht.“ (Ahonen et al., 2003; S. 70/72)

¹⁶ ATP = Adenosintri-phosphat

¹⁷ Milchsäure wird in der Salzform als Laktat bezeichnet

Genau diese Laktatproduktion konnten auch *Williams-Bell et al., (2010)* in ihrer Studie nachweisen. Die Laktatkonzentration nahm durch das Stiegensteigen, bei dem die Teilnehmer in den anaeroben Bereich ihres Metabolismus kamen, deutlich zu. Auch *von Heimburg, Rasmussen und Medbo (2006)* stellten Laktatwerte von rund 13 mmol/l während Stiegensteigens und einer Personenrettung während ihrer Studie fest. Auch *Bilzon et al., (2001)* zeigen in ihrer Studie auf, dass für Feuerwehrleute nicht nur aerobe Bereiche der Energiebereitstellung von Wichtigkeit sind, sondern auch zum Teil anaerobe. Zwar zeigt die prozentuelle Aufteilung von aerober und anaerober Energiebereitstellung bei *Bilzon et al., (2001)* in ihrer Untersuchung einen größeren Prozentsatz von aerober Belastung auf, jedoch sind Verhältnisse von 60:40 Prozent – aerob zu anaerob – möglich.

Williams-Bell et al., (2010) behandeln in ihrer Studie auch die Frage nach größerer Dimensionierung der Pressluftflaschen, um einen länger andauernden Atemschutzeinsatz zu ermöglichen. Hierbei stoßen sie jedoch auf Ergebnisse, die belegen, dass der Einsatz von größer dimensionierten Pressluftflaschen mit größerem Luftvorrat sich drastisch auf den Ermüdungszustand von Feuerwehrleuten auswirkt. Solche lang andauernden und großen Belastungen auf den menschlichen Körper sind nur mit langen Regenerationszeiten zu verdauen. Die wichtige Regeneration für den Körper würde dabei sehr wichtige Züge einnehmen.

..Therefore, under conditions where firefighters perform active duty cycles at a fire scene, it is best to keep the work period relatively short for two key reasons. First, longer cycles will cause greater fatigue with increased likelihood of injury. Second, as we have demonstrated, individual firefighters can consume air at such a rate that their low air alarms are activated in less than 10-min. (Williams-Bell et al., 2010; S. 258)

Williams-Bell et al., (2010) resümieren auch aus ihrer Studie, dass hierbei trainierte Personen untersucht wurden und mit nicht trainierten oder weniger fitten Probanden diese Studie vielleicht nicht möglich gewesen wäre. Auf alle Fälle würden die Parameter für den Luftverbrauch höher liegen.

5.5 Diskussion

Wie zu Beginn des 5. Punktes „Belastungen von Atemschutzgeräteträger/innen“ erwähnt setzen sich die meisten Studien aus feuerwehrspezifischen Übungssequenzen zusammen.

Genau diese Übungssequenzen weisen auf die feuerwehrspezifischen Belastungen hin. Der Einsatz von standardisierten Ergometertests, welche bei auch der Tauglichkeitsuntersuchung durchgeführt werden, können diese Belastungen nicht darstellen. Die Ergometertests können lediglich auf eine Erkrankung oder ein Problem des menschlichen Körpers hinweisen und sollten daher nur als Grundlage einer körperlichen Eignungsuntersuchung angesehen werden. Die wahren Belastungen während eines Atemschutzeinsatzes übersteigen jedoch die Aussagekraft dieser Ergometertests. Der wirkliche körperliche Fitnesszustand kann nur bedingt abgelesen werden. Die oben genannten Belastungen von Herzfrequenzraten bis zu 199 Schlägen / Minute (*Holmer und Gavhead, 2006*), Anstieg des Atemgasaustausches bis zu 1.10 (*Williams-Bell et al., 2010*) und die Veränderung des VO_{2max} während feuerwehrspezifischer Belastungsphasen spricht dafür, dass eine Tauglichkeitsuntersuchung nicht nur basierend auf generellen Ergometertestergebnissen aufgebaut werden sollte, sondern ein physischer Leistungstest, welcher auf feuerwehrspezifische Belastungen abzielt, durchgeführt werden sollte. Dadurch könnte eine Leistungssteigerung bezüglich der Leistungsfähigkeit aller Atemschutzgeräteträger/innen im niederösterreichischen Feuerwehrwesen hervorgerufen werden. Altersspezifische Veränderungen auf den menschlichen Organismus sollten hierbei ebenfalls miteinberechnet werden, um nicht einen Ausschluss aus dem Atemschutzgerätedienst mittels Altersgrenze festlegen zu müssen, sondern mittels Leistungsniveau bezüglich der körperlichen Fitness jedes einzelnen.

Nicht nur ein Ausscheiden oder eine Weiterführung des Atemschutzgeräteträger/innen Daseins soll mit dem Erreichen eines bestimmten Fitnessniveaus hervorgerufen werden, sondern eine Steigerung der allgemeinen physischen Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft im Feuerwehrwesen, um einerseits die gesundheitliche Gefährdung während eines Atemschutzeinsatzes weiter zu minimieren und andererseits um eine Verletzungsprophylaxe für Feuerwehrmitglieder zu ermöglichen. Ein angepasster Katalog für geeignete sportliche Testverfahren ist in vielen Vereinen und Gesellschaftsformen zur Erstellung eines Anforderungsprofils vorhanden. *Eisinger (2006)* setzte sich mit einer Erstellung eines Kataloges sportmotorischer Testverfahren für Spezialeinsatzkräfte auseinander. Im genaueren befasste er sich in seiner Dissertation mit den Spezialeinsatzkräften des österreichischen Bundesheeres – dem Jagdkommando. Hohe Belastungsformen bezüglich der aeroben und anaeroben Ausdauer und der Kraftausdauer sind ähnlich mit den Schlüsselanforderungen bei Atemschutzgeräteträger/innen anzusehen. Eine angemessene koordinative Leistungsfähigkeit ist ebenfalls gleich zusetzen.

Eisinger (2006) beschreibt dazu eine Testbatterie mit den dazugehörigen sportmotorischen Dimensionen, die an dieser Stelle als Beispiel einer zusätzlichen sportmotorischen Tauglichkeitsüberprüfung niederösterreichischer Atemschutzgeräteträger/innen dargestellt werden soll.

Tabelle 5: Katalog der für Spezialeinsatzkräfte geeigneten Testverfahren

Testverfahren bzw. Testparameter	Mindestleistungsfähigkeit	Maßeinheit	Getestete sportmotorische Dimension
2400m Lauf	10,4	[min,sek]	Aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit
Fahrradergometrie	256	[W]	
Hindernisbahn Indoor Gesamtzeit	79,7	[min,sek]	Anaerobe Ausdauerleistungsfähigkeit
Klimmzüge im Schräghang	19,1	[Anzahl]	Kraftausdauer
Liegestütze	35,7	[Anzahl]	
Sit-Ups	22,1	[Anzahl]	
Seilklettern	11,7	[sek]	Kraftausdauer / Schnellkraft / (Maximalkraft)
Bankdrücken	68,7	[kg]	Maximalkraft
Bankziehen	77,7	[kg]	

Quelle: Eisinger (2006, S. 198)

Diese Tabelle soll hierbei als Beispiel und Veranschaulichung einer möglichen sportmotorischen Testbatterie dienen. Trainingswissenschaftliche Möglichkeiten sollen hier nicht weiter erläutert werden. Diese werden unter Punkt „6.2 Trainingsmöglichkeiten“ erläutert.

Die zu Beginn der Diplomarbeit gestellte Forschungsfrage, „*Welches Leistungsniveau sollten daher Feuerwehrleute besitzen, um diese Belastungen ohne gesundheitlicher Gefährdung ausüben zu können?*“ kann auf Grund der Ergebnisse einzelner Studien erläutert werden. Wie schon erwähnt, sind die Belastungen, welche während dem Tragen von Atemschutzgeräten auftreten, auf den menschlichen Organismus als sehr intensiv zu bezeichnen. Der menschliche Kreislauf muss auf Grund von diesen hohen Beanspruchungen Höchstleistungen betreiben und bewirken. Die Herzarbeit, welche durch die hohe Anzahl von Schlägen pro Minute aus den Studien herausgelesen werden kann, hat eine höhere Menge der Durchströmflüssigkeit – dem Blut – zur Folge. Der gesamte menschliche

Kreislauf wird dadurch belastet - innere Organe müssen ihre Leistungsfähigkeit erhöhen, der Gasaustausch in der Lunge und somit auch im Blut nimmt zu, Stoffwechselprozesse werden angekurbelt und nicht zuletzt steigt dadurch auch die Körperkerntemperatur an. Primär gesehen wirkt sich diese Beanspruchung auf das menschliche Herz aus. Das Herz ist ein Muskel, den man genauso wie jeden anderen Muskel im menschlichen Körper trainieren kann und somit seine Leistungsfähigkeit steigern und seine Beanspruchungsresistenz bzw. Ermüdungsresistenz verlängern kann. Genau diese Steigerung der Leistungsfähigkeit soll für jedes Feuerwehrmitglied ein Grundbaustein zur Erreichung eines Fitnesslevels sein.

Nicht nur eine Angabe oder Zielsetzung zur Erreichung bestimmter Werte/Zahlen sollte das Ziel eines Feuerwehrmitgliedes sein, sondern es sollte ein persönliches Ziel sein, dass die Leistungsfähigkeit von Feuerwehrmitgliedern ein Niveau erreicht, bei dem feuerwehrspezifische Handlungen ohne Erreichung von physischen Limits durchgeführt werden können. *Barr et al., (2010; S.162)* beschreibt das Minimum des zu fordernden aeroben Leistungswertes mit $33.5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Dieser Wert soll laut *Barr et al., (2010)* das Minimum an Leistungsfähigkeit für Feuerwehrleute bezüglich feuerwehrspezifischer Tätigkeiten sein. An die Leistungsgrenzen zu kommen und diesen eine gewissen Zeit entgegen zu halten, zieht ein großes Risiko mit sich, in relativ kurzer Zeit zu ermüden und somit Verletzungen und negativen gesundheitlichen Einflüssen ausgesetzt zu sein. Die Steigerung der Leistungsfähigkeit soll daher auch im Rahmen von Gesundheitssport und nicht von Leistungssport stattfinden. Fehlende gesundheitliche oder körperliche Grundvoraussetzung muss berücksichtigt werden um eine Überbeanspruchung zu verhindern und dadurch, gesundheitlich gesehen, negativ auftretende Faktoren auszulöschen. Nach *Röcker (2005, S.69)* gibt es folgende Indikationen zur Durchführung von Ausdauerleistungsdiagnostik im Freizeitsport:

- *Optimierung der Belastungsintensität zur Trainingssteuerung*
- *Feedbackkontrolle der Trainingswirkung*
- *Objektive und spezifische Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit*
- *Leistungs- und Wettkampfprognose im Langzeitausdauerbereich*
- *Ergänzung einer sportmedizinischen Belastungsprüfung*

Auf Feuerwehrmitglieder und besonders Atemschutzgeräteträger/innen umgemünzt, kann die Wettkampfprognose der Leistungsdiagnostik als nichtig betrachtet werden.

6. Welche Rolle spielen Sport und Gesundheit im Feuerwehrwesen?

Der Ausbildungsleitfaden, welcher vom Landesfeuerwehrverband Niederösterreichs erstellt wird, wird durch die Dienstordnung gesetzlich gestützt. Im §16 „Ausbildung“ der Dienstordnung sind folgende Unterpunkte zu finden:

(1) Die Feuerwehrmitglieder sind so auszubilden, dass sie den an sie gestellten Anforderungen entsprechen können.

(2) Die Ausbildung liegt in der Verantwortung des Feuerwehrkommandanten. Vom Feuerwehrkommandanten sind die notwendigen Ausbildungserfordernisse (Übungen, Schulungen) anzuordnen. Er kann sich hierzu des (der) Feuerwehrkommandantstellvertreter(s) bedienen. Bei Bedarf kann er ein anderes geeignetes Feuerwehrmitglied mit der Aufgabe des Ausbildungsleiters betrauen. Bei der Durchführung der Ausbildung haben die Funktionäre, Chargen und Warte mitzuwirken. Es müssen jährlich mindestens sechs Gesamtübungen und zwei Schulungsvorträge abgehalten werden. Nähere Bestimmungen sind durch Dienstanweisung des Landesfeuerwehrkommandanten zu regeln. (Niederösterreichischer Landesfeuerwehrverband, Landesfeuerwehrkommando; Dienstordnung der Freiwilligen Feuerwehren; 2014)

Wenn man diese beiden Unterpunkte feuerwehrfachlich hinterleuchtet, ist es ersichtlich, dass die Ausbildung einen Focus auf Wissen über Gerätschaften und deren Anwendung hat. Einsatzszenarien und Übungsszenarien sollen den Feuerwehrmitgliedern Aufgaben stellen, die sie mit ihrem erlernten Wissen, durch Schulungen und Module an der Landesfeuerweherschule Niederösterreichs, zu lösen versuchen. Wie schon in Kapitel „2.4 Ausbildung“ dieser Diplomarbeit herauszulesen ist, ist die Ausbildung sehr theorieorientiert und feuerwehrspezifisch. Laut dem *Unterpunkt 1 der Dienstordnung §16 Ausbildung*, sind jedoch die Feuerwehrmitglieder so auszubilden, dass sie den an sie gestellten Anforderungen entsprechen. Das bedeutet die Feuerwehrmitglieder sollen die an sie gestellten Herausforderungen und Aufgaben mit Bravour meistern können. Die Vertrautheit mit dem Atemschutzgerät und dessen Handhabung hat sehr hohe Wichtigkeit und kann bei

Missachten zu lebensbedrohlichen Situationen führen. Jedoch sollte darüber hinaus angemerkt werden, dass nicht nur allein das technische Knowhow eine große Rolle spielt, sondern auch die körperliche Belastungsresistenz bzw. Belastungsfähigkeit. Durch psychische und kardiovaskuläre Faktoren, wird der menschliche Körper während eines Einsatzes bzw. schon alleine durch das Tragen des Atemschutzgerätes und der vollständigen Schutzausrüstung sehr beansprucht bzw. bei schlechtem Trainingszustand sehr schnell überbeansprucht. Die Feuerwehrkommandanten/innen sind jedoch laut *Dienstordnung §16 Ausbildung* dafür verantwortlich, dass die Feuerwehrmitglieder den an sie gestellten Anforderungen entsprechen. Eine Anforderung an einen Atemschutzgeräteträger kann nicht nur das technische Wissen rund um das Gerät und das praxisorientierte Wissen für die Handhabung eines Atemschutzgerätes während eines Einsatzes sein. Es muss auch ein gewisser Grad an körperlicher Fitness und gutem Trainingszustand vorhanden sein, um nicht nur der Dienstordnung zu entsprechen, sondern auch dem Wunsch über reibungslose Einsätze unter Verwendung von Atemschutzgeräten unter Berücksichtigung von gesundheitsorientierten Aspekten.

Die Wichtigkeit von physischer Fitness und dem dazugehörigen Training stellt auch *Bilzon et al., (2001)* dar und bezieht sich dabei auf die Aussagekraft des Parameters VO_{2max} .

„It has been suggested that a fire-fighter with a VO_{2max} greater than $40ml\ min^{-1}\ kg^{-1}$ is able to function more aerobically during a simulated fire-fighting task, compared with a fire-fighter possessing a lower VO_{2max} .“ (Bilzon et al., 2001; S. 767)

Wie *Bilzon et al., (2001)* das in ihrer Studie beschreiben, setzt sich die hohe Beanspruchung, welcher Feuerwehrleute ausgesetzt sind, aus intrinsischen und extrinsischen Teilen zusammen. Die intrinsischen Faktoren werden von aus dem gesteigerten Metabolismus und der physischen Beanspruchung gebildet. Die extrinsischen Einflüsse bilden Schutzkleidung und Equipment. Wie schon bei den Belastungsfaktoren auf einen Atemschutzgeräteträger unter dem vorigen Punkt „5. Belastungen von Atemschutzgeräteträger/innen“ aufgelistet, haben diese extrinsischen Faktoren einen hohen Anteil der Belastungssteigerung.

Die Belastungssteigerungen und ein zusätzliches fehlendes Level an körperlicher Fitness bei Feuerwehrleuten, beschreiben *Bilzon et al., (2001)* als steigendes Risiko für Herz-Kreislauf-Schädigungen, welche bis zum Tod führen können. Körperliche Fitness sollte auf Grund von vorher angeführten Belastungssteigerungen eine unumgängliche und wertvolle Basis JEDES Feuerwehrmitgliedes – ganz besonders die Basis von Atemschutzgeräteträger/innen – nicht

nur auf Grund seines eigenen Körperbewusstseins sondern auch um seines Kameraden Willen, Gesundheit und Leben sein.

„It is essential, therefore, for efficient job performance and the personal safety of each firefighter to assess cardiorespiratory fitness regularly against the metabolic demand of their work.“ (Bilzon et al., 2001; S. 768)

Bilzon et al., (2001) weisen ebenfalls in ihrer Studie explizit darauf hin, da sie dabei die feuerwehsspezifische Schiffsbesatzung der Royal Navy untersucht haben, dass die von Ihnen aufgezeigten Werte auch auf zivile Feuerwehren umgemünzt werden können, da Gledhill und Jamnik (1992) dies ebenfalls bewiesen.

Tabelle 6: Zusammenfassung von Studien aerober Leistungsfähigkeit von Feuerwehrleuten

Author / year	Origin	Number	Age / range	VO _{2max} / range
Davis et al., 1982	USA	100 males	33.1 ± 7.6 / 21-57	39.6 ± 6.42
Skoldstrom, 1987	Sweden	8 males	35 ± 4 / 30-42	49 ± 7 / 45-54
Faff and Tutak, 1989	Poland	18 males	29 ± 7	41.4 ± 8.8
Gahved and Holmer, 1989	Sweden volunteer and professional firefighters	2 x 12 males	V, 33 ± 5 P, 34 ± 3	V, 47 ± 7.2 P, 47.5 ± 5.7
Ilmarinen et al., 1997	Finish firefighting instructors	8 males	38 (31-44)	51.6 / 46-60
Smith and Petruzello, 1998	USA	10 males	34.5 ± 5 / 28-42	44.8 ± 4.7 / 37-53
Carter et al., 1999	Canada	12 males	31.8 ± 6.7	61 ± 3.9
Weafer, 1999	UK Petrochemical plant fire response group	14 males	28.5 ± 1.8	48.75 ± 4.96
Budd, 2001	Australian bush firefighters	28 males	26 / 18-45	47 / 31-63
Hooper et al., 2001	UK	21 males, 1 female	35 ± 8 / 21-54	43.7 ± 6 34.3-57.8
Bilzon et al., 2001	UK Royal Navy firefighters	34 males, 15 females	26 ± 7m/ 26 ± 6	54.6 ± 5 m/ 43 ± 8.1 f
Peate et al., 2002	USA	96 males, 5 females	32 ± 8 / 20-58	41.8 ± 8
Clark et al., 2002	USA	168 males	33.5 ± 8.6 / 18-58	44.6 ± 5 / 31.5-58
Eglin et al., 2004	UK firefighting instructors	13 males	37.5 ± 3.3	43.1 ± 7.7
McLellan and Selkirk, 2004	Canada	24 males	39 ± 0.7	51.2 ± 1
Eglin et al., 2004	UK firefighting instructors	10 males	38.2 ± 4.8	42.4 ± 7.5
Smith et al., 2005	USA	11 males	31.8 ± 6 / 24-38	43.4 ± 5.7 / 35-54
Selkirk et al., 2004	Canada	15 males	41 ± 1	45.7 ± 1.4
von Heimburg et al., 2006	Norway	14 males	38 ± 9 / 26-54	53 ± 5 / 41-63
Ilmarinen et al., 2004	Finland	12 males	32.1 / 26-46	46.9 ± 9.5 / 33.4-73.3
Carter et al., 2007	UK	10 males	33.3 ± 4.2	50.9 ± 7.0

Barr et al., 2008	UK firefighters	12 males	40.63 ± 7.9 / 28.2 ± 49.8	43.54 ± 3.92 / 50.5
Barr et al., 2009	UK firefighters	9 males	41.92 ± 6.7 / 28.2-52	43.32 ± 5.4 / 33.4-51.13

Quelle: *Barr et al., (2010, S.162)*

Barr, Gregson und Reilly (2010) vergleichen in ihrem Artikel mehrere Studien aus Schweden, Polen, Finnland, Kanada, England, Norwegen und der USA bezüglich des Parameters der aeroben Leistungsfähigkeit. Im Vergleich dieser ganzen Studien, wird der Parameter VO_{2max} als limitierender Parameter angenommen. *Barr et al., (2010)* versuchen durch den Vergleich vieler Studien, einen Wert des VO_{2max} Parameters herauszufinden, welcher als „Minimumgrenze der Leistungsfähigkeit“ angegeben werden kann.

*„As a result of these findings the authors proposed an aerobic power value of 33.5ml * kg⁻¹ * min⁻¹ as the minimum acceptable level for performing fire-fighting activities.“ (Barr et al., 2010; S.162)*

Aber nicht nur die aerobe Leistungsfähigkeit wurde von *Barr et al., (2010)* herangezogen, sondern auch die anaerobe Fitness und die in der Gesamtheit betrachtete körperliche Fitness und Konstitution von Feuerwehrleuten wurde hinterleuchtet. Die Aktivitäten bzw. die Herausforderungen, an welche Feuerwehrleute im Einsatzfall, jedoch auch in Übungsannahmen, herangeführt werden sind Nahe körperlicher Leistungsgrenzen.

„During this activity the firefighters were working at 80.3%, 94% and 87.8% of their maximum VO_{2max} , heart rate, and power output (watts), respectively.“ (Barr et al., 2010; S.164)

Leistungsgrenzen zu erreichen kann für untrainierte Personen, in diesem besonderen Fall für Atemschutzgeräteträger, körperliche Schädigungen mit sich ziehen. Menschliche Körper, welche unter dauerhaftem und ständigem körperlichen Training stehen, können eine bessere Belastungsresistenz zeigen und eine ebenfalls höhere Leistungsfähigkeit. Diese kann wiederum zum besseren Erfüllen des Einsatzzieles führen. Die Gesamtheit dieser Studie betrachtet, ist es eine unumgängliche Aufgabe von Feuerwehrleuten, sich körperlich zu betätigen und ein gewisses Mindestmaß an körperlicher Fitness zu erreichen!

This observation demonstrates the need for firefighters to possess both high levels of muscular and aerobic fitness, and as the job itself is not enough to help fire-fighters maintain adequate levels of fitness, training programmes and

allocated time should be made available for firefighters during ,stand down‘ time. (Barr et al., 2010; S.165)

Diese körperliche Fitness wird nicht durch monatliche Übungen oder dem Tragen des Atemschutzgerätes zwei Mal im Jahr erreicht. Auch im Angesicht der Freiwilligkeit niederösterreichischer Feuerwehren sollte eine Bereitschaft zu immer wiederkehrender körperlicher Betätigung der Feuerwehrmitglieder und des Landesfeuerwehrverbandes sein. Kooperationen mit Sportvereinen, Fitnesscenteranlagen oder sonstigen Institutionen, welche die körperliche Betätigung forcieren, könnte hierbei einen positiven Aspekt erlangen und oftmals auch für viele Mitglieder eine der wenigen Möglichkeiten sein, sich körperlich zu betätigen.

Aber auch *Harvey, Kraemer, Sharratt und Hughson (2008)* befassen sich mit der Notwendigkeit von sportlicher Fitness von Feuerwehrleuten und weisen dabei auf Aussagen voriger Studien hin.

It is now well established through legal precedents that fire-fighting and other physically demanding professions should only be placed in the hands of individuals who have the physical capabilities to complete the job tasks without jeopardizing the safety of themselves, potential victims or co-workers. (Harvey et al., 2008; S. 96)

Geschichtlich haben sich die Feuerwehren aus Turnvereinen und anderen sportlichen Vereinen gebildet und zusammengesetzt. Damit bildeten die Grundlage der heutigen Feuerwehren – geschichtlich gesehen – körperlich leistungsfähige Menschen mit vermutlich in jener Zeit gutem Trainingszustand. Mit fortlaufender Aneignung von theoretischem Wissen, rückte der Aspekt von körperlicher Leistungsfähigkeit immer weiter in den Hintergrund. Vom *Jahn' schen Modell* und sportlichem Miteinander, ist in der Feuerwehr heute wenig bis gar nichts mehr zu erkennen.

Die Atemschutztauglichkeitsuntersuchung findet im längsten Fall alle drei Jahre statt. Das dreijährige Intervall der Tauglichkeitsuntersuchungen, aber auch das kürzeste Intervall von einem Jahr, erscheint im Hinblick auf den großen Bewegungsmangel mancher Feuerwehrmitglieder als sehr groß. Die individuelle physische Leistungsfähigkeit sollte bei erhöht körperlich beanspruchenden Aufgaben, wie es im Feuerwehrwesen wie alle vorherigen Studien auch belegen der Fall ist, einen höheren Stellenwert haben um professionelles und sicheres agieren im Atemschutzgerätedienst zu gewährleisten.

In allen Ausbildungsmodulen des niederösterreichischen Feuerwehrverbandes, abgesehen vom Sonderdienst Tauchdienst, bei dem körperliche Leistungsfähigkeit zumindest während der Ausbildung einen höheren Stellenwert besitzt, ist die Leistungsfähigkeit des menschlichen Körpers und der damit verbundene Trainingszustand in den Hintergrund gerückt.

Ein positiver Aufwärtstrend hinsichtlich sportlicher Aktivitäten ist in der Ausbildung zum Feuerwehrjugendführer zu erkennen. „*Gruppen- und Kooperationsspiele (A02)*“ und „*Sport und Bewegung in der Feuerwehrjugend (FJSP)*“¹⁸ sind Teil der Ausbildung in der niederösterreichischen Feuerweherschule. Dies ist ein erster positiver Schritt, den Sport und die Bewegung unserer von Bewegungsmangel geprägten Jugend und Gesellschaft wieder näher zu bringen. Sport ist nicht gleichzusetzen mit Leistungssport, sondern kann neben Leistungsfähigkeitssteigerung und Erlangung körperlicher Fitness eine Motivationssteigerung in der Gemeinschaft hervorbringen und das sehr wichtige Gemeinschaftsgefüge steigern.

Die beiden Module der niederösterreichischen Landes-Feuerweherschule sind in dem sehr weitgefächerten Modulsystem des niederösterreichischen Feuerwehrverbandes, die einzigen, welche mit Sport und Bewegung verknüpft werden können.

Hierbei sollte erwähnt werden, dass die Niederösterreichischen Feuerwehrlandesleistungsbewerbe ausgenommen sind. Erfolgreiche Bewerbungsgruppen trainieren auf diese Leistungsbewerbe gezielt hin. Das Leistungsspektrum von diesen Gruppen ist eindeutig höher einzuschätzen.

Aber auch die immer größere Zahl an chronisch erkrankten Personen nimmt stetig zu. Zu diesen chronischen Krankheiten zählen zum Beispiel Diabetes mellitus und Herz-Kreislauf-Krankheiten. Wie auch *Weineck (2010)* in seinem Buch erklärt, wird Diabetes Typ II auch Wohlstands- oder Altersdiabetes genannt. Durch Fehlernährung, Übergewicht und Bewegungsmangel können solche „Volkskrankheiten“ ausgelöst werden. Als präventive Maßnahme dieser chronischen Krankheiten nennt *Weineck (2010)* immer wieder den Begriff der körperlichen Aktivität.

¹⁸ = der Titel der Lehrveranstaltungen dieser beiden Module in der niederösterreichischen Landesfeuerweherschule

„Präventive Maßnahmen sollten so früh wie möglich in Gang gesetzt werden und bereits im Mutterleib bzw. im Kindes- und Jugendalter beginnen und im weiteren Leben ohne Unterbrechung fortgesetzt werden!“ (Weineck, 2010; S. 689)

Aber auch eine Studie, in der niederländische aktive Feuerwehrleute untersucht wurden, zeigt einen Prozentsatz von 23% unter chronischer Krankheit leidenden Personen. In dieser Studie von *Plat, Frings-Dresen und Sluiter (2012)* wird auch eine Verbindung zur sozialen Perspektive geknüpft, indem das Arbeitsverhältnis zwischen Arbeitgeber und Arbeitnehmer hinterfragt wird.

All employees, including employees with a chronic disease, will be indispensable at work in the future for financial reasons to avoid a shortage of active workers compared with retirees. In conclusion, efforts should be made to keep employees with chronic diseases fit for their jobs, in addition to employees in high demand jobs, if the health and safety of the employee, colleagues and the public can be guaranteed. (Plat et al., 2012; S. 162)

Im Sinne der Wirtschaft, in der Geld eine große Rolle spielt, hat Fitness und Gesundheit einen höheren Stellenwert als bei freiwillig ausgeführten Tätigkeiten. Nicht die Wirtschaft sollte als unser Kapital für Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit gelten, sondern unser eigener Wille, Aufgaben zu unserer eigenen vollsten Zufriedenheit zu bewerkstelligen ohne unseren Körper an gesundheitsbedenkliche Grenzen heranzuführen, sollte das Ziel sein.

6.1 Motivation im Feuerwehrwesen

Wie am Beginn meiner Diplomarbeit erwähnt, ist der Beitritt zu einer niederösterreichischen Freiwilligen Feuerwehr freiwillig. Diese Freiwilligkeit, Zeit zu opfern, zieht eine bestimmte Motivation der Feuerwehrmitglieder mit sich. Nur durch dieses motivationsgesteuerte Auftreten, kann die Feuerwehr bestehen und sich weiterentwickeln.

Laut einem Beitrag von *Fuchs (1999)* in dem Bericht über die Tagung der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie (ASP) vom 21. bis 23. Mai 1998 in Leipzig zum Thema „Motivation und Volition im Sport“, setzt sich Motivation aus folgenden Aspekten zusammen:

- *...anfänglich oft voller Begeisterung darüber, wie viel Spaß ihnen die neue entdeckte Bewegungslust bereitet....*

- *Spaß an der neuen Sportart, jedoch auch das Interesse an den neuen Bewegungen und den damit verbundenem Sammeln von Bewegungserfahrungen, sind zu Beginn der Bewegungslust die Hauptfaktoren. Diese legen sich jedoch nach einigen Monaten, wenn “der monatliche Sporttermin seine Unantastbarkeit und andere Handlungsmöglichkeiten verliert... (Alfermann und Stoll, 1999; S.41)*

Diese Begeisterung und dieses Interesse an einem bestimmten Bereich in der Gesellschaft, treffen auch auf Feuerwehrmitglieder der niederösterreichischen Feuerwehren zu. Die Begeisterung ist oftmals bei der Eintrittsphase am Höchsten. Actiongeladene Einsätze, das Selbstbild eines Helden und der sozialen Standpunkt in der Gemeinde und der Bevölkerung, welchen man durch einen Beitritt zu einer Freiwilligen Feuerwehr erreichen und festigen möchte, sind hierbei die Motivationsgründe. Wenn man die Organisation einer Feuerwehr auf die einer Schulklasse ummünzt, der Kommandant zum Sportlehrer wird, und seine Mitglieder die Schüler darstellen, lassen sich mehrere Parallelen im Buch von *Samulski (1986)* finden.

- *Ziel des Sportunterrichts sollte eine allmähliche Überführung der Fremdmotivierung in eine Selbstmotivierung der Schüler sein, wobei die Motivation durch den Lehrer nie ganz überflüssig wird. Beide Maßnahmen sollten sich sinnvoll ergänzen.*
- *Sportlehrer/-innen sollten für Motivierungsprobleme im Unterricht sensibilisiert werden. Sie sollten in der Lage sein, Ursachen von Motivationsproblemen zu erkennen, um Situationen zu verhindern, in denen sich Schüler/-innen selbst motivieren müssen. Dieses kann der Sportlehrer insbesondere über ein emotional positives Klassenklima fördern. (Samulski, 1986; S. 193 ff.)*

Die zu Beginn aufrechte Selbstmotivation, kann im Laufe der Dienstjahre in einer Freiwilligen Feuerwehr nachlassen. Wenn die Motivation und das Interesse am Feuerwehrwesen sinken, ist ein Fernbleiben von Übungen, Einsätzen und sonstigen Veranstaltungen oftmals das Resultat, abgesehen von Erkrankung oder ähnlichem. Eine nicht bestandene Tauglichkeitsuntersuchung zieht oft eine deutliche Verringerung der Motivation nach sich. Hier besteht innerhalb der Feuerwehr deutlich Verbesserungsmöglichkeit! Es sollte Ziel sein, durch gemeinsame sportliche Aktivitäten, das Mitglied an eine körperliche

Leistungsfähigkeit heranzuführen, die ein erfolgreiches Bestehen der Tauglichkeitsuntersuchung mit sich führt und somit das „Gefüge-Feuerwehr“ sich weiter entwickeln und wachsen kann. Das Ausscheiden aus dem Feuerwehrdienst sollte nicht so einfach angenommen und akzeptiert werden. Es sollte eher unseren Kampfgeist wecken, um eine Verbesserung der physischen Leistungsfähigkeit bzw. Aufrechterhaltung zu erlangen um lange möglich in dieser Gemeinschaft teilhaben zu dürfen.

Der Zeitraum wie lange ein Mitglied die Funktion Atemschutzgeräteträger/in ausüben kann bzw. darf, ließe sich durch gezielte sportliche Aktivitäten deutlich verlängern. Kleinere Ortschaften kämpfen immer mehr damit, Atemschutztrupps stellen zu können, da oftmals jüngere Aspiranten auf die Ausbildung durch ihre schlechte körperliche Konstitution aus dem Dienst ausscheiden oder erst gar nicht zu der Ausbildung zugelassen werden.

Die Feuerwehr besteht aus freiwilligen Personen und ist auf diese angewiesen. Damit die Feuerwehr in einer Gemeinde ihre Aufgabe durchführen kann, müssen diese Personen motiviert und körperlich fit bleiben.

Studien aus Amerika zeigen ebenfalls die Wichtigkeit körperlicher Leistungsfähigkeit im Feuerwehrwesen auf. Statistische Auswertungen des *Technologies Report (2007)* zeigten, dass ca. 50% aller Todesursachen bei Feuerwehrleuten auf Herzinfarkte und Gehirnschläge auf Grund der hohen Stressbelastungen, rückzuführen sei.

“Recent statistics in the United States (C2 Technologies Report, 2007) reported that 46% or 55% of deaths were classifieds as the result of stress or overexertion that led to heart attack or stroke.” (Perroni F. et al., 2014; S. 456)

Die tödlichen Folgen nehmen die tragischste Rolle ein. Aber auch Verletzungen bezüglich dem Muskel- und Skelettparat, sowie verschiedene Traumata und Herz-Kreislauf Schädigungen können die großen Belastungen feuerwehrspezifischer Arbeiten mit sich ziehen. Vieler dieser Verletzungen kann mittels gezieltem Training entgegengewirkt oder sogar verhindert werden. Eine ausgeprägte und gestärkte Muskulatur, kann den menschlichen Körper – das Skelett sowie innere Organe - schützen. *Perroni et al., (2014)* beschreiben die Wichtigkeit der muskulären Leistungsfähigkeit als Faktor der Aufrechterhaltung von muskulärer Tätigkeit.

„... explained a good muscular capacity as a protective factor against decreased perceived physical work ability.“ (Perroni et al., 2014; S. 460)

Perroni et al., (2014) schlagen bezüglich ihrer Studie, aber auch einer Anzahl an ähnlichen Studien, ein dauerhaftes körperliches Training vor, um Feuerwehrleuten, ein auf die Gesundheit gesehen, sichereres und beanspruchungsminimierendes Arbeiten zu gewährleisten.

... the Italian Firefighting Corp should encourage the practice of regular physical activity during working hours and introduce annual evaluation to ensure the physical capacity of firefighters. Moreover, for promoting work ability periodic health examinations and fitness testing should be conducted as a preventive measure. (Perroni et al., 2014; S. 460)

All diese in dieser Diplomarbeit genannten Studien belegen die erhöhten Belastungen, die Feuerwehrmitglieder ausgesetzt sind. Gerade die Freiwilligkeit sollte dabei nicht unterschätzt werden. Das vorhandene Restrisiko im Feuerwehrwesen gilt es so gut es geht zu minimieren. Unserer Gesundheit wegen, sollte gerade hierbei ebenfalls gehandelt und Bedacht darauf geworfen werden, um unsere Leistungsfähigkeit zu steigern, um die Sicherheit unserem eigenem Körper, aber auch unserer Feuerwehrmitglieder gegenüber bestmöglich zu gewährleisten!

6.2 Trainingsmöglichkeiten

Dieser Unterpunkt soll einen allgemeinen Überblick über Trainingsmöglichkeiten geben, um eine Leistungssteigerung bezüglich feuerwehrspezifischer Tätigkeiten zu ermöglichen. Wie Studien gezeigt haben, setzen sich die Belastungen für Feuerwehrmitglieder aus den Schlüsselqualifikationen von aerober und anaerober Ausdauer, Kraftausdauer und einem gewissen Maß an Maximalkraft zusammen. Schnelligkeit und Schnellkraft werden während feuerwehrspezifischer Tätigkeiten eher weniger benötigt und werden daher hier in den Hintergrund der Trainingsmöglichkeiten gestellt. Die folgende Abbildung soll einen Überblick über generelle körperliche Fähigkeiten bieten um das Gesamtwerk der „körperlichen Fitness“ zu begreifen.

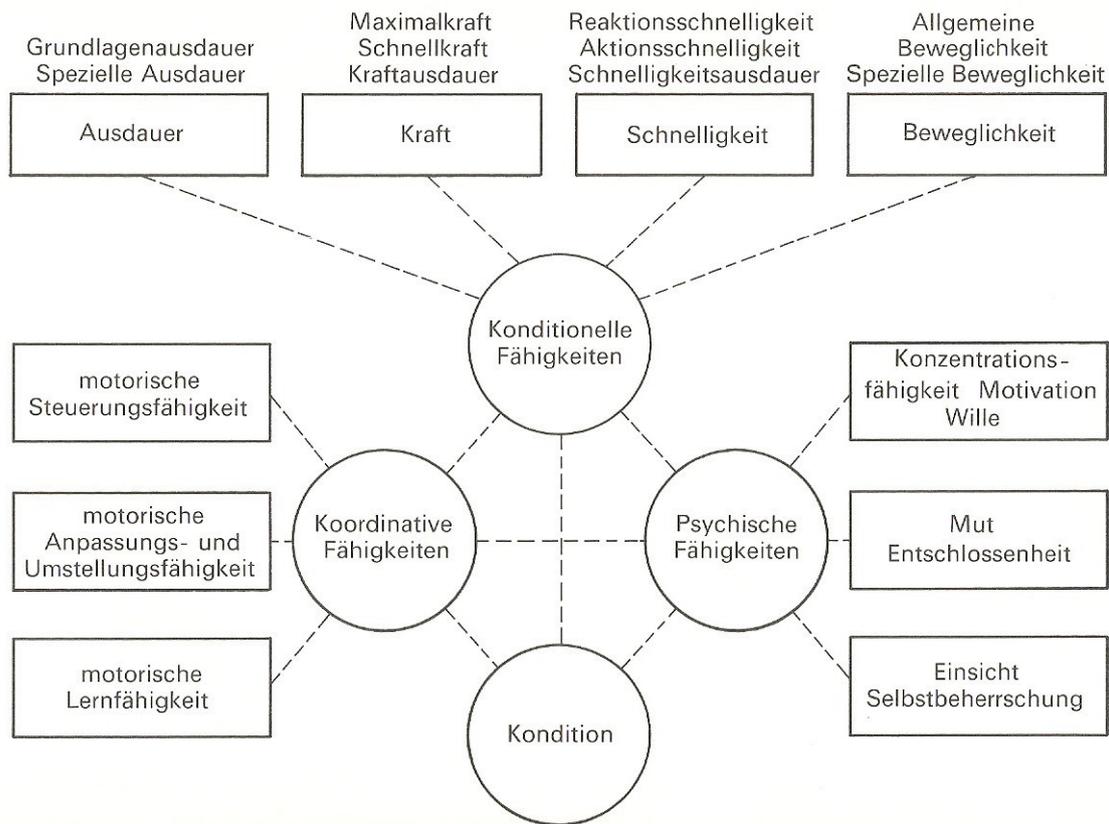


Abbildung 34: Übersicht über die Einwirkung körperlicher Fähigkeiten (Mühlfriedel B., 1994; S. 32)

Jede einzelne Fähigkeit nimmt eine bestimmte sportmotorische Rolle ein. Die Gesamtheit und die Eingliederung aller einzelnen Fähigkeiten in ein sportmotorisches Trainingsprogramm, bietet ein Höchstmaß an sportlicher Ausprägung aus konditioneller und koordinativer Sichtweise.

Um eine Überbeanspruchung bzw. eine Überforderung von Sporttreibenden zu verhindern, führt Mühlfriedel (1994, S. 36) die verschiedenen Trainingsmöglichkeiten laut vier pädagogischen Regeln und Grundsätzen durch:

- *) vom Einfachen zum Komplizierten,
- *) vom Leichten zum Schwierigen
- *) vom Bekannten zum Unbekannten,
- *) vom Allgemeinen zum Speziellen

Diese vier Grundsätze sollten für Sportneulinge im Vordergrund stehen und mit voller Rücksicht betrachtet werden.

6.2.1 Ausdauer

Die allgemeine Ausdauer kann als Grundbaustein und wichtigstes Grundelement für sportliche Leistungsfähigkeit herangezogen werden. Die allgemeine Ausdauer, auch Grundlagenausdauer genannt, bildet einen Grundsockel für weitere sportliche Elemente. Auf dieser Grundlagenausdauer aufbauend, können Trainingsmöglichkeiten intensiviert und gesteigert werden. Somit hat die Grundlagenausdauer ihren festen Platz an der Seite von Intervall- und/oder Wiederholungsmethode.

Grundsätzlich kann Ausdauer in die zwei Bereiche *aerober Energiebereitstellung* und *anaerober Energiebereitstellung* unterteilt werden, wie zum Beispiel *Eisenhut & Zintl (2013)* auch belegen. Der menschliche Metabolismus findet unter aeroben Bedingungen statt, wenn bei physischer Belastung die Stoffwechselprozesse unter Zuhilfenahme von Sauerstoff ablaufen. Dabei werden Glukose (= „Zucker“) und Fette als Energielieferanten unter Verbrauch von Sauerstoff verstoffwechselt und abgebaut. (*Eisenhut & Zintl, 2013*) Bei niedrigen bis moderaten Belastungsintensitäten läuft die Energiebereitstellung aerob ab. Hierbei wird keine zusätzliche Milchsäure (= „Laktat“) produziert. Bei höheren Intensitäten wird auf die anaerobe Energiebereitstellung zurückgegriffen. Hierbei wird Glukose ohne Zuhilfenahme von Sauerstoff verarbeitet. Diese anaerobe Energiebereitstellung kann nochmals in „*laktazid*“ und „*alaktazid*“ unterteilt werden. Bei beiden dieser Unterteilungen wird ohne Zuhilfenahme von Sauerstoff verstoffwechselt. Die „anaerobe *laktazide*“ Energiebereitstellung hat zur Folge, dass Laktat bei dem Stoffwechselprozess als Abfallprodukt entsteht und ins Blut abgegeben wird. Bei Intensitäten oberhalb der sogenannten aerob-anaeroben Schwelle ist dies der Fall. Die „anaerobe *alaktazide*“ Energiebereitstellung ist feuerwehrspezifisch betrachtet, von geringerem Wert, da dieser Weg beschritten wird, „*wenn große Energiemengen pro Zeiteinheit erforderlich sind, also bei maximalen Kontraktionsintensitäten.*“ (*Eisenhut & Zintl, 2013; S. 51*) Dabei wird kein Laktat gebildet, da energiereiche Phosphate zur ATP Bildung herangezogen werden.

„*Beim Phosphatabbau liegen nämlich die höchsten Energieflussraten vor.*“ (*Eisenhut & Zintl, 2013; S. 51*)

Diese Phosphatspeicher sind jedoch nur von sehr geringem Ausmaß und stehen deshalb für den Körper nur für kurze Belastungen mit hoher Intensität zur Verfügung. „

Aerobe und anaerobe Energiebereitstellung haben Vor- und Nachteile. Beide Formen schließen sich nicht gegenseitig aus, sondern ergänzen sich gewissermaßen.“ (Eisenhut & Zintl, 2013; S. 58)

Die vorher kurz erwähnte aerob-anaerobe Schwelle ist von großer Bedeutung für das weitere Training.

„Solange bei niedrigen Belastungsintensitäten die Muskeltätigkeit vom aeroben Glykogen- und Feststoffwechsel unterhalten wird, liegen im Blut Laktatwerte von weniger als 2 mmol/l vor (Normalwerte in Ruhe 1,0 – 1,78 mmol/l).“ (Eisenhut & Zintl, 2013; S. 72)

Dieser physiologische Schwellenwert gibt Auskunft über das Ende des aeroben Bereiches (= keine Laktatproduktion) und den Anfang des anaeroben Bereiches (= Laktatproduktion). Mittels Herzfrequenz, dem Wissen über die eigene aerobe-anaerobe Schwelle und Laktatmessungen während physischer Belastungen, können leistungsfördernde Trainingsbereiche im genauestens berechnet und aufgezeigt werden. Nach *Friedrich (2005)* „stellt das Krümmungsverhalten der ansteigenden Laktatkonzentrationskurve das entscheidende Beurteilungskriterium dar und nicht ein festgelegter Laktatwert.“ (*Friedrich W., 2005; S. 97*)

Diese Schwelle wird zwischen 2 und 4 mmol/l Laktat erreicht. Für den Gesundheitssport und Freizeitsport wird oftmals die medizinische Messung von Laktat nicht berücksichtigt, sondern mittels der *Karvonen-Formel* gearbeitet, da sie für Jedermann überschaubare Ergebnisse liefert. Mit dieser Formel kann man Werte für die individuelle Belastungsintensität bestimmen. Man benötigt dafür die maximal erreichbare Herzfrequenz („HF-max“) und den eigenen Ruhepuls („HF-Ruhe“). Die maximale Herzfrequenz kann man mittels verschiedener Lauftests und Ausbelastungstests, wie zum Beispiel dem „Shuttle-Run“, herausfinden oder eine jedoch etwas ungenauere Daumenregel – „*HF-max = 220 – Lebensalter*“ - anwenden. Der Ruhepuls wird direkt nach dem Aufwachen noch im Bett liegend gemessen. Diese Messung des Ruhepulses kann öfters bzw. täglich wiederholt werden und der Mittelwert der einzelnen Messwerte ergibt den für die *Karvonen-Formel* nötigen genauen HF-Ruhe-Wert.

$$\frac{HF\text{-Belastung} - HF\text{-Ruhe}}{HF\text{-max} - HF\text{-Ruhe}} * 100\% = \dots\dots\%$$

Um von der gewünschten Belastung auszugehen verwendet man eine abgewandelte *Karvonen-Formel*, welche die Herzfrequenzreserve (HF-res) miteinbezieht (*Friedrich W., 2005; S. 99*). Die HF-res ergibt sich aus der Differenz von HF-max und HF-Ruhe. Somit kann ich die prozentuelle Trainingsherzfrequenz (HF-proz.Tr.) berechnen. Bei zum Beispiel einer gewünschten 65 prozentuellen Trainingsherzfrequenz ergibt sich folgende Formel:

$$HF\text{-proz.Tr.} = HF\text{-Ruhe} + (65\% * HF\text{-res})$$

Laut *Friedrich (2005; S 99)* geht die *Karvonen-Formel* von folgenden Prozentzahlen der Herzfrequenz aus:

- 60% für *Regenerationstraining und sehr langes extensives Ausdauertraining*
- 70% für *normales Ausdauertraining*
- 80% für *intensives Ausdauertraining*

Diese Prozentzahlen dienen zur Bestimmung der für das Training geeigneten Herzfrequenzen. *Eisenhut & Zintl (2013; S. 178)* beschreiben deshalb auch die Trainingsherzfrequenz $THF = Ruhe-HF + (HFmax - Ruhe-HF) * Int.\%$

Dafür wird das Ausdauertraining in autorenabhängig verschieden viele Ausdauerbereiche unterteilt. Unterteilungen in GA „Grundlagenausdauer“, GA1 „Grundlagenausdauer 1-Training“, GA2 „Grundlagenausdauer 2-Training“ (*Neumann, Pfützner & Berbak, 2005; S. 131/132*), in die Ausdauerbereiche AD1 bis AD4 oder auch einfach in Trainingszonen (*Vogt et al., 2005*) sind in der Literatur zu finden.

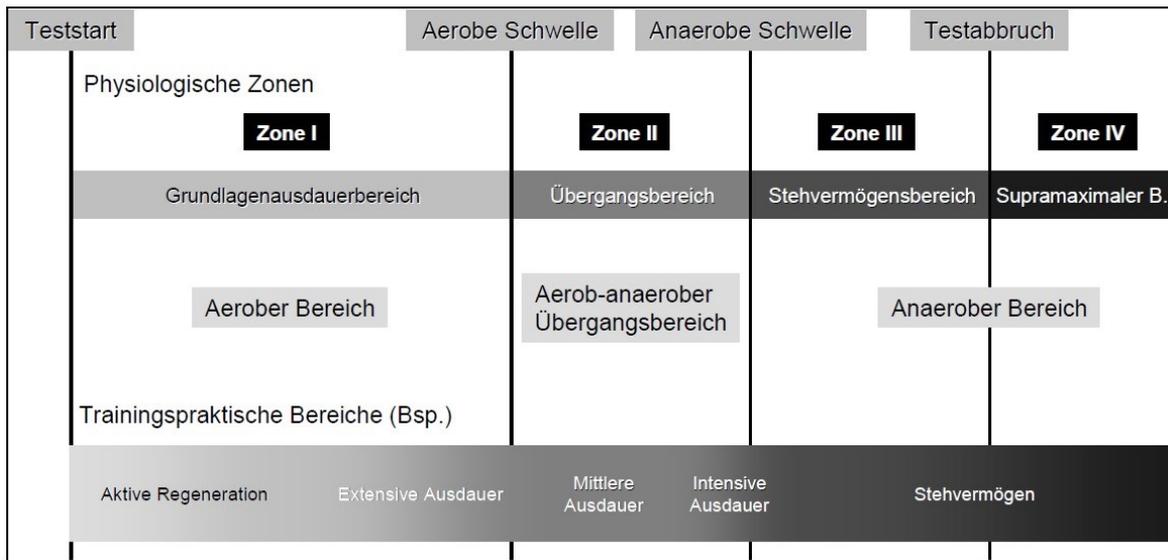


Abbildung 35: Trainingspraktische Intensitätsbereiche (Vogt et al., 2005; S. 5)

Auch die Prozentzahlen für die Trainingsintensitätsbereiche variieren von Autor zu Autor. Oftmals werden diese auch als sportartspezifisch und als Erfahrungswert deklariert. Ich möchte hierzu die Werte von *Güllich und Krüger (2013)*, die sich wiederum auf *Hottenrott & Neumann (2008)* und *Meyer et al., (2005)* beziehen, herannehmen, da meine Erfahrungswerte diesen ähneln. Außerdem ist in der folgenden *Tabelle 7 (siehe S. 90)* auch eine Untergliederung für Trainierte und Untrainierte eingebracht, welche diesen Ansatz von Trainingsintensitätsbereichen wiederum besser für Feuerwehrmitglieder greifbar macht. Weiters wird die subjektive Beanspruchung für diese Belastungsintensitäten miteinbezogen, und anhand der „Borg-Skala“¹⁹ aufgezeigt. Diese kann als Richtwert angesehen werden.

Tabelle 7: Intensitätsempfehlungen zur Differenzierung des Ausdauertrainings

Trainingsbereiche	TB1	TB2	TB3	TB4	TB5	
Bezeichnungen	REKOM	GA 1	GA1-2	GA 2	WSA	
Subjektive Beanspruchung	Sehr locker	locker	Anstrengend	Sehr anstrengend	Maximal anstrengend	
RPE (6-20)	8-9	10-12	13-14	15-17	18-20	
% HF _{max}	Untrainiert	<55	55-65	65-75	75-85	>85
	Trainiert	<65	65-75	75-85	85-90	>90

¹⁹ Die Borg-Skala ist eine numerische Skala von 6 bis 20, wobei der Wert 6 ein „sehr sehr leicht“ und der Wert 20 ein „zu stark, geht nicht mehr“ Belastungsempfinden aufzeigt.

Laktat (mmol/l)	Untrainiert	< 2,0	2,0-2,5	2,5-3,5	3,5-6,0	>6,0
	Trainiert	< 1,0	1-1,5	1,5-2,5	2,5-6,0	>6,0
% VO _{2max}	Untrainiert	<55	55-65	65-75	75-85	>85
	Trainiert	<65	65-75	75-85	85-90	>90

Quelle: *Güllich und Krüger (2013, S. 465)*

Aber nicht nur die Trainingsintensitätsbereiche sind hierbei von Wichtigkeit, sondern auch die dazu passende Trainingsmethode. Grundsätzlich werden diese fünf Trainingsmethoden unterschieden:

- Dauermethode
- Intervallmethode
- Wiederholungsmethode
- Fahrtspiel bzw. Wechselmethode
- Wettkampfmethode

Genauso wie bei den Trainingsbereichen und Prozentzahlen der Belastungsintensitäten können auch die Begriffe der Trainingsmethoden von Autor zu Autor verschieden sein. Das Ziel, eine Leistungssteigerung zu erreichen, ist jedoch dasselbe.

„Die Methoden des Ausdauertrainings können anhand der unterschiedlichen Gewichtung der Belastungsnormative Intensität, Dauer, Umfang, Dichte und Häufigkeit und den damit verbundenen physiologischen Trainingswirkungen differenziert werden.“ (Güllich & Krüger, 2013; S. 465)

6.2.1.1 Dauermethode

Die Dauermethode kennzeichnet sich durch eine geringe bis mittlere Intensität aus. Wie der Name schon verrät, ist jedoch die Dauer der Belastung relativ lange – über 60 min bis hin zu mehreren Stunden (sportartspezifisch). Daher spricht man auch von einem hohen bis sehr hohen Umfang dieser Methode. Im Vergleich zu den restlichen Trainingsmethoden, wird bei der Dauermethode eine kontinuierliche gleichmäßige Belastung – oftmals bei zyklischen Sportarten/Bewegungen – bevorzugt. Die Energiebereitstellung läuft hierbei aerob ab – dies wird auch als die *extensive Dauermethode* bezeichnet. Dies kann als Regenerationstraining bzw. Kompensationstraining angesehen werden. Die Dauermethode kann jedoch auch intensiver durchgeführt werden – die *intensive Dauermethode*. Dabei erreicht die

Energiebereitstellung die aerobe-anaerobe Schwelle. Die Intensität ist dabei höher angesiedelt und zieht somit einen kürzeren Umfang mit sich – bis zu 60min. Die intensive Dauermethode ist für die Ausbildung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit verantwortlich.

6.2.1.2 Intervallmethode

Die Intervallmethode ist gegenüber der Dauermethode von wechselnden Belastungsintensitäten geprägt. Einer intensiveren Belastungsphase folgt eine weniger intensive Phase. Der große Unterschied der Intervallmethode gegenüber der folgenden Wiederholungsmethode ist die Pausenzeit zwischen den einzelnen Intervallen.

„Die Pausen bei der Intervallmethode werden so gewählt, dass im Vergleich zur Wiederholungsmethode ein geringerer Erholungsgrad zu Beginn der nächsten Belastung erreicht ist.“ (Güllich & Krüger, 2013; S. 465)

Wie auch in der *Abbildung 37 (siehe S. 93)* ersichtlich ist, ist durch die kurzen Entlastungsphasen eine immer geringere Erholung die Folge. Der Erholungsgrad nimmt mit jedem Intervall zusätzlich ab und die Ermüdungskurve steigt dabei stetig an. Die Intervallmethode im generellen soll laut *Janssen (2003, S.102)* folgendes verbessern:

- *Das Vermögen, der Ermüdung durch Milchsäureentstehung zu widerstehen*
- *Das Vermögen, anaerob Kohlenhydrate zu verbrennen*
- *Den speziellen Stoffwechsel und die Bewegungskoordination (Tempogefühl)*

Die Intervallmethode wird wiederum in extensive und intensive Intervallmethode unterteilt. Die Dauer bzw. Länge der Belastungsphase und der Entlastungsphase unterscheiden die extensive von der intensiven Intervallmethode. Die *extensive Intervallmethode* zielt auf den Trainingsbereich der Kraft- und Grundlagenausdauer ab. Dabei ist die Belastungsintensität im Bereich der aeroben-anaeroben Schwelle. In der *Tabelle 7 (siehe S. 90)* würde dies den Bereich des *TB3* betreffen. Sie ist der Wiederholungsmethode auf Grund der Entlastungsphasen sehr ähnlich, unterscheidet sich jedoch von der Belastungsintensität.

Die *intensive Intervallmethode* zielt darauf ab die Schnelligkeitsausdauerfähigkeit zu entwickeln bzw. zu verbessern. Die Belastungsintervalle sind dabei kürzer angesiedelt – ca. 60 – 90 Sekunden. Die Erholungspausen sind dabei länger. Die intensive Intervallmethode wird auch als „*HIT*“ (=High-Intensity-Training) oder „*HIIT*“ (=High-Intensity-Intervall-Training) bezeichnet.

Dieser Wechsel von Belastungsintensitäten führt zu einer Verbesserung der Dauerleistungsfähigkeit, der Regenerationsfähigkeit und einer Verbesserung des Fettstoffwechsels. Dies belegt eine Studie von *Frische & Maassen (2006)*, in welcher ein Dauertraining mit einem hochintensiven intervallartigen Training verglichen wurde.

Eine weitere Trainingsmethode – *das Fahrtspiel* – fällt ebenfalls in den Bereich eines Intervalltrainings. Der Unterschied liegt in der Zyklizität. Das Intervalltraining durchläuft einen geordneten Ablauf von Belastungs- und Entlastungsphasen. Das Fahrtspiel läuft meist geländeabhängig und motivationsabhängig ab. Hohe kurze Intensitäten, Dauerbelastungen, und Belastungsphasen mit mittlere Intensität wechseln sich ab. Das Fahrtspiel kann z.B. im Laufsport als Alternative und Abwechslung angesehen werden. Das Fahrtspiel kann sozusagen vom Läufer und der Läuferin während des Trainings selbst nach Lust und Laune variiert und verändert werden.

6.2.1.3 Wiederholungsmethode

Die Wiederholungsmethode ist ebenfalls ein intervallartiges Training, bei der einer Belastungsphase eine Entlastungsphase folgt. Bei der Wiederholungsmethode ist im Gegensatz zur extensiven Intervallmethode die Belastungsintensität sehr hoch. Dies zieht lange und vollständige Erholungspausen nach den sehr intensiven relativ kurzen Beanspruchungsphasen mit sich. Die Wiederholungsmethode wird oftmals für das Training wettkampfspezifischer Ausdauer herangezogen.

Eine wettkampforientierte Trainingsmethode kommt ebenfalls in der Literatur vor, jedoch wird sie hier von mir im Sinne des Aspektes der Gesundheitsförderung im Feuerwehrwesen vernachlässigt. Die drei für den Feuerwehrdienst wichtigen Methoden sind in der nächsten Abbildung überblicksmäßig zusammengefasst.

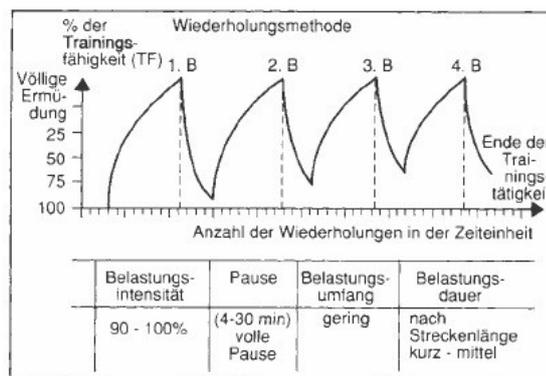
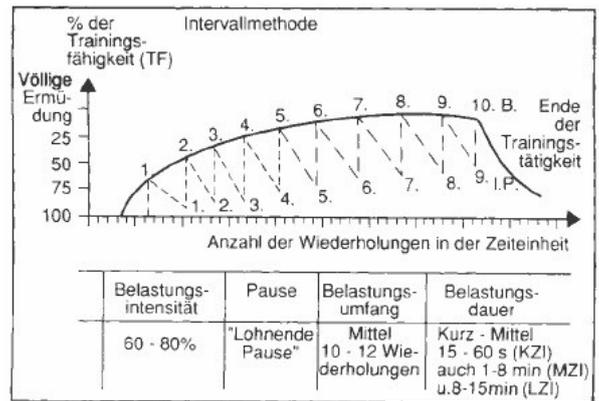
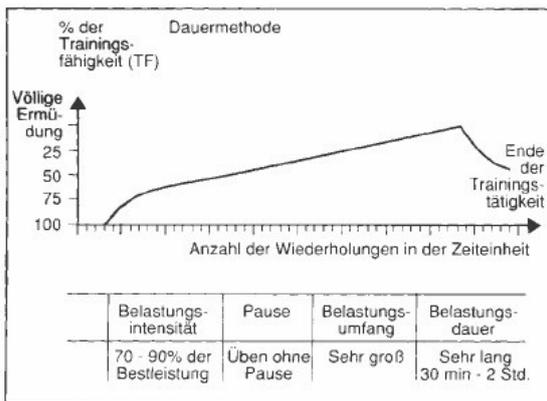


Abbildung 36: Schematischer Überblick der Trainingsmethoden (Zintl & Eisenhut, 2009; S. 118-126)

In den drei Abbildungen sind jeweils die Ermüdungszustände gegen die zeitliche Belastung aufgetragen. Daraus folgen die abgebildeten Kurven bezüglich der Belastungen.

Für das bessere Verständnis sollen die Bezeichnungen *TB1* bis *TB5* aus der *Tabelle 7* (siehe S.90) mit den Trainingsmethoden näher verknüpft werden. Die Spalte des Trainingsbereiches 1 (*TB1*) ist ein sehr lockeres Training und wird daher auch als Regenerationstraining oder Kompensationstraining angesehen. Nach physisch hohen Intensitäten kann dieses Training den Blutfluss und somit den Abtransport von Abfallprodukten in den Muskeln steigern, und die Muskelarbeit wieder in Gang bringen. Die Regeneration hat nach physischen Belastungen einen gleich hohen Stellenwert wie das Training selbst. *Ovid* (43 v.Chr. – 17 n.Chr.), ein römischer Dichter, sagte schon:

„Was ohne Ruhepausen geschieht, ist nicht von Dauer.“

Ohne dem Körper eine gewisse Regenerationszeit zu geben – diese kann entweder durch Regenerationsbelastungen oder durch eine bestimmte Zeit an Pause von sportlichen Betätigungen erfolgen - wird dieser übertrainiert und das Leistungsniveau sinkt ab, anstelle des erwünschten Anstieges. Dies hat ebenfalls gesundheitlich gesehen negative Einflüsse.

Regenerationseinheiten können durch ihre geringe Belastungsintensität auch der Kommunikation zwischen Feuerwehrkameraden dienen.

„Darunter versteht man ein Lauftempo, bei dem ein Gespräch problemlos möglich ist.“ (Steffens Th., 2010; S. 103)

Diese oft angewendete Faustregel über das richtige Lauftempo bei Regenerationsläufen kann Neueinsteigern genauso wie Fortgeschrittenen dienen, die keine Hilfsmittel wie Pulsuhr etc. bei sich tragen und benutzen. Dieser Bereich fällt in die Trainingsmethode der extensiven Dauerperiode – geringe Intensität, und mittlerer Umfang.

Der zweite Trainingsbereich (TB2) ist als Grundlagenausdauer anzusehen. Wie schon zuvor erwähnt, dient diese als Grundbaustein für weiteres Training und hat dadurch einen großen Stellenwert in der Trainingswissenschaft. Diese Grundlagenausdauer muss bei Untrainierten als erstes verbessert bzw. ausgebaut werden, um eine Überbelastung durch zu hohe Intensitäten zu vermeiden. Daher wird dafür die Dauerperiode mit geringer Intensität und großem Umfang (60 min bis hin zu mehreren Stunden) gewählt. Der Umfang sollte an das vorliegende Leistungsniveau angepasst werden.

„Ziel: Entwicklung und Stabilisierung der Grundlagenausdauerfähigkeit und Vorbereitung der Verträglichkeit für intensive Belastungen.“ (Güllich & Krüger 2013, S. 464)

Der dritte Trainingsbereich (TB3), das Grundlagenausdauertraining 1-2, dient zur Weiterentwicklung der Grundlagenausdauer und zur Intensivierung der physischen Belastungen. Als Trainingsmethode hierbei kann abhängig von Leistungsniveau und Motivation ein Training im Sinne der intensiven Dauerperiode oder eines Intervalltrainings im Sinne eines Fahrtspiels stattfinden. Durch die Mischung von Dauerperiode und dem Fahrtspiel können zusätzlich neue Trainingsreize gesetzt werden. Ein geringer bis mittlerer Umfang – 30-45 min Laufen oder 1-2h Rad fahren - wird hierbei von *Güllich & Krüger (2013)* vorgeschlagen.

Im vierten Trainingsbereich (TB4) nach *Güllich & Krüger (2013)* wird das Grundlagenausdauertraining 2 behandelt. Dieses beschäftigt sich mit der weiteren Intensivierung der Grundlagenausdauerfähigkeit. Eine Vorbereitung auf intensive Belastungen wird mittels extensiven Intervalltraining durchgeführt. Somit ist für diesen Bereich eine Mischung von Dauerperiode und Intervalltraining vorgesehen. Durch eine mittlere bis hohe Intensität wird dadurch laut *Neumann et al., (2005; S.141)* eine Erhöhung der aerobe/anaeroben Leistungsfähigkeit hervorgerufen. Wie aus der *Tabelle 7 (siehe S.90)*

ersichtlich, bewegen sich Sportler/innen hierbei im bis zu 90%-Bereich der maximalen Herzfrequenz. Wie unter Punkt „*Belastungen von Atemschutzgeräteträger/innen*“ dieser Diplomarbeit aufgezählt und durch mehrere Studien bewiesen, bewegen sich Feuerwehrmitglieder beim Tragen von Atemschutzgeräten im Bereich bis zur maximalen Herzfrequenz. Das bedeutet, dass dieser intensive Trainingsbereich, welcher eigentlich erst nach gut ausgebildeter Grundlagenausdauer betreten werden sollte, bei einem Einsatz von Atemschutzgeräten auf die Feuerwehrmitglieder wirkt. Wie schon vorher erwähnt, können zu hohe Trainingsbelastungen einen negativen Einfluss auf den menschlichen Körper haben.

Warum wird im Gesundheitssport und Freizeitsport sehr stark darauf geachtet, den menschlichen Körper nicht überzubelasten und eine trainingswissenschaftlich belegte Leistungssteigerung zu erlangen, wenn man während „dem Hobby Feuerwehr“ in vermeidbare gesundheitsschädliche Situationen gebracht wird, weil die physische Leistungsfähigkeit im Feuerwehrwesen keine Rolle spielt? Oftmals wird viel Geld für persönliche Trainingsberatungen und Coaches ausgegeben um den Körper auf richtigem Wege zu einer besseren Leistungsfähigkeit zu bringen. Warum wird aber im Feuerwehrwesen kein Bezug darauf genommen?

Der fünfte Trainingsbereich (TB5) handelt vom wettkampfspezifischen Ausdauertraining, welches sich durch sehr hohe Intensitäten auszeichnet. Es dient dazu, den menschlichen Körper an die Belastungen während eines Wettkampfes heranzuführen und die wettkampfspezifische Ausdauerfähigkeit zu fördern. Auf das Feuerwehrwesen umgemünzt, liegt dieser Trainingsbereich in der Belastungsintensität eines Atemschutzeinsatzes. Das wettkampforientierte Ausdauertraining oder im Falle des Feuerwehrwesens das einsatzorientierte Ausdauertraining orientiert sich an den Anforderungen des Hauptwettkampfs bzw. dem feuerwehrspezifischen Einsatz. Durch hohe Intensitäten und geringem Umfang gekennzeichnet – „*10x 200m Laufen, 10 x 1min Radfahren*“ (Güllich & Krüger, 2013; S. 465) – kann dieses Ausdauertraining mittels intensiver Intervallmethode und Wiederholungsmethode trainiert werden.

6.2.2 Kraft

Neben der Ausdauer ist die Kraft die zweite bedeutsame große Fähigkeit des menschlichen Organismus auf trainingswissenschaftlicher Basis. Die Schnelligkeit wäre der dritte Grundstein konditioneller Fähigkeiten, ist aber für diese Diplomarbeit nicht weiter relevant.

Generell wird „Kraft“ im trainingswissenschaftlichen Sinne in die dynamischen Kraftarten Maximalkraft, Kraftausdauer, Schnellkraft und Reaktivkraft unterteilt. Auf Grund der feuerwehrspezifischen Belastungen bei Tragen von Atemschutzgeräten liegt mein Fokus auf der Maximalkraft und der Kraftausdauer. Die Schnellkraft und Reaktivkraft mit ihren Fokussen auf der Ausbildung von optimal schnellen und hohen Kraftstößen, spielen während atemschutzspezifischer Einsätzen bzw. Übungen eine geringe Rolle. Die statische Kraft wird auch als Haltearbeit bezeichnet. Es wird keine aktive Muskelverkürzung oder Muskeldehnung angestrebt. Ziel der statischen Kraft, auch isometrischen Kraft genannt, ist es Spannung im Muskel aufzubauen.

6.2.2.1 Maximalkraft

Die für feuerwehrspezifische Anforderungen größtenteils zutreffende Maximalkraft, wird als dynamische Kraft angesehen. *Weineck (2004; S. 285)* stellt dazu die folgenden Leistungsbestimmenden Faktoren auf:

- *Niveau der statischen Kraft*
- *Koordinative Leistungsfähigkeit der Muskulatur*
- *Muskelvordehnung*
- *Bewegungsgeschwindigkeit*
- *Art der Kraftentwicklung (positiv/negativ dynamisch)*
- *Ermüdungsgrad*

Durch den ersten Punkt ersichtlich, korrelieren auch die leistungslimitierenden Faktoren der statischen Kraft mit der dynamischen Kraft, wie zum Beispiel Muskelfaserquerschnitt, Muskelvolumen, Muskelfaserart, Geschlecht und Alter. Als koordinative Leistungsfähigkeit der Muskulatur kann hierbei die inter- und intramuskuläre Koordination angesehen werden. Diese spezifische Muskelkoordination beschreibt das Zusammenarbeiten bzw. das Zusammenspiel zweier Muskelsysteme (*intermuskuläre* Koordination), aber auch das Zusammenspiel einzelner Muskelfasern in einem Muskel (*intramuskuläre* Koordination).

*„Auch die kleinste Fehlsteuerung, sei es im Bereich der Synergisten oder der Antagonisten, führt zu einer Verringerung der maximal möglichen dynamischen Kraftentwicklung.“
(Weineck J., 2004; S. 286)*

Das Maximalkrafttraining kann ebenfalls in zwei Trainingsformen laut Schönle (2004, S. 109) eingeteilt werden. Die eine Trainingsform besteht aus sehr rasch ausgeführten Kontraktionen gegen hohe Widerstände. 90-100% des maximal überwindbaren Widerstandes sollen dabei erreicht werden. Durch eine sehr geringfügige Wiederholungsanzahl von 5 Wiederholungen und einer dazu langen – 5 min – Pause, wird eine fast vollständige Erholung zwischen den einzelnen Serien erreicht. Durch die hohe Ausführungsgeschwindigkeit und Kontraktionsgeschwindigkeit der Muskulatur ist eine Steigerung der Maximalkraft, aber auch der Schnell- und Explosivkraft, zu betrachten. Die zweite Variante ist die Steigerung der Maximalkraft durch Training der Kraftausdauer. Mit 12 bis hin zu 20 Wiederholungen ist eine relativ lange Belastungsphase der kontrahierten Muskulatur zu erkennen. Die zweiminütigen Pausen zwischen den Serien sind auf die Belastungsdauer kurz ausgelegt. Dadurch soll der Körper keine vollständige Erholung zwischen den Serien erfahren. Diese zweite Methode zieht eine vollständige Ermüdung der angesprochenen Muskulatur mit sich.

„Aber auch Kraftausdauereinheiten mit kleineren Gewichten (50-80% der MVC, 5 Trainingsreize pro Tag) reichen mitunter bei untrainierten Personen aus, um die Maximalkraft zu erhöhen.“ (Schönle (2004, S. 110)

In der nächsten Tabelle sollen weitere Methoden zur Ausbildung der Maximalkraft dargelegt werden. Der hierbei oftmals vorkommende Begriff der Muskelhypertrophie, soll den Querschnittszuwachs eines Muskels definieren.

Tabelle 8: Methoden zur Ausbildung der Maximalkraft

Methode - Kontraktionsform	Widerstand (%MK) - Kontraktionsgeschwindigkeit	Wiederholungen in einer Serie	Serien/Pausen zwischen den Serien	Bemerkungen betr. Wirkung
Hypertrophiemethode (M. erschöpfender submaximaler Krafteinsätze) „konzentrisch“	Varianten: (1) Gleichbleibend zwischen 70 u. 80% (2) Ansteigend 60-70-80-90% (3) An- und absteigend 60-70-80-.90-80-70-60% „zügig“	Grenzbelastung (in der Regel bis zum Versagen) Wiederholungen in den Serien und Serienanzahl abhängig von individueller Belastbarkeit	Jeweils etwa 3 Serien bei 3-5 Übungen Pausen 2-3min Einsatztraining	Betonte Entwicklung und optimale Ausprägung der Muskelhypertrophie
IK Methode (M. explosiver maximaler Krafteinsätze) „konzentrisch“	Varianten: (1) Ansteigend 85-90-95-100% (2) Gleichbleibend zw. 85 und 95% „Explosiv“	(1) 3-2-1-1 (2) 3-1 (je nach Widerstand)	Nach Übungsanzahl (1) 2-4 (2) 5-8 Pausen: 3-4 min	Entwickelt die intramuskuläre Koordination und prägt sie aus
Exzentrische Methode „exzentrisch“	Varianten: (1) Niedersprünge (2) Langsames Absenken mit normalem Widerstand (z.B. Körpergewicht) (3) Langsames Absenken einer supramaximalen Last (>100%)	Hohe Beanspruchung von Muskeln, Sehnen, Gelenken; sehr individueller Umfang im Bereich von 4-6 Wiederholungen pro Serie	3-5 Serien Pausen: bis 2-3 min (Lockerungsübungen)	(1) Fördert die intramuskuläre Koordination (2) unterstützt die Muskelhypertrophie
Isometrische Methode (M. statischer Krafteinsätze) „isometrisch“	>40% /praktikabel 90-100% „zügig“ oder „explosiv“	Pro Übung in ca. 3 Winkelstellungen je 4-6 s belasten – 100% Krafteinsatz	Je Übung 2-3 Serien Pausen 1-2min	Unterstützt die Muskelhypertrophie (zügig) bzw. die intramuskuläre Koordination (explosiv)
Isokinetische Methode „konzentrisch,, exzentrisch“	Zw. 50 u. 90% „zügig, gleichmäßig“	10-15	3-5 Serien Pausen 2-3 min	Unterstützt die Muskelhypertrophie

Quelle: Schnabel et al., (2011; S. 325)

6.2.2.2 Kraftausdauer

In vielen Ausdauersportarten ist die Kraftausdauer eine wichtige Einflussgröße um länger anhaltenden Belastungen standhalten zu können. Sie wird auch allgemein als Ermüdungswiderstandsfähigkeit bezeichnet.

„Die Kraftausdauer ist die Fähigkeit, bei einer bestimmten Wiederholungszahl oder einer definierten Belastungsdauer die Abnahme der Muskelleistung möglichst gering zu halten.“ (Güllich & Krüger, 2013; S. 470)

Diese Ermüdungswiderstandsfähigkeit betrifft statische als auch dynamische Krafteinsätze. Im Feuerwehrwesen wären solche dynamische Krafteinsätze beim Stiegen steigen unter Atemschutz und/oder beim Entfernen von Brandgut und/oder Retten von Personen und Tieren erkennbar. Statische Krafteinsätze würden in dem Bereich des Löschens und der Haltearbeit von Schläuchen etc. fallen.

„Unter biologischer Sicht hängt die Kraftausdauerleistung vor allem von lokalen Anpassungen in der bei wettkampfspezifischen Anforderungen beanspruchten Muskulatur ab.“ (Schnabel G., Harre D. & Krug J., 2011; S. 191)

Während Atemschutz Einsätzen werden eine große Anzahl aller Muskeln des menschlichen Körpers angesprochen und belastet. Auf die Definition von *Schnabel et al., (2011)* zurückzukommen, sind die einsatzspezifischen Anforderungen als sehr hoch einzustufen. Somit benötigt der Körper eine Anpassung der menschlichen Muskulatur, um die Kraftausdauerleistung über einen gewissen Zeitraum aufrecht zu erhalten. Diese Anpassungen, können jedoch nur mit Hilfe von Krafttraining erzielt werden.

„Die relative Kraftausdauer als Maß des Kraftabfalls über die Gesamtzahl der Krafteinsätze hinweg ist nahezu unabhängig von der Maximalkraft.“ (Güllich & Krüger, 2013; S. 470)

Laut *Schnabel et al., (2011)* ist die Maximalkraft jedoch wichtig für die Berechnung der richtigen Intensität für ein Kraftausdauertraining. Die Maximalkraft nimmt dazu einen Wert an, von dem dann prozentuelle Anteile herangezogen werden. Nach *Güllich & Krüger (2013)* ist es der Kraftausdauer ein Anliegen, einen hohen Prozentsatz der Maximalkraft zu nutzen.

„Die Widerstandsgrößen dosiert man auf 40-60% der Maximalkraftleistung: bei Übungen mit Überwinden des eigenen Körpergewichts geht man von etwa 50-20 WM²⁰ aus. Dabei sind große Wiederholungssummen möglich.“ (Schnabel et al., 2011; S. 362)

Aber nicht nur die maximale Kontraktionskraft ist bestimmend für die Kraftausdauer, sondern auch die Anzahl der Wiederholungen der Kraftaufbringung. Durch die Intensität (in % der Maximalkraft) und den Umfang der Belastung, kann die Kraftausdauer ebenfalls in aerobe und anaerobe Energiebereitstellung unterteilt werden. Laut Neumann et al., (2005; S.132) ist das Krafttraining in Ausdauersportarten ein Ausdauertraining gegen erhöhte Widerstände. Deshalb setzen Neumann et al., (2005) auch für die Steigerung der Kraftausdauer extensives und intensives Intervalltraining ein.

Schnabel et al., (2001) erwähnen die methodische Trainingsform des Kreis- oder Circuittraining. Durch dieses Training, welches im österreichischen Sprachraum auch als Zirkeltraining bekannt ist, werden durch aneinandergereihte Übungen unterschiedliche Muskelpartien angesprochen. Laut Schnabel et al., (2011; S. 362) werden 8-12 Übungen in diesem Kreistraining aneinandergereiht. Durch die Belastung einer abwechselnden anderen Muskelgruppe können die Belastungspausen, der Wechsel zwischen den Stationen, relativ kurz gehalten werden. Die Einfachheit und leichte Organisation solch eines Zirkeltrainings macht es auch für das Feuerwehrwesen von großer Bedeutung. Ein weiterer positiver Aspekt dieses Zirkeltrainings ist, dass eine große Anzahl an Übungen, welche ohne großen Aufwand bzw. große Anschaffungskosten von Trainingsgeräten durchgeführt werden können, vorhanden ist. Durch die große Anzahl an Übungen kann dieses Training abwechslungsreich und gezielt auf bestimmte Beanspruchungen gestaltet werden. Allgemein gesehen, ist dieses Kreis- oder Circuittraining eine spezielle Form des Intervalltrainings. Die Intensität wird in dieser Organisationsform durch die Dauer einer statischen oder die Wiederholungen einer dynamischen Übung und deren Komplexität angegeben. Darüber hinaus haben die Pausen zwischen den einzelnen Übungen ebenfalls großen Einfluss auf die Intensität des Trainings.

Neumann et al., (2005; S.141) unterteilt das Kraftausdauertraining in zwei Trainingsbereiche – dem Bereich der *Kraftausdauer 1 (KA 1)* und dem Bereich der *Kraftausdauer 2 (KA2)*. Die *KA1* soll der Bildung und Steigerung der aeroben Kraftausdauerfähigkeit zugeschrieben werden. Laut Neumann et al., (2005) soll dazu eine wechselhafte Dauerperiode bzw. ein

²⁰ WM = Wiederholungsmaximum

extensives Intervalltraining herangezogen werden. Die Trainingsherzfrequenz beschreiben *Neumann et al., (2005)* im Bereich von 75-85% der maximalen Herzfrequenz.

Die KA 2 hingegen soll der höheren Energiebereitstellung dienen. Eine Steigerung der aerob-anaeroben Kraftausdauerfähigkeit soll mittels Fahrtspiel und intensiver Intervallmethode hervorgerufen werden. Der Trainingsherzfrequenzbereich soll hierbei laut *Neumann et al., (2005)* im Bereich von 75-95% der maximalen Herzfrequenz liegen, um ein sinnvolles und ergebnisorientiertes Training durchführen zu können.

Greiwing und Freiwald (2006) beschreiben dazu in einer Studie den Unterschied zwischen Krafraining mittels Dreisatz-Trainingsmethode, Einsatz-Trainingsmethode und einer HIT-Trainingsmethode zur Verbesserung der Kraftausdauer und der Maximalkraft. Dabei ist in den Ergebnissen ersichtlich, dass die Dreisatz-Trainingsmethode - eine Methode bei der mehrere Übungen mit gleichbleibenden Wiederholungszahlen insgesamt drei Mal wiederholt werden mit einer jeweiligen festgelegten Pausendauer – die effektivste Trainingsmethode ist.

Abschließend ist anzumerken, dass eine Trainingsgestaltung und Trainingsbetreuung im Feuerwehrwesen klar durchdacht aber auf alle Fälle angedacht werden sollte. Hohe physische Beanspruchungen im Einsatzfall können zu gesundheitlichen Schädigungen des menschlichen Organismus führen. Es macht jedoch keinen Sinn, trainingswissenschaftliche Methoden falsch einzusetzen und dadurch ebenfalls die Gesundheit einzelner Feuerwehrmitglieder aufs Spiel zu setzen. Nicht allein physisches Training macht einen gestählten Körper, sondern auch die richtige und passende Ernährung

„Wenn wir jedem Menschen die richtige Dosis Nahrung und Bewegung geben könnten, nicht zu viel und nicht zu wenig, hätten wir den besten Weg zur Gesundheit gefunden.“

(Hippocrates; 460 – 370 v. Chr.)

Literaturverzeichnis

- Ahonen J., Lahtinen T., Sandström M., Pogliani G., (2003). *Sportmedizin und Trainingslehre; 2. Auflage*. Stuttgart: Schattauer GmbH.
- Alfermann D., Stoll O., (1999, 1. Auflage). *Bericht über die Tagung der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie vom 21. bis 23. Mai 1998 in Leipzig*. Köln: Im Auftrag von Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie in der Bundesrepublik Deutschland; bps-Verlag.
- Austin C.C., Dussault G., Ecobichon D.J., (2001). Municipal Firefighter Exposure Group Time Spent at Fires and Use of Self-Contained-Breathing-Apparatus. *American Journal of Industrial Medicine* 40, S. 683 - 692.
- Bachl N., (2003) Ist medizinische Trainingssteuerung der primären Prävention zur Gesundheitsförderung notwendig?; aus Jeschke D., Lorenz R.; Sportmedizinische Trainingssteuerung, Sport – Prävention – Therapie; Bericht über das Sportmedizinische Symposium vom 11. - 12. Oktober 2002 in München; SPORT und BUCH Strauß gmbH, Köln; 1. Auflage
- Bakri I., Lee J-Y., Nakao K., Wakabayashi H., Tochiara Y., (2012). Effects of firefighters self-contained breathing apparatus weight and its harness design on the physiological and subjective responses. *Ergonomics* 55:7, S. 782 - 791.
- Barker R., Deaton S., Liston G., Thompson D., (2010). A CB Protective Firefighter Turnout Suit. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics Vol. 16 No.2*, S. 135 - 152.
- Barnard R. J., Duncan H.W., (1975) Heart rate and ECG responses of fire fighters. *Journal of occupational medicine*, Official publication of the Industrial Medical Association, 17(4), S. 247 – 250
- Barr D., Gregson W., Reilly Th., (2010). The thermal ergonomics of firefighting reviewed. *Applied Ergonomics* 41, S. 161 - 172.
- Bilzon J.L.J., Scarpello E.G., Smith C.V., Ravenhill N.A., Rayson M.P., (2001). Characterization of the metabolic demands of simulated shipboard Royal Navy fire-fighting tasks. *Ergonomics* 44:8, S. 766 - 780.

- Bilzon J.L.J., Scapello E. G., Smith C. V., Ravenhill N.A., Rayson M.P. (10. November 2010). Characterization of the metabolic demands of simulated shipboard Royal Navy fire'-fighting tasks. *Ergonomics*.
- Blömer H., (1969) Auskultation des Herzens und ihre hämodynamischen Grundlagen; Broschiert - 2. Auflage - Verlag Urban & Schwarzenberg
- Bruce-Low S.S., Cotterell D., Jones G.E., (2007). Effect of wearing personal protective clothing and self contained breathing apparatus on heart rate, temperature and oxygen consumption during stepping exercise and live fire training exercises. *Ergonomics* , S. 80 - 98.
- Bundesärztekammer Deutschland, (2013) Stellungnahme der Bundesärztekammer zum Referentenentwurf einer „Ersten Verordnung zur Änderung der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge“ sowie (Az. IIIb1 –36628/37, Schreiben vom 15.02.2013) zur Anhörung/Informationsveranstaltung im Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Bonn; S. 5
- Butcher S.J., Jones R.L., Mayne J.R., Hartley T.C., Petersen S.R., (2007). Impaired exercise ventilatory mechanics with the self-contained breathing apparatus are improved with heliox. *Eur J. Appl Physiol* 101, S. 659 - 669.
- Coca A., Kim J.-H., Duffy R., Williams W.J., (Dezember 2011). Field evaluation of a new prototype self-contained breathing apparatus. *Ergonomics* Vo. 54; No.12, S. 1197 - 1206.
- Coca A., Roberge R., Shepherd A., Powell J.B., Stull J.O., Williams W.J., (2008). Ergonomic comparison of a chem/bio prototype firefighterensemble and a standard ensemble. *Eur J Appl Physiol* 104, S. 351 - 359.
- Corlett E.N. & Wilson J.R., (1992). *Evaluation of Human Work: A Practical Ergonomics Methodology*. London: Taylor and Francis.
- Denk H., (1996) Alterssport. Aktuelle Forschungsergebnisse (Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport; Schorndorf: Hofmann
- Dreger R. W., Jones R. L., Petersen S. R., (15. August 2006). Effects of the self-contained breathing apparatus and fire protective clothing on maximal oxygen uptake. *Ergonomics*, S. 911 - 920.

- Eglin C.M., Coles S., Tipton M.J., (2004). Physiological responses of fire fighter instructors during training exercises. *Ergonomics* 47:5, S. 483 - 494.
- Eglin C.M. & Tipton M. J. (August 2005). Can firefighter instructors perform a simulated rescue after a live fire training exercise?
- Eisenhut A. & Zintl F., (2013) Sportwissen Ausdauer; Grundlagen Methoden Trainingssteuerung. BLV Buchverlag GmbH & Co. KG, München; 8. Auflage
- Eisinger G. Chr., (2006). *Sportmotorische Anforderungsprofile von Spezialeinsatzsoldaten des Österreichischen Bundesheeres : leistungsdiagnostische Analyse der individuellen wie kollektiven sportlichen Leistungsfähigkeit von Jagdkommandosoldaten sowie Abteilung eines Modells der optimalen Gewichtung der motorischen Komponenten unter dem Aspekt der physischen Anforderungen des militärischen Auftrages. Dissertation Universität Wien, Wien.*
- Eves N.D., Petersen S.R., Jones R.L., (2002). Hyperoxia improves maximal exercise with the self-contained breathing apparatus (SCBA). *Ergonomics* 45:12, S. 829 - 839.
- Eves N.D., Petersen S.R., Jones R.L., (09. November 2010). The effect of hyperoxia on submaximal exercise with the self-contained breathing apparatus. *Ergonomics* 45, S. 840 - 849.
- Faff J. & Tutak T., (1989). Physiological responses to working with fire fighting equipment in the heat in relation to subjective fatigue. *Ergonomics* 32, S. 629 - 638.
- Friedrich W., (2005). Optimales Sportwissen, Grundlagen der Sporttheorie und Sportpraxis für die Schule, Spitta Verlag
- Glatzfelder Th. & Rohner R. (2005). Trainingslehre Ausdauer, Skript zu dem Ergänzungsfach Sport, Gymnasium Bern-Kirchenfeld
- Gledhill N. & Jamnik V.K., (1992). Characterisation of the physical demands of firefighting. *Canadian Journal of Sports Science* 17, S. 207 - 213.
- Graveling RA.. (2001). Firefighters training; Physiological and environmental factors. *FRD Report*.
- Greiwing A. & Freiwald J. (2006). Zum Einfluss verschiedener Krafttrainingsmethoden auf die Maximalkraft und die Kraftausdauer des M. quadrizeps femoris; Symposium der

- dvs-Sektion Trainingswissenschaft vom 7.-9. April 2005 in Bochum, Ferrauti & Remmert (Hrsg.); Band 157, Hamburg
- Griefahn B., Künemund C., Bröde P., (2003). Evaluation of performance and load in simulated rescue tasks for a novel design SCBA: effect of weight, volume and weight distribution. *Applied Ergonomics* 34, S. 157 - 165.
- Güllich A. & Krüger M., (2013). Sport: Das Lehrbuch für das Sportstudium, Springer Verlag; Berlin
- Harvey D.G., Kraemer J.L., Sharratt M.T., Hughson R.L., (2008). Respiratory gas exchange and physiological demands during a fire fighter evaluation circuit in men and women. *Eur J Appl Physiol* 103, S. 89 - 98.
- Herxheimer H., (1933) Grundriß der Sportmedizin; Thieme, Leipzig
- Hiller J., (2005) Vorlesung Medizintechnik; Klinik am Eichert, Fachhochschule Esslingen / Außenstelle Göppingen; Zugriff am 20.01.2015 unter <http://www2.hs-esslingen.de/~johiller/phonokardiogramm/herztoene.htm>
- Holewijn M., (1990). Physiological strain due to load carrying. *Eur. J. Appl. Physiol.* 61, S. 237 - 245.
- Hollmann W., Liesen H., Rost R., Heck H., (1981) Über das Leistungsverhalten und die Trainierbarkeit im Alter. *Akt. Geront.* 11; S.91-95
- Hollmann W., Strüder H. K., Predel H.-G., Tagarakis Chr., (2006) Spiroergometrie, Kardiopulmonale Leistungsdiagnostik des Gesunden und Kranken; Schattauer GmbH, Stuttgart
- Hollmann W., Strüder H.K., (2009) Sportmedizin, Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin, Schattauer GmbH, Stuttgart, 5. Auflage
- Holmer I., Gavhed D., (2006). Classification of metabolic and respiratory demands in the fire fighting activity with extreme workloads.
- Hooper A.J., Crawford J.O., Thomas D., (2. Jänner 2001). An evaluation of physiological demands and comfort between the use of conventional and lightweight self-contained breathing apparatus. *Applied Ergonomics* 32, S. 399 - 406.
- Ilmarinen R., Mäkinen H., Lindholm H., Punakallio A., (2008). Thermal Strain in Fire Fighters While Wearing Task-Fitted Versus EN 469:2005 Protective Clothing During

a Prolonged Rescue Drill. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*; Vol. 14, No.1, S. 7 - 18.

International Organization for Standardization, (2014) ISO 8996:2004; Zugriff am 21.01.2015 unter http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=34251

International Organization for Standardization, (2004) ISO 8996:2004; 1 Scope. Zugriff am 21.01.2015 unter <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8996:ed-2:v1:en>

Janssen P.G.J.M. (2003). Ausdauertraining, Trainingssteuerung über die Herzfrequenz und Milchsäurebestimmung, Spitta Verlag, Balingen; 3. Auflage übersetzt von J.Weineck

Jeschke D., Lorenz R., (2003) Sportmedizinische Trainingssteuerung, Sport – Prävention – Therapie; Bericht über das Sportmedizinische Symposium vom 11. - 12. Oktober 2002 in München; SPORT und BUCH Strauß gmbH, Köln; 1. Auflage

Jezler A., (1939) Sportärztliche Aufgaben. *Medizinische Wochenschrift* 7: 151; Schweiz

Küster L., (2012) Belastungs-Beanspruchungs-Profil der Wiener Berufsfeuerwehr, Erhebung leistungsdiagnostischer Kenngrößen unter Belastung durch Atemschutzausrüstung Dissertation; Universität Wien, Wien

Lee JY., Yamamoto Y., Oe R., Son SY., Wakabayashi H., Tochiyama Y., (6. Mai 2014). The European, Japanese and US protective helmet, gloves and boots for firefighters: thermoregulatory and psychological evaluations. *Ergonomics*, S. 1213-1221.

Löllgen H., Erdmann E., (2001) Ergometrie. Belastungsuntersuchungen in Klinik und Praxis; Springer Verlag; Berlin, Heidelberg, New York; 2. Auflage

Meusel H., (1999) Sport für Ältere. Bewegung-Sportarten-Training. Handbuch für Ärzte, Therapeuten, Sportlehrer und Sportler; Stuttgart-New York: Schattauer

Mühlfriedel B., (1994) Trainingslehre, 5. Auflage; Frankfurt am Main & Arau; Verlag Moritz Diesetweg & Verlag Sauerländer

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), (2008) Fire Fighter Fatality

- Investigation and Prevention Program: Leading Recommendations for Preventing Fire Fighter Fatalities, 1998 – 2005; Cincinnati, Ohio
- Neumann, Pfütznner & Berbak, (2005) Optimiertes Ausdauertraining, Meyer&Meyer Verlag, Aachen, 4. Auflage
- Neumann, Pfütznner & Berbak, (2013). Optimiertes Ausdauertraining, Meyer & Meyer Verlag, Aachen; 7. Auflage
- Niederösterreichische Landes-Feuerweherschule, (2010) Atemschutz -
Ausbildungsunterlagen LFWS NÖ; Lernbehelf; Stand 1.12.2010
- Niederösterreichischer Landesfeuerwehrverband, Landtag von Niederösterreich, (2010)
Niederösterreichisches Feuerwehrgesetz
- Niederösterreichischer Landesfeuerwehrverband, (2012) Anhang zur Dienstanweisung
5.1.1 Module und Ersatzausbildungen Voraussetzungen 12/2012; Modulgrafik gem.
DA 5.1.1 Ausgabe 12/2012
- Niederösterreichischer Landesfeuerwehrverband, (2012) Anhang zur Dienstanweisung
5.1.1 Module und Ersatzausbildungen Voraussetzungen, Modulgrafik gem. DA 5.1.1
Ausgabe 12/2012
- Niederösterreichischen Feuerwehrverband, Landesfeuerwehrkommando, (2012)
Empfehlung Tauglichkeitsuntersuchungen für Mitglieder von Freiwilligen
Feuerwehren
- Niederösterreichischer Feuerwehrverband, Landesfeuerwehrkommando (2012) Merkblatt
für Feuerwehrärzte zur Tauglichkeitsuntersuchung
- Niederösterreichischer Feuerwehrverband, Landesfeuerwehrkommando, (2012) Formular
Tauglichkeitsuntersuchung
- Niederösterreichischer Landesfeuerwehrverband, (2012) Richtlinie Atemschutz 01 –
Ausbildung Atemschutz, Stufe 5 Wärmegewöhnungsanlage Feststoff befeuert; Stand
02/12/NÖ
- Niederösterreichischer Landesfeuerwehrverband, (2012) Richtlinie Atemschutz 01 –
Ausbildung Atemschutz, Stufe 6 Rauchdurchzündungsanlagen; Stand 02/12/NÖ

- Niederösterreichischer Landesfeuerwehrverband, (2014) Richtlinie Atemschutz 01 –
Ausbildung Atemschutz, Stufe 3 Erweiterte Atemschutzausbildung; Stand 02/14/NÖ
- Niederösterreichischer Landesfeuerwehrverband, (2014) Richtlinie Atemschutz 01 –
Ausbildung Atemschutz, Stufe 4 Wärmegewöhnungsanlagen Gasbefeuert; Stand
02/14/NÖ
- Niederösterreichischer Landesfeuerwehrverband, Landesfeuerwehrkommando, (2014)
Dienstordnung der Freiwilligen Feuerwehren
- Niederösterreichischer Landesfeuerwehrverband. Atemschutz. Zugriff am 14. Jänner 2015
unter http://noelfv.noel122.at/feuerwehr/incontent/sites/1/DE/template_2135.asp
- Österreichischer Bundesfeuerwehrverband, (2007) Fachschriftenreihe Heft Nr.6 -
Atemschutz; Ausgabe 10 / 2007; Österreichischer Bundesfeuerwehrverband 1050
Wien
- Österreichischer Bundesfeuerwehrverband, (2005) Handbuch zur Feuerwehrgeschichte;
Sachgebiet 1.5 Feuerwehrgeschichte und Dokumentation, 2. Ausgabe
- Österreichischer Bundesfeuerwehrverband, (2011) Handbuch für die Grundausbildung –
Ausbilderleitfaden
- Perrey S., Candau R., Rouillon J.D., Hughson R.L., (2003). The effect of prolonged
submaximal exercise on gas exchange kinetics and ventilation during heavy exercise
in humans. *Eur. J. Appl. Physiol* 89, S. 587 - 594.
- Perroni F., Cignitti L., Cortis C., Capranica L., (2014). Physical fitness profile of professional
Italian firefighters: Differences among age groups. *Applied Ergonomics* 45, S. 456 -
461.
- Plat M-C. J., Frings-Dresen M. HW., Sluiter J.K., (2012). Impact of Chronic Diseases on
Work Ability in Ageing Firefighters. *Journal of Occupational Health* 54, S. 158 -
163.
- Reim F., (2001). *Kardiopulmonale, metabolische und subjektive Beanspruchung beim
gesundheitsorientierten Ausdauertraining an unterschiedlichen Indoor-
Cardiogeräten*. Dissertation, Universität Bayreuth, Aachen: Shaker Verlag.

- Richmond V.L., Rayson M.P., Wilkinson D.M., Carter J.M., Blacker S.D., (19. Juni 2008). Physical demands of firefighter search and rescue in ambient environmental conditions. *Ergonomics*, S. 1023-1031.
- Röcker K., (2005). *Ausdauertraining im Freizeitsport - Trainingssteuerung und gesundheitssportliche Relevanz*. Symposium der dvs-Sektion Trainingswissenschaft vom 7.-9. April 2005 in Bochum, Ferrauti & Remmert (Hrsg.); Band 157, Hamburg
- Samulski D. (1986). *Selbstmotivierung im Sportunterricht, Analyse von Selbstmotivierungsprozessen auf der Grundlage motivationspsychologischer Konzepte, relevanter Interventionsprogramme und einer Interviewstudie mit Schülern und Sportlehrern*. Köln: bps-Verlag.
- Schnabel G., Harre D. & Krug J. (2011). *Trainingslehrer - Trainingswissenschaft; Leistung, Training, Wettkampf*; Meyer & Meyer Verlag, Aachen. 2. Auflage
- Schönle Chr. (2004). *Praxiswissen Halte- und Bewegungsorgane* (hrsg. Grifka J.), Rehabilitation. Thieme Verlag, Stuttgart
- Seifert V., (2012) *Der Allgemeinarzt, Offizielles Organ für Fortbildung und Praxis des Berufsverbandes der Allgemeinärzte Deutschlands – Deutscher Hausärzterverband e.V. - und der practica – Fortbildung zum Mitmachen; Ausgabe 10/2012*
- Smith D.L., Arena L., DeBlois J.P., Haller J.M., Hultquist E.M., Lefferts W.K., ... Fehling P.C., (2014). Effect of base layer materials on physiological and perceptual responses to exercise in personal protective equipment. *Applied Ergonomics 45*, S. 428 - 436.
- Smith D.L., Petruzello S.J., (1998). Selected physiological and psychological responses to live fire drills in different configurations of fire fighting gear. *Ergonomics 41*, S. 1141-1154.
- Steffens Th., (2010). *Runner's World - Basisbuch Laufen, Laufen leicht gemacht*; Meyer & Meyer Verlag, Aachen
- Strauzenberg S. E., Clausnitzer C., (1972) Die Bedeutung der Erfassung der Steroiddynamik für die Beurteilung der Ermüdung nach körperlichen Belastungen. *Theorie und Praxis der Körperkultur 21,12*; S.1133-1134
- Szubert Z., Sobala W., (2002). Work-related injuries among firefighters: sites and circumstances of their occurrence. *Int. J. Occup. Med. Env. Helath 15*, S. 549 - 551.

- Tanaka M., Brisson G.R., Volle M.A., (1978). Body temperatures in relation to heart rate for workers wearing impermeable clothing in a hot environment. *American Industrial Hygiene Association Journal* 39, S. 885 - 890.
- Taylor N.A.S., Lewis M.C., Notley S.R., Peoples G.E., (6. Dezember 2001). A fractionation of physiological burden of the personal protective equipment worn by firefighters. *J. Appl. Physiol* 112, S. 2913-2921
- Tordi N., Perrey S., Harvey A., Hughson R.L., (2003). Oxygen uptake kinetics during two bouts of heavy cycling separated by fatiguing sprint exercise in humans. *J. Appl. Physiol* 94, S. 533 - 541.
- Turner N. L., Chiou S., Zwiener J., Weaver D., Spahr J., (2010). Physiological Effects of Boot Weight and Design on Men and Women Firefighters. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 7, S. 477–482.
- United States Fire Administration,(1997) Firefighter Fatalities in the United States in 1996: Contract No. EMW-95-C-4713. TriData Corporation; Arlington, Virginia 1-53
- von Heimburg E.D., Rasmussen A.K., Medbo J.L., (2006). Physiological responses of firefighters and performance predictors during a simulated rescue of hospital patients. *Ergonomics* 49, S. 11-126.
- Vogt M., Brügger O., Schütz R., Wehrlin J., Perret C., Umberg R., Aeschlimann U, Bodenmann U., Matter S. und Bürgi A., (2005). Fachdokumentation Physiologische Trainingsintensitätszonen, Fachgruppe Ausdauer Swiss Olympic; Swiss Olympic Association; Bern/Maggingen
- Weineck J., (2004). *Sportbiologie; 9. Auflage*, Balingen: Spitta Verlag GmbH & Co.KG.
- Weineck J., (2010). *Sportbiologie; 10. überarbeitete und erweiterte Auflage*. Balingen: Spitta Verlag GmbH & Co. KG.
- Weltgesundheitsorganisation (WHO), (2013) Regionalbüro für Europa, Faktenblatt
Bluthochdruck
- Williams J.W., Coca A., Roberge R., Sheperd A., Powell J., Shaffer R.E., (2011). Physiological responses to wearing a prototype firefighter ensemble compared with standard ensemble. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, S. 49 - 57.
- Williams-Bell F.M., Boisseau G., McGill J., Kostiuk A., Hughson R.L., (2010). Air

management and physiological responses during simulated firefighting tasks in a high-rise structure. *Applied Ergonomics* 41, S. 251 - 259.

Wonisch M., Berent R., Klicpera M., Laimer H., Marko C., Schwann H., Schmid P., (2008)

Praxisleitlinien Ergometrie, Journal für Kardiologie 15 (Supplementum A – Praxisleitlinien Ergometrie), 3-17; Krause & Pachernegg GmbH Verlag für Medizin und Wirtschaft, Gablitz

Zintl & Eisenhut (2009). Ausdauertraining, Grundlagen, Methoden, Trainingssteuerung, BLV Buchverlag GmbH & Co.KG München, 7. Auflage

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Inkorporation der Atemwege (Schild A., Held M., Helm R., Christiansen J., ABC-Gefahren – Blog. Zugriff am 14. Jänner 2015)	12
Abbildung 2: Inkorporation der Atemwege (Schild A., Held M., Helm R., Christiansen J., ABC-Gefahren – Blog. Zugriff am 14. Jänner 2015)	12
Abbildung 3: Kontamination (Schild et al., ABC-Gefahren – Blog. Zugriff am 14. Jänner 2015).....	13
Abbildung 4: Kontamination (Schild et al., ABC-Gefahren – Blog. Zugriff am 14. Jänner 2015).....	13
Abbildung 5: Einwirkungen von außen (Schild et al., ABC-Gefahren – Blog. Zugriff am 14. Jänner 2015).....	13
Abbildung 6: Einwirkungen von außen (Schild et al., ABC-Gefahren – Blog. Zugriff am 14. Jänner 2015).....	13
Abbildung 7: Rückansicht Rückenplatte mit Druckminderer (eigene Quelle)	17
Abbildung 8: Rückansicht Rückenplatte mit Druckminderer (eigene Quelle)	17
Abbildung 9: Frontansicht Rückenplatte mit Bebänderung (eigene Quelle).....	17
Abbildung 10: Frontansicht Rückenplatte mit Bebänderung (eigene Quelle).....	17
Abbildung 11: Pressluftflasche 4 Liter 200 bar (eigene Quelle)	18
Abbildung 12: Pressluftflasche 4 Liter 200 bar (eigene Quelle).....	18
Abbildung 13: Lungenautomat (eigene Quelle).....	18
Abbildung 14: Lungenautomat (eigene Quelle).....	18
Abbildung 15: Vollgesichtsmaske 3S MSA Auer (eigene Quelle).....	19
Abbildung 16: Vollgesichtsmaske 3S MSA Auer (eigene Quelle).....	19
Abbildung 17: Kreislaufgerät DRÄGER PSS® BG 4 PLUS (Dräger Safety Austria GesmbH, Produktinformation, 2014).....	20

Abbildung 18: Kreislaufgerät DRÄGER PSS® BG 4 PLUS (Dräger Safety Austria GesmbH, Produktinformation, 2014).....	20
Abbildung 19: Ergometrisches Untersuchungsprotokoll (Niederösterreichischer Landesfeuerwehrverband Landesfeuerwehrkommando, Formular zur Bestätigung der Tauglichkeitsuntersuchung. 2012; S. 3)	33
Abbildung 20: Ergometrisches Untersuchungsprotokoll (Niederösterreichischer Landesfeuerwehrverband Landesfeuerwehrkommando, Formular zur Bestätigung der Tauglichkeitsuntersuchung. 2012; S. 3)	Fehler!
Textmarke nicht definiert.	
Abbildung 21: Elektrodenanlage (Fletcher et al., Exercise Standards for Testing and Training: A Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association, 2001)	35
Abbildung 22: Elektrodenanlage (Fletcher et al., Exercise Standards for Testing and Training: A Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association, 2001)	35
Abbildung 23: Veränderung des Brustkorbes bei Inspiration (a) und Expiration (b).....	38
Abbildung 24: Veränderung des Brustkorbes bei Inspiration (a) und Expiration (b).....	38
Abbildung 25: Spirometrisches Untersuchungsprotokoll.....	39
Abbildung 26: Spirometrisches Untersuchungsprotokoll.....	39
Abbildung 27: Nomogramm zur Feststellung von Vitalkapazität und der Einsekundenkapazität (Kamburoff & Woitowitz 1972)	40
Abbildung 28: Nomogramm zur Feststellung von Vitalkapazität und der Einsekundenkapazität (Kamburoff & Woitowitz 1972)	40
Abbildung 29: Typische Herzschallbilder (Hiller J.; Vorlesung Medizintechnik; 2005)	41
Abbildung 30: Typische Herzschallbilder (Hiller J.; Vorlesung Medizintechnik; 2005)	41
Abbildung 31: Provokation eines Rechtschenkelblocks durch körperliche Belastung (Hollmann W., Strüder H. K., Predel H.-G., Tagarakis Chr., 2006; S. 207).....	44
Abbildung 32: Provokation eines Rechtschenkelblocks durch körperliche Belastung (Hollmann W., Strüder H. K., Predel H.-G., Tagarakis Chr., 2006; S. 207).....	44
Abbildung 33: Zusammenhang zwischen Alter und Herzfrequenz (Holmer & Gavhead, 2006; S. 49).....	59
Abbildung 34: Maximaler Kraftoutput der beiden Atemluftgemische GTX ₂₁ und GTX ₄₀ (Eves et al., 2002; S. 834)	65
Abbildung 35: Übersicht über die Einwirkung körperlicher Fähigkeiten (Mühlfiredel B., 1994; S. 32).....	86
Abbildung 36: Trainingspraktische Intensitätsbereiche (Vogt et al., 2005; S. 5)	90
Abbildung 37: Schematischer Überblick der Trainingsmethoden (Zintl & Eisenhut, 2009; S. 118-126).....	94

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Technische Daten Pressluftatmer BD 79/83-1600</i>	16
<i>Tabelle 2: Kurzanamnese der Atemschutztauglichkeit</i>	30
<i>Tabelle 3: Abbruchkriterien der Tauglichkeitsuntersuchung</i>	36
<i>Tabelle 4: Steigerung der körperlichen Beanspruchung auf Grund von unterschiedlicher Schutzbekleidung</i> .	51
<i>Tabelle 5: Katalog der für Spezialeinsatzkräfte geeigneten Testverfahren</i>	74
<i>Tabelle 6: Zusammenfassung von Studien aerober Leistungsfähigkeit von Feuerwehrleuten</i>	78
<i>Tabelle 7: Intensitätsempfehlungen zur Differenzierung des Ausdauertrainings</i>	90
<i>Tabelle 8: Methoden zur Ausbildung der Maximalkraft</i>	99

Lebenslauf

mit Schwerpunkt wissenschaftlicher Werdegang

Name:

Sebastian Sieghart

Schulbildung:

4 Jahre Volksschule Wilfersdorf

4 Jahre Gymnasium in Laa/Thaya,

4 Jahre Oberstufengymnasium in Mistelbach (+Matura:
Juni 2005)

Student an der Universität Wien: Lehramtsstudium seit
2006

(UF Bewegung und Sport, UF Biologie und Umweltkunde)

seit September 2013 in der HTL Zistersdorf im Weinviertel
als Sondervertragslehrer angestellt

Erklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst habe und nur die ausgewiesenen Hilfsmittel verwendet habe. Diese Arbeit wurde weder an einer anderen Stelle eingereicht (z. B. für andere Lehrveranstaltungen) noch von anderen Personen (z. B. Arbeiten von anderen Personen aus dem Internet) vorgelegt.

Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.