

Wissenschaftliche Beiträge aus dem Tectum Verlag
Reihe: Sozialwissenschaften

Band 62



Daniel Kaptain

Das **Infanteriespezifische Training (IST)**

Ein innovatives Trainingsprogramm
im Bereich Military Fitness

**WISSENSCHAFTLICHE BEITRÄGE
AUS DEM TECTUM VERLAG**

Reihe Sozialwissenschaften

**WISSENSCHAFTLICHE BEITRÄGE
AUS DEM TECTUM VERLAG**

Reihe Sozialwissenschaften

Band 62

Daniel Kaptain

Das Infanteriespezifische Training (IST)

Ein innovatives Trainingsprogramm im Bereich Military
Fitness

Tectum Verlag

Daniel Kaptain

Das Infanteriespezifische Training (IST).
Ein innovatives Trainingsprogramm im Bereich Military Fitness
Wissenschaftliche Beiträge aus dem Tectum Verlag
Reihe: Sozialwissenschaften; Band 62
Zugl. Univ.Diss., Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt/Main
2014
Umschlagabbildung: © Autor
© Tectum Verlag Marburg, 2015

ISBN 978-3-8288-6155-8

(Dieser Titel ist zugleich als gedrucktes Buch
unter der ISBN 978-3-8288-3485-9 im Tectum Verlag erschienen.)

Besuchen Sie uns im Internet
www.tectum-verlag.de
www.facebook.com/tectum.verlag

Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Angaben sind
im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

„Sie stehen mit Leib und Leben für unser aller Sicherheit und für unsere Werte ein“

Bundespräsident Dr. Horst Köhler während seiner Ansprache zur Einweihung des Ehrenmals der Bundeswehr am 8. September 2009

Danksagung

Für die Unterstützung während der Projektphase an der Luftlande-/Lufttransportschule der Bundeswehr (LL-LTS) in Albstadt / Obb. danke ich dem damaligen Kommandeur Oberst Baur für die Initiierung der Studie. Des Weiteren dem Hörsaalleiter Hauptmann A. Hillerich und dem Hörsaalfeldwebel Hauptfeldwebel M. Geist sowie den Ausbildern für die Unterstützung und Initiative bei der Umsetzung des Trainingsprogramms während der Lehrgangsausbildung.

Vor allem gilt der Dank Hauptmann S. Kühn, der als Projektkoordinator unermüdlich die Weichen stellte und die Vorplanung und Umsetzung des „IST“ begleitete.

Danken möchte ich auch meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Dr. D. Schmidtbleicher (Univ. Frankfurt/Main) für die fachliche Beratung und Wissensvermittlung und die Unterstützung während der Projektphase. Dr. Wirth (Univ. Frankfurt/Main) für die Beratung seitens der Statistik, sowie Prof. Dr. A. Pieter, Dipl.-Sportlehrer M. Wanjek und S. Fahrland (DHfPG).

Des Weiteren für das langjährige Vertrauen Herrn J. Marx, Prof. Dr. C. Eifler und R. Capelan (BSA/DHfPG).

R. Schrimpf von der Firma POLAR Deutschland für die Bereitstellung des Messequipments, der Herrn O. Hagen von der Firma SRT Medical für Bereitstellung des „Zeptors“.

Für die langjährige Unterstützung danke ich meiner Frau und Familie, meiner Mutter und meinen Schwiegereltern, allen voran meinem Vater der mich stetig ermutigte die Umsetzung des Themas zu realisieren und leider die Fertigstellung nicht miterleben konnte.

Abschliessend danke ich vor allem A. Pollner für sein wichtiges Feedback und seine immerwährende hilfreiche Unterstützung.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Problemstellung	8
2	Gegenwärtiger Kenntnisstand	12
2.1	Physische Belastungen des infanteristischen Aufgabenspektrums.....	12
2.2	Military-Fitness-Trainingsprogramme.....	26
2.2.1	Anforderungen an Military-Fitness-Trainingsprogramme.....	26
2.2.2	Effekte existierender militärspezifischer Trainingsprogramme	34
2.2.3	Darstellung der Inhalte ähnlicher Zirkeltrainingsprogramme.....	44
2.2.4	Darstellung der Strukturierung von Zirkeltrainingseinheiten.....	50
2.3	Darstellung Zeptoring/SRT (stochastische Resonanztherapie).....	53
2.4	Bedeutung physischer Fitness für die Bundeswehr	64
2.5	Ausbildungsstruktur und Lehrgangsdarstellung	70
3	Hypothesen	74
4	Methodik	75
4.1	Darstellung des Untersuchungsaufbaus und -ablaufs	75
4.1.1	Aufbau und Ablauf der Testungen	76
4.1.2	Parallelisierungsverfahren der Experimentalgruppe	77
4.1.3	Verschlüsselung der Teilnehmerdaten (Anonymisierung).....	78
4.1.4	Vorbereitung zur Trainingsdurchführung	79
4.1.5	Durchführung des Trainingsprogramms	80
4.2	Darstellung Untersuchungsteilnehmer	87
4.2.1	Fragebogendarstellung und -zielsetzung	87
4.2.2	Zusammenfassung der Darstellung der Versuchsgruppen	88
4.3	Darstellung Versuchsplan	96
4.3.1	Das Trainingsprogramm IST	96
4.3.2	Das Verfahren SRT/Zeptoring	123
4.3.3	Der Basis Fitness Test (BFT)	125
4.3.4	Testung der Rumpfmuskulatur (McGill-Test)	130
4.3.5	Die Koordinationstestung (<i>Testor</i> -Verfahren)	133
4.3.6	Messung und Dokumentation der Herzfrequenzen	135
4.4	Datengewinnung.....	138
4.4.1	Einstiegstestungen	138
4.4.2	Re-Tests/Kontrolltestungen	138
4.4.3	Trainingseinheiten	138
4.4.4	Lehrgangsbezogene Ausbildungsinhalte	139
4.4.5	Befragung der Untersuchungsteilnehmer	141
4.4.6	Befragung der Ausbilder	143
4.5	Fehlerabschätzung	143
4.6	Datenverarbeitung	146
4.6.1	Vorgehensweise bei der Inferenzstatistik	146
4.6.2	Berechnung der Effektstärke	151

5	Ergebnisdarstellung	152
5.1	Ergebnisauswertung und -darstellung.....	152
5.1.1	Ergebnisse BFT (Basis Fitness Test)	152
5.1.2	Ergebnisse McGill Rumpfkraft-Testung	157
5.1.3	Ergebnisse Test Koordination (<i>Testor</i>)	168
5.1.4	Ergebnisse Herzfrequenzmessungen	173
5.1.5	Ergebnisse der Befragungen der Studienteilnehmer und Ausbilder	180
5.2	Überprüfung der Hypothesen	184
6	Diskussion	193
6.1	Beschreibung der Leistungsentwicklung der Untersuchungsgruppen	193
6.2	Reflexion der Testergebnisse und Befragungen	201
6.2.1	Vergleich mit ähnlichen Studien und Trainingsprogrammen	201
6.2.2	Darstellung der Studienergebnisse BFT im Vergleich zu Referenzwerten.....	208
6.2.3	Auswirkungen der Treatments auf die motorische Fähigkeit „Kraft“	211
6.2.4	Auswirkungen der Treatments auf die motorische Fähigkeit „Ausdauer“.....	233
6.2.5	Auswirkungen der Treatments auf das spezifische Koordinationsprofil	239
6.2.6	Überprüfung der Wirkung des Zeptoring und Darstellung der <i>Ad-hoc-Effekte</i>	247
6.2.7	Ausbildungsanforderungen und Konsequenzen auf die Leistungsfähigkeit	254
6.2.8	Auswirkungen der Treatments auf die Verletzungsprophylaxe	260
6.2.9	Einflussnahme der Lehrgangsbedingungen auf die Trainingsdurchführung.....	261
7	Ausblick.....	264
8	Zusammenfassung.....	267
9	Literaturverzeichnis	271
10	Abkürzungen.....	308

1 Einleitung und Problemstellung

Soldaten – im speziellen Infanteristen – benötigen im militärischen Alltag eine möglichst breite Ausprägung aller motorischen Fähigkeiten, um den physischen Anforderungen in Ausbildung und v.a. auch im realen Gefechtsszenario, welche unvorhersehbar und nur bedingt planbar sind, gerecht werden zu können. Diese hohen körperlichen Beanspruchungen stehen im Kontrast zu der immer geringer werdenden körperlichen Leistungsfähigkeit der heranwachsenden Generation. Denn parallel zu diesen Fähigkeitsprofilen sinkt der Anteil an geeigneten Bewerbern bzw. Soldaten, die diesen Belastungen gerecht werden (RESTORFF, 2000; LEYK et al., 2005; WEHRBEAUFTRAGTER DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES, 2008 und 2009). Die Lücke zwischen Bedarf und tauglichem Personal hat sich durch die weggefallene Wehrpflicht und den demografischen Wandel – mit dem dadurch bedingten Fachkräftemangel auf dem Arbeitsmarkt – sogar noch vergrößert.

Mit dieser Problematik hat sich die U.S. Army bereits seit Ende der 1990er befasst und Methoden und Trainingsprogramme zur Steigerung der *physical fitness* in Bezug auf die Anforderungen des modernen infanteristischen Gefechts konzipiert (USMC COMBAT DEVELOPEMENT COMMAND, 2006). Dieser Wandel vollzog sich unter anderem bedingt durch die Erkenntnis, dass die Rekruten der Gegenwart ein geringes Fitnessniveau aufwiesen. Gemessen an einem Fitnesstest aus den 1940er Jahren, der verschiedene Testdisziplinen (Übungen wie Seilklettern, Springen, Laufen und Schwimmen über kurze/mittlere Distanzen und Partnertrageübungen im Laufschrift ohne Pause) umfasste, schnitten die Rekruten der Gegenwart deutlich schlechter ab als diejenigen aus der Zeit des Zweiten Weltkrieges. Die Konsequenz hieraus war, dass ein Test entwickelt wurde, der die Anforderungen des modernen Gefechts, wie *anaerobe Leistungsfähigkeit*, *Schnelligkeit*, *Agilität*, *Koordination* und v.a. *Kraft* und *Kondition*, messbar und überprüfbar machen sollte. Diese Anforderungen wurden demnach auch an das Konditionierungsprogramm der U.S. Army gestellt und durch entsprechende Inhalte ergänzt und verwirklicht (MYERS, 2000).

Neben diesen Programmen und Tests entwickelten verschiedene infanteristische Spezialverbände (U.S. Marines, U.S. Army Ranger etc.) ein auf ihren Bedarf angepasstes Programm (*RAW – Ranger Athlete Warrior Program*; *US MARINES High Intensity Tactical Training -HITT*), welches noch spezifischer die Komponenten *Kraft*, *Schnelligkeit*, *anaerobe Fitness* und *Koordination* abdeckte bzw. förderte (BARRERA, 2010; McMILLAN, 2007; SNYDER, 2007; STEPHENSON, 2007).

Da die vergleichbaren Einheiten der Bundeswehr (Infanterie, Luftlandetruppe) nahezu den gleichen Belastungen in Ausbildung und Einsatz unterliegen, orientiert sich das in dieser Arbeit konzipierte Programm IST (infanteriespezifisches Training) an den Inhalten und Anforderungen eben dieser genannten Trainingskonzepte und an den Anforderungen und Rahmenbedingungen des Lehrgangs- und Ausbildungsalltags der zu untersuchenden Probanden.

Kern der zu überprüfenden und trainierenden motorischen Leistungsparameter sind v.a. die Rumpf-, Bein- und Oberkörperkraft/Griffkraft, die anaerobe Fitness und die Schnelligkeit, welche durch standardisierte Testverfahren nachzuweisen waren. Diese genannten sportmotorischen Fähigkeiten sind bedingt durch die sich ändernden Anforderungen in Bezug auf die Einsatzrealität in den Vordergrund gerückt und sollten daher durch spezifische Trainingsmaßnahmen ausgeprägt werden. Denn trotz – oder gerade wegen der Spezialisierung und Technisierung – sind die körperlichen Belastungen v.a. an abgesessenen kämpfenden Soldaten (Infanteristen) deutlich höher als noch vor 50 bzw. 100 Jahren. Dies spiegelt sich u.a. in den überproportional gestiegenen Traglasten (MARTIN/NELSON, 1984; BURBA, 1986; KNAPIK, 1989, 1990 A-C, 1997 und 2000) wider, die teilweise 60 – 80 % des eigenen Körpergewichts betragen, welche auch bei Soldaten der Fallschirmjägertruppe der Bundeswehr alltäglich sind (KAPTAIN, 2010).

Da einer robusten und ausgeprägten körperlichen Verfassung für Einsatz und Ausbildung seit jeher eine elementare Bedeutung zukommt (JODL, 1974; GESTEWITZ, 1983; MÖSER, 1986; INSPEKTEUR DES HEERES, 2002; GENERAL INFANTERIE, 2005), macht dies eine im Vorfeld strukturierte und zielgruppenspezifische Trainingsmaßnahme notwendig. Befragungen und Betrachtungen von Soldaten haben jedoch ergeben, dass bis dato die bestehenden Trainingsmaßnahmen vornehmlich auf Eigeninitiative beruhen und der Schwerpunkt auf ein Training der motorischen Fähigkeit „Ausdauer“ gesetzt wurde (EISINGER et al., 2006; KAPTAIN, 2010).

Betrachtungen von Trainingsprogrammen anderer Armeen, die Analyse der physischen Anforderungen des militärischen Alltags (WITT, 2000; LEYK et al., 2006; EßFELD, 2006 A und B; DANKERT, 2006; ROHDE et al., 2007, KAPTAIN, 2010), die enormen Belastungen auf den Bewegungsapparat der Soldaten (KOERHUIS et al., 2009; SELL et al., 2010; SIMPSON et al., 2010) v.a. durch Traglasten (DEAN, 2004), Landefall beim Fallschirmsprung (CILLI et al., 2006; DHAR, 2007) und die allgemeinen gesundheitlich positiven Effekte einer Steigerung der *military fitness* durch spezifische Trainingsinterventionen verdeutlichen jedoch v.a. die Notwen-

digkeit der Einführung eines bedarfsträgerorientierten Krafttrainings (BILZON et al. 2001; KRAEMER et al., 2004; DIJK, 2009, KNAPIK et al., 2012).

Da ein Training und ausreichende Erholungszeiträume zur Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit besonders durch die enormen Ausbildungs- und Einsatzbelastungen eingeschränkt und beeinträchtigt werden, sind Maßnahmen mit einem geringen Zeitaufwand bei gleichzeitig hohem Effekt die einzige Option zur Sicherung einer nachhaltigen Effektivität bei gleichzeitiger Vermeidung von Überlastungen. GÜLLICH (2007) stellte in seiner empirischen Untersuchung fest, dass der gesamte Trainingsumfang der untersuchten Leistungssportler nicht in Relation zum Wettkampferfolg stehe. Es waren nicht diejenigen Sportler mit dem umfangreichsten Trainingsprogramm erfolgreicher, sondern diejenigen mit dem effizientesten Programm im Hinblick auf das Verhältnis von Umfang (Zeit) und Ertrag (Erfolg). Denn eine frühzeitige und einseitig forcierte Beschleunigung der Progression beinhaltet auch erhöhte Risiken von Verletzungen und trainingsbedingten Überanspruchungen, vor allem jedoch ein erhöhtes Maß an Regeneration, die oft während militärischen Ausbildungen nicht verfügbar ist. Diese Erkenntnisse verdeutlichen, dass nicht die Quantität des Trainings, sondern v.a. die Qualität (Maßnahmen zur Erhöhung der motorischen Leistungsfähigkeit) den Trainingseffekt ausmacht. In Betrachtung der lehrgangs- und ausbildungsrelevanten körperlichen Anforderungen stellt ein solches Trainingskonzept mit einem möglichst geringen zusätzlichen Aufwand besonders für die Bundeswehr einen Nutzen dar. Solch ein geringer Trainingsaufwand sichert bzw. ermöglicht die ausreichende Regeneration und damit die Grundlage zur Leistungsentwicklung. Unter dieser Maxime steht die Verwendung des in dieser Arbeit zu untersuchenden Trainingskonzeptes (IST) und Verfahrens (Zeptoring/SRT = stochastische Resonanztherapie), da bisherige Erkenntnisse eine besondere Effizienz solcher Methoden erkennen ließen.

Die Effekte und das Zusammenwirken beider Treatments im Rahmen der lehrgangsgebundenen Ausbildung an der Luftlande- und Lufttransportschule (LL-LTS) der Bundeswehr und die Implementierung und Dokumentation dieser Trainingsmaßnahme, welche im Zeitraum September 2011 bis März 2012 im Rahmen der Ausbildung von angehenden Feldwebeln der Luftlandetruppe umgesetzt wurde, ist Inhalt und Thema dieser Arbeit.

Diese Dokumentation und Untersuchung soll die Ausbildungs- und Alltagsanforderungen der Bedarfsträger skizzieren und darüber hinaus das Vorgehen, die Umsetzung und die Konsequenzen einer Trainingsintervention wissenschaftlich bekunden. Es gilt aufzuzeigen, mit welchen Maßnahmen welche Effekte für die

Soldaten unter den realen Bedingungen und Belastungen des Lehrgangsalltages erreichbar und nachweisbar sind.

Ausgehend von der zur Verfügung stehenden Infrastruktur der Ausbildungsstätte, dem Zeitfenster zur Trainingsumsetzung und orientiert an den gängigen Trainingsprinzipien, soll dargestellt werden, welche Schritte dazu beitragen können, eine bedarfsgerechte funktionelle Fitness für die zu untersuchende Population auf- bzw. auszubauen.

Durch die Erlangung einer höheren physischen Leistungsfähigkeit sollen die Soldaten ihren Auftrag mit möglichst hoher Effizienz und möglichst geringer eigener Gefährdung für Leib und Leben erfüllen können. Mittels der gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse und deren wissenschaftlicher Überprüfung sollen die Effekte nachweisbar und umsetzbar gemacht, sowie für die Verwendung in der Praxis dargestellt werden.

2 Gegenwärtiger Kenntnisstand

Im folgenden Kapitel werden Untersuchungen und Erkenntnisse der Wissenschaft hinsichtlich der Belastungen des militärischen Alltags skizziert. Aus diesen Darstellungen werden die bisherigen Konsequenzen für die Steigerung der hierdurch bedingten physischen Leistungsfähigkeit beschrieben und entsprechende Programme und Trainingskonsequenzen reflektiert. Außerdem wird ein Überblick über die Gegebenheiten der Lehrgangsstruktur und der Inhalte und Methoden der verwendeten Trainingsmaßnahmen, -übungen und -verfahren gegeben, aus denen sich der Inhalt des Trainingsprogramms IST zusammensetzt.

2.1 Physische Belastungen des infanteristischen Aufgabenspektrums

Die teilweise extremen körperlichen Belastungen und Anforderungen, welche die Soldaten in Einsatz und Ausbildung zu bewerkstelligen haben, waren vielfach Untersuchungsobjekt der Wissenschaft. Hierbei wurden sowohl ergonomische als auch physiologische Aspekte betrachtet. Bei den Probanden dieser Studie handelt es sich um Angehörige der spezialisierten Infanterie (Fallschirmjäger) der Bundeswehr, die den nachfolgend beschriebenen Belastungen in Ausbildung und Einsatz unterliegen. Daher sind die Struktur und die Zielsetzung des untersuchten Trainingsprogramms eben auf diese Belastungskomponenten ausgerichtet. Eine der Kernfähigkeiten der Infanteristen, das Marschieren/Laufen mit Traglast (Ausrüstung), wird als die körperlich anspruchvollste Aufgabe im militärischen Bereich angesehen (RAYSON, 1997; LEEUW, 1998). Führende Wissenschaftler aus dem Bereich Wehrgenonomie gliedern die häufigsten Belastungsparameter wie folgt (EßFELD, 2006A, S. 6 ff.):

- Ausdauernde Marsch- und Laufbelastungen:

„...Bergmarsch/Marsch: fortdauernde, mehrstündige Marschbelastung (...) unter kontinuierlicher Überwindung von Steigung bzw. Gefälle... (unwegsames Gelände)“

- Intervallartige Schnelligkeits- und Sprintbelastungen mit Sprungelementen:

„...mehrfaches, maximal schnelles und gefechtsmäßiges Überwinden von 25 m bis etwa 300 m langen Geländeabschnitten, das Überwinden von Sperren in kompletter Ausrüstung und Einnahme von Stellungen im gezielten Feuerkampf...“

Für Infanteristen, die schwerpunktmäßig *abgesessen vorgehen*, stellen die Traglast der Ausrüstung und die Marschdistanz die bedeutendsten Belastungsfaktoren dar. US-amerikanische Forschungsprojekte konnten auf eine Vielzahl von Erkenntnissen aus Kampfeinsätzen zurückgreifen und als *lessons learned* verbuchen. So resümierte beispielsweise PERKINS (1986), dass während des Grenada Einsatzes (*Operation Urgent Fury*, 1983) die hier eingesetzten US-Fallschirmjäger im Durchschnitt Traglasten von 36 kg mitzuführen hatten. Daraus resultierten nachhaltige Einschränkungen der Einsatzfähigkeit. Die Problematik der traglastbedingten Verringerung der Kampfkraft wird auch von CHRISTIE/SCOTT (2005) und RICCIARDI et al. (2008) angesprochen und dargestellt. In Afghanistan wurden bei patrouillierenden Infanteristen Traglasten von durchschnittlich 43 kg beobachtet, während Alarm- bzw. Kampfeinsätzen sogar bis zu 58 kg (DEAN, 2004). Dies oft unter extremen klimatischen Verhältnissen (Hitze, Frost, Höhenexposition etc.). DANKERT (2006) berichtete von über 55 kg schweren Traglasten des Ausrüstungssatzes *IdZ (Infanterist der Zukunft)* der Bundeswehr. Diese immensen Gewichtsbelastungen überstiegen um ein Vielfaches die Ausrüstungsgewichtsbelastungen beispielsweise eines Soldaten des 18. Jahrhunderts (ca. 15 kg Traglast) und auch die eines Infanteriesoldaten des 1. Weltkrieges mit ca. 30 kg Ausrüstungslast (KNAPIK, 1989 und 1997; PORTER, 1992). Sie stehen darüber hinaus im Widerspruch zu den Dienstvorschriften der U.S. Army - diese empfehlen Gewichtsbelastungen bis max. 32,7 kg (KNAPIK, 2000) bzw. 30 % bis maximal 45 % des jeweiligen Körpergewichts des Soldaten (BURBA, 1986).

In einer Befragung von Angehörigen der Fallschirmspezialzüge der Bundeswehr wurden die dort beschriebenen Traglasten (48 – 60 kg) mit dem durchschnittlichen Körpergewicht (der Soldaten der o.g. Einheiten) umgerechnet und eine Traglast bezogen auf das jeweilige Körpergewicht in Höhe von 59,5 % bis 73,5 % ermittelt (KAPTAIN, S.65, 2010). Die untersuchten Panzergrenadiere aus der Studie von ROHDE et al. (2007) hatten Ausrüstungslasten zwischen 22,1 kg (Truppführer) und 50,6 kg (Maschinengewehr-Schütze) zu tragen, was in Bezug auf das jeweilige Körpergewicht zwischen 51 – 83 % Gewichtsbelastung bedeutete. Im Vergleich zu den Angaben von DEAN (2004) ein noch geringer Wert: hier kam es zu einem Spitzenwert von 96 %. Während der Untersuchungsperiode konnten hieraus resultierende massive Belastungen der Wirbelsäule (gemessen an der Verletzungsquote) und starke Einschränkungen der Gefechtsbereitschaft/Beweglichkeit im Gefecht dokumentiert werden (ebd.). Die Darstellungen von DEAN sind insofern sehr interessant, als sie die realen Einsatzbelastungen wiedergeben und somit die Auswirkungen der Traglast auf die Sicherheit und Einsatzeffektivität der Sol-

daten deutlich machen. Die vielfältigen Belastungen während Eilmärschen (KNAPIK et al., 1993A) mit einer Gepäcklast von 15 kg über eine Distanz von 20 km ergaben durchschnittliche Herzfrequenzraten von 155 S./Min (Herzschläge/Minute). RAYSON (1997) testete solche Marschaufgaben. Die Herzfrequenz (HF)-Mittelwerte in diesem Test (n = 15) bei 40 kg Zuladung lagen bei HF 177 S./Min (Sprint mit 10 % Steigung) bzw. HF 155 S./Min (Sprint in Ebene) und HF 110 S./Min (Marsch in Ebene). Diese Belastungen sollten die realen Gefechtssituationen (Marsch, Sprint bei Überwinden von Geländeabschnitten) von Infanteristen nachstellen, denn ROHDE et al. (2007) maßen während einer Gefechtsübung (Panzergrenadiere beim *Nehmen einer Sperre*) Spitzenwerte von HF 190 S./Min und ein AMV (Atemminutenvolumen) von 190. Weiterhin konnten hierbei Laktatwerte von bis zu 20 mmol (Millimol) nachgewiesen werden (ebd.). Alle diese Aspekte stellen eine extrem hohe Belastung mit einem daraus resultierenden sehr hohen Ermüdungsgrad dar. Die getesteten Soldaten hatten unterschiedliche Traglasten (22,1 kg Truppführer; 50,6 kg MG-Schütze) mitzuführen und dabei eine Strecke von 600 m zurückzulegen, wovon 280 m intervallartig im höchsten Tempo zu überwinden waren (ebd.). In einer ähnlichen Untersuchung (Laufband-Test mit 40 kg Traglast-Zuladung) wies EßFELD et al. (2006B) Laktatwerte im Mittelwert von 9,63 mmol (Sprint) und 2,2 mmol (Marsch) nach. Der Energieverbrauch bei Marschgeschwindigkeiten von 5 – 6 km/h und einer Traglast von 40 kg lag nach PANDOLF et al. (1977) zwischen 800 und 1000 kcal/Stunde. Neben dem deutlich erhöhten Energieverbrauch ließ sich auch durch die gesteigerte Herz-Kreislauf- Belastung die mögliche Leistungsdauer bzw. Marschdistanz erkennen bzw. vorhersehen (ebd.).

EßFELD et al. (2006B, S. 116 f.) folgerten aus diesen Lauftestergebnissen, dass es schon bei 20 kg Traglast zu „...bereits deutlichen Herzfrequenzreaktionen...“ kommt, und „...bei 40 kg (Zuladung) in der Ebene sich bereits keine Herzfrequenz-Steady-State einstellt...“, was zur Folge hat, dass „...aus metabolischer und kardiovaskulärer Sicht keine anhaltende Leistung aufrecht erhalten werden kann...“.

Die sehr hohen Beanspruchungen, und eine damit zeitlich stark begrenzte Leistungsfähigkeit bei anaeroben Belastungen, die durch die Traglast und die Anforderungen verschiedener Gangarten (Sprint, Überwinden von Hindernissen/Geländeabschnitten etc.) schnell hervorgerufen werden, stellen während infanteristischer Gefechte die Hauptanforderungen dar (vgl. ROHDE et al., 2007).

WITT (2000) untersuchte diese physischen Belastungen bei Lehrgangsteilnehmern des an der LL-LTS durchgeführten *Einzelkämpferlehrgangs* (EKL). Hierbei wurden HF- und Laktatwerte an verschiedenen Ausbildungsstationen ermittelt. Auf der

Hindernisbahn (HiBa) maß sie eine mittlere HF, welche bei $156 \pm 24,7$ S./Min lag und einen durchschnittlichen Laktatwert von $10,2 \pm 2,31$ mmol ergab. Die Probanden (Lehrgangsteilnehmer) erreichten beim *Orientierungsmarsch* (mitzuführende Ausrüstung: Waffe + Feldanzug ca. 5 kg, Rucksackgewicht ca. 23 kg) eine mittlere HF von $136,78 \pm 14,4$ S./Min. Beim *Hindernislauf* (Distanz: 3 km) wurden durchschnittliche HFmax.-Werte von $191,0 \pm 8,9$ S./Min gemessen. Hier lagen die Laktatwerte bei $9,43 \pm 2,24$ mmol. Bei der Ausbildungsstation *Nahkampf* wurden Herzfrequenzmittelwerte in Höhe von $115,52 \pm 9,1$ S./Min über einen durchschnittlichen Zeitraum von $122,73 \pm 0,5$ S./Min. gemessen. Während für die 21-stündige *Durchschlageübung* nur Werte von einem Probanden vorlagen (Herzfrequenzmittelwert: 96,4 S./Min), die über eine Dauer von 19 Stunden gemessen wurden, sind bei der Abschlussübung fünf Probandenwerte ermittelt worden. Diese beziehen sich auf die ersten 14 Stunden der Übung, wobei sich ein Herzfrequenz-Mittelwert von $81,24 \pm 6,2$ S./Min ergab. Ähnliche Werte wurden beim Auswahlverfahren der südafrikanischen *Special Forces* nachgewiesen. Hier wurden durchschnittliche HF-Werte von $169,81 \pm 6,64$ S./Min, die über einen Zeitraum von bis zu 30 Minuten aufrechterhalten wurden, dokumentiert (CARLSSON/JENNEN, 2012). FRYKMAN et al. (2012) zeigten, dass die Traglasten eine um 25 % höhere Herzfrequenz bedeuteten. Spezifische Faktoren, wie die Zeit unter Belastung, verringerte sich auf 69 %, Kraftleistungen (Heben) betrugen nur noch 31 % bzw. die gesamten Arbeitsleistung noch 38 % (im Vergleich zur Kontrollgruppe, wo diese Aufgaben/Übungen ohne Zusatzlasten absolviert wurden). Auch KOERHUIS et al. (2009) sprechen von einem extremen Einfluss der Traglasten und dadurch von einem Prädiktor für eine nahende Ermüdung bzw. Leistungseinbruch. Die beschriebenen Belastungen (HF/Laktatwerte und/oder Belastungseinwirkungen auf den Bewegungsapparat) verdeutlichen die immensen Auswirkungen, die auf die Soldaten während der realitätsnahen Ausbildung einwirken, und wie schnell und intensiv eine vorzeitige Ermüdung und Leistungsreduktion hierdurch eintritt. CROWDER et al. (2007) benennen drei Faktoren (Steigung der Marschstrecke, Traglast und physische Belastbarkeit) und verweisen auf ihre Erkenntnisse, dass bereits bei einem 10 %-Anstieg der Laufstrecke (Marschtempo bei 3,5 Meilen/Stunde und ca. 27 kg Traglast) eine 61 % – 90 % metabolische Ausbelastung (also aerob/anaerob Stoffwechsellaage) der Probanden erfolgte. Diese Aussage wird auch durch die Studie von BEEKLEY et al. (2007) untermauert.

Die physiologischen Auswirkungen von Traglasten (hier: Schutzwesten; Gewicht ca. 13 kg) wurden von RICCIARDI et al. (2008) untersucht. Bei geringem Tempo

wurden HF-Werte von 107 ± 14 S./Min (ohne Schutzweste) bzw. 118 ± 16 S./Min (mit Schutzweste) und bei moderaten Geschwindigkeiten von 164 ± 16 S./Min (ohne Schutzweste) bzw. 180 ± 13 S./Min (mit Schutzweste) gemessen. Entsprechend lagen die Werte des subjektiven Belastungsempfindens (RPE Skala 6 = sehr moderat; 20 = maximale Ausbelastung) bei der Untersuchungspopulation bei $8,4 \pm 1,5$ bzw. $10,4 \pm 1,8$ (ohne bzw. mit Schutzweste) und bei moderaten Geschwindigkeiten bei $14,3 \pm 2,3$ S./Min vs. $16,7 \pm 2,1$. Diese Werte belegen den deutlich leistungsmindernden Einfluss (Ermüdung) von Traglasten, welche u.a. die Leistung bei der Übung *Treppen steigen* um -16% minderte und bei der Übung *Klimmzug* sogar um -61% einschränkten (ebd.). Ermüdungserscheinungen (bzw. die resultierende Reduktion der Leistungsfähigkeit) steigern die Verletzungsgefahr bzw. -anfälligkeit auf Grund der hohen körperlichen Belastungen während der Ausbildung und sind ein weiterer Faktor, dem es vorzubeugen gilt. BULLOCK et al. (2010) unterstreichen deshalb auch die Notwendigkeit einer adäquaten Umsetzung von Maßnahmen (Ausbildung, Überwachung, Forschung) im Rahmen der Verletzungsprävention innerhalb der militärischen Ausbildung.

Neben allgemeinen energetischen Erschöpfungserscheinungen traten lt. MARTIN/NELSON (1985) ermüdungsbedingte koordinative Einschränkungen, wie eine Reduzierung der Schrittlänge auf, welche die Bewegung unökonomischer machen und damit einen höheren Energiebedarf bedeuten (DANIELS, 1985). Die hohen mechanischen Belastungen, die auf die Gelenke einwirken, führten lt. DANIELS zu einer Verkürzung der Schrittlänge und durch die damit bedingten unökonomischen Bewegungsabläufe zu einem Anstieg des notwendigen Energiebedarfs, gemessen anhand der VO_{2max} . BIRELL et al. (2007) beschrieben, dass eine Traglast von durchschnittlich 60% des Körpergewichts (trotz der bekannten Empfehlungen von $30 - 45\%$; siehe oben) und das zusätzliche Tragen der Waffe (und damit verbunden die Veränderung des horizontalen und vertikalen Gangbildes) v.a. Verletzungen/Überlastungen durch Kompensationsmechanismen der vertikalen Achse (Wirbelsäule/Rumpf) zur Konsequenz hat (ebd.). HAN et al. (1993) stellten fest, dass die hauptsächlichen Ermüdungserscheinungen beim Marschieren mit Traglast durch eine verringerte Knieflexion, eine verkürzte Schrittlänge und die generelle Verschlechterung der speziellen koordinativen Anforderungen auftraten und auf eine unzureichende Kraftfähigkeit (in Bezug zu den Belastungen) in diesem Bereich schließen lassen. Zur selben Erkenntnis kamen auch MARTIN/NELSON (1985), die darüber hinaus hohe Belastungen durch eine Traglast von 36 kg (Anmerkung: welche zu den Traglasten, die DEAN, 2004; BIRRELL et al., 2007; KAPTAIN, 2010 etc. benannten, relativ moderat ausfielen;

siehe oben) und dadurch bedingte Ermüdungserscheinungen im Bereich der Lendenwirbelsäule beschrieben. Solche Ermüdungserscheinungen wurden auch von AMOS et al. (2000) vermehrt nach Märschen und nach Aufklärungsaufträgen/Spähtrupps festgestellt, was die nachfolgenden militärischen Tätigkeiten negativ beeinflusste. So verschlechterte sich die Trefferquote beim Schießen (nach einer 20-km-Marschdistanz mit 46 kg Traglast) um – 26 % bis – 33 % und die Wurfdistanz bei Handgranatenwürfen um durchschnittlich – 9 % (KNAPIK et al., 1990A).

QUESADA et al. (2000) zeigten bei eben diesen Gelenksystemen (Lendenwirbelsäule, Hüft- und Kniegelenke) ansteigende Belastungsspitzen, wenn die Traglasten ebenfalls erhöht wurden. Vor allem die kniegelenkstabilisierenden Muskelgruppen mussten die hohen Belastungen (Gewichtslast = 30 % des Körpergewichts) kompensieren, was v.a. durch eine Ermüdung der Kniegelenkextensoren gerade bei langen Marschdistanzen (hier: 40 Minuten Laufbandtest) nicht mehr gegeben war und in einer Ermüdung eben dieser Strukturen (und die damit verbundene Verletzungsgefahr/Überlastungen) resultierte. Durch das Mitführen der Handwaffe reduziert sich die Schwungbewegung der Arme, was zu einer Reduktion der Rumpfrotation (als Kompensationsmuster) mit einem hierdurch bewirkten Anstieg medialer und lateraler Kräfte führte. Laut BIRRELL/HASLAM (2008) war dies ein Grund für Überlastungen und Verletzungen der Wirbelsäule. Weiterhin skizzierten sie in einer anderen Untersuchung den negativen Einfluss von Traglasten (Rucksackgewicht: 32 kg) auf die Einschränkung der Bewegungsmuster Extension und Flexion im Kniegelenk und der Reduktion der Hüftrotation (Beeinflussung der Gangbildes), mit gleichzeitiger Verstärkung der Beckenkipung nach ventral und einer hieraus resultierenden Reduktion der Schrittlänge und Überlastung der Lendenwirbelsäule (BIRRELL/HASLAM, 2009). Auch KNAPIK et al. (1996), MAJUMDAR/PAL (2010) und ATTWELL et al. (2006) zeigten, dass durch die Traglast eine Reduktion des Bewegungsradius v.a. bei der Kniegelenkflexion und Hüftgelenkextension bei gleichzeitiger Zunahme der Flexion im Bereich LWS und HWS auftritt. Diese unphysiologischen Bewegungsmuster führten zu einer unökonomischen Bewegungsarbeit und erhöhten das Überlastungsrisiko, was sich hauptsächlich durch Muskelverspannungen und Gelenküberlastung in den genannten Regionen (KNAPIK et al., 1997), schwerpunktmäßig im Bereich LWS und Kniegelenke, zeigte. Durch hohe Traglasten kam es nach WANG et al. (2012) zu einer Zunahme der Bodenreaktionskräfte. Dies führte zu einer Verminderung der Laufökonomie (Erhöhung des energetischen Aufwands) und damit -geschwindigkeit und einer erhöhten Beanspruchung und Überlastung

der unteren Extremitäten. Der Zusammenhang zu Verletzungen dieser Bereiche wurde auch von REYNOLDS et al. (1999) benannt. Verschiedene Autoren (VOLPIN et al., 1989; KNAPIK et al., 1992; ROSS, 1993) konnten v.a. Überlastungsschäden im Bereich der Sprunggelenke (Bänderverletzungen, Achillessehnenreizungen etc.), der Kniegelenke (z.B. *Chondropatien*) und der Lendenwirbelsäule (*Ischialgien*, *Lumbalgien*) feststellen, die auch von PATZOKOWSKI et al. (2011) beobachtet wurden. ROY (2011) berichtete von einem erhöhten Auftreten von überlastungsbedingten Rückenschmerzen (22 % der Untersuchungspopulation). Vor allem bei Infanteristen wurde ein besonders hohes Auftreten von Verletzungsbildern der Kniegelenke (z.B. *Meniskusläsionen*) verzeichnet (ebd.). Verletzungen des Bewegungsapparates führten mit ca. 45 % zu einer Einschränkung der Leistungsfähigkeit. Hauptsächlich jedoch die Verletzungen der Wirbelsäule schränkten die Arbeitskraft und -funktion laut einer Studie von CHILDS et al. (2010) deutlich ein, was zu einer Ablösung vom Lehrgang / Ausbildung führte.

COHEN et al. (2009; S.1916) verdeutlichten die Auswirkungen von wirbelsäulenbedingten Verletzungen durch ihre Aussage „...back pain is the leading cause of disability in the world, but it is even more common in soldiers deployed for combat operations...“ und beschrieben diese neben anderen muskulären Verletzungen mit der geringsten „...return-to-unit...“-Rate (ebd.).

In einer Folgeuntersuchung, in der COHEN et al. (2011) die Auswirkungen von Rückenschmerzen und -verletzungen untersuchten, kamen diese zu dem Fazit, dass Rückenschmerzen die häufigste Verletzung während der militärischen Ausbildung darstellen und v.a. bedingt durch die Gefechtsausbildung intensiviert werden. Aktivitäten wie Fallschirmsprung, Marsch mit Traglasten, Luftlandeinsatzverfahren und Orts-/Häuserkampf- Übungsszenarien wurden als besonders verletzungsgefährdend beschrieben (ebd.).

Auch FRANK (2011) beschrieb das Auftreten von Verletzungen im Rahmen der militärischen Ausbildung hauptsächlich im Bereich der unteren Extremitäten und der Lendenwirbelsäule. Die hier erfaßten verletzungsbedingten Ausfälle führten mit über 60 % zu einer Reduktion der Einsatzfähigkeit und Marschbereitschaft bzw. teilweise zu einer bis zu 6 Monate andauernden Rehabilitationsmaßnahme.

Starke Evidenz besteht in der Tatsache, dass v.a. das Heben und Tragen von Lasten, in Verbindung mit Beugen, Drehen und Vibrationen, ein hohes Risiko für Rückenschmerzen darstellen (HOOGENDORN et al., 1999) – alles Erscheinungsformen, die beispielsweise beim Umgang (Marschieren, Bewegen) mit hohen Traglasten (Rucksack, Munition etc.) oder aber beim Bergen von Verwundeten

etc. simultan auftreten und komplexe Bewegungsmuster unter zusätzlicher Last bedeuten. Beugen und Rotieren des Rumpfes und gleichzeitiges Heben von Gegenständen (v.a. bei eintretender Ermüdung) wird ebenfalls von HOOGENDORN et al. (2000) als Hauptrisiko für Rückenverletzungen angesehen.

Zur Aufrechterhaltung einer ausreichenden Rumpfstabilisierung werden grundsätzlich die motorischen Komponenten *Kraft* (Maximalkraft) und (*Kraft*-)*Ausdauer* benötigt. Aus präventiver Sicht scheint bei vielen Personen mangelnde *Kraftausdauer* im Rumpf ein Problem darzustellen; dies gilt oft als eine Ursache für Rückenschmerzen (KEY, 2010). Ebenso verweisen WYSS et al. (2012) auf deutliche Zusammenhänge zwischen der statischen Kraftausdauerleistungsfähigkeit der Rumpfmuskulatur (gemessen an der Haltedauer bei der Übung *Unterarmstütz*) und der Verletzungsanfälligkeit (bzw. der Vorhersage von überlastungsbedingten körperlichen Schäden) anhand von Daten zur körperlichen Fitness bei 459 Soldaten.

Interessant ist in diesem Zusammenhang zu erwähnen, dass in zwei Studien belegt wurde, dass Rückenschmerzen nicht nur mit einer allgemeinen Schwäche der Rumpfmuskulatur, sondern vielmehr mit der geringen (statischen) Kraftausdauerleistung der Rückenstrecker zusammenhängen (BIERING-SORENSEN, 1984; LUOTO et al., 1995). Diesen Studien zufolge ist die reine Muskelkraft im Bereich des Rumpfes kein Indikator für eine funktionelle Rückengesundheit. Generell ist jedoch zu berücksichtigen, dass die *Maximalkraft* als Grundlage aller Kraftfähigkeiten anzusehen ist (SCHMIDTBLEICHER, 1985), so dass sehr wohl eine Steigerung dieser Fähigkeit positive Auswirkungen auf die Komponente *Kraftausdauer* haben wird.

Den Risikofaktor *Zugehörigkeit Militär* im Kontext zur Rückengesundheit kommentierte SCHOENFELD et al. (2012) in dem er feststellte, dass die höchste Rate von Lendenwirbelverletzungen /-brüchen (0,48/1000 Probandenjahre) weltweit in der US-Army gegeben ist. In einer weiteren Untersuchung wird dies noch untermauert, in dem sie zu der Aussage kommen, dass die US Streitkräfte im Untersuchungszeitraum 2001 bis 2010 (*Operation Iraqi Freedom/Operation Enduring Freedom*) die höchste jemals festgestellte Rate an aufgezeichneten Wirbelsäulenverletzungen während militärischer Einsätze verzeichneten (SCHOENFELD et al., 2013). Auch ROY et al. (2012) untersuchten die Verletzungsbilder von Infanteristen einer Kampfbrigade während des Afghanistan-Einsatzes. Die hier aufgetretenen (außerhalb von Kampfeinsätzen bzw. ohne Feindeinwirkung) Verletzungen (insgesamt bei 23 % der Angehörigen) betrafen v.a. den Lendenwirbelbereich, die Knie- und Schultergelenke. Mit 36 % der Ursachen stechen v.a. das Heben und

Tragen von Ausrüstungslasten heraus, was wiederum die negativen Auswirkungen von hohen Traglasten auf die Überlastung des Bewegungsapparates und die Bedeutung eines spezifischen Trainings zur Verletzungsprophylaxe (Aufbau einer starken Stütz Muskulatur, Bewegungsökonomie und Koordination) verdeutlicht. MISER et al. (1995) zeigten, dass die meisten muskuloskeletalen Verletzungen während des Gefechts (*Operation Just Cause/Panama*, 1989) bei den physisch sehr belasteten Infanteristen (*U.S. Army Ranger*) die unteren Extremitäten (v.a. Sprunggelenke) betraf.

HAURET et al. (2010) untersuchten alle Verletzungen während der Kampfeinsätze im Irak und in Afghanistan und kamen zu dem Fazit, dass durchschnittlich 35 % aller Verletzungen außerhalb von Gefechtssituationen/Feindeinwirkungen auftraten. Die meisten Fälle wurden durch Ausbildung (20 %) bzw. Stürze (18 %) verursacht, was ein Indiz für die Reduktion der koordinativen Fähigkeiten (durch eintretende Ermüdung) sein kann. Die Verletzungsregionen waren hauptsächlich Wirbelsäule, Knie- und Handgelenke. Die Auswirkungen von Kampfeinsätzen und Gefechtssituationen (Stressexposition) führen lt. HENNING et al. (2011) zu einer Verschlechterung der körperlichen und militärischen Leistungsfähigkeit und sind durch eine Reduktion von anabolen Hormonen, Muskelmasse und Knochendichte gekennzeichnet. Daher empfehlen diese im Vorfeld bzw. zur Nachsorge Maßnahmen (Krafttraining) zu ergreifen, die auf eine Maximierung der o.g. Schutzfaktoren (Muskelmaße und die damit verbundenen hormonellen Reaktionen) abzielen.

GOODMANN et al. (2012) fanden heraus, dass ca. 19 % der Soldaten innerhalb der Gefechtsausbildung sich einer orthopädischen Behandlung unterziehen mussten, wobei 4 % aller Soldaten dauerhafte medizinisch-orthopädische Behandlungen benötigten. Mehr als die Hälfte aller untersuchten Fälle betrafen Knie- und Schultergelenke. Die Verletzungsquoten während der militärischen Ausbildung waren hoch und bezifferten zwischen 6 und 12 Soldaten (von 100) je Monat innerhalb der Grundausbildung. JONES et al. (2000) sahen ebenfalls das intensive militärische Training als einen Risikofaktor für Verletzungen an. KNAPIK et al. (1993B) gaben an, dass über 50 % der untersuchten Soldaten sich während der Ausbildung verletzt hatten, und definierten als Risikofaktoren die geringe körperliche Leistungsfähigkeit (gemessen an den Ergebnissen der 2-Meilen Laufzeiten und Sit-up-Wiederholungen), die Zugehörigkeit zur Infanterie und ein niedriges Durchschnittsalter. Auch WILKINSON et al. (2011) führten an, dass sich ca. 58,6 % der Soldaten während der Ausbildung verletzten. Auch in dieser Untersuchung wurden hauptsächlich Verletzungen der unteren Körperhälfte (71 %), v.a.

der LWS-Bereich (14 %), die Knie- (19 %) und Sprunggelenke (15 %) genannt. Aktivitäten, die in Zusammenhang mit einer Verletzungsprävalenz stehen, waren: Gefechtsausbildung (30 %), andere militärischen Ausbildungsinhalte (26 %) und Sport (22 %).

Die gängigsten Verletzungen des Bewegungsapparates betrafen auch einer Untersuchung von TAANILA et al. (2009) zufolge den unteren Rücken / LWS (20 %) und die unteren Extremitäten (16 %). Diese Verletzungen traten ebenfalls v.a. während der Gefechtsausbildung in Verbindung mit hohen Trag- / Ausrüstungslasten und bei Märschen auf. Einschränkungen und Verletzungsbilder der Wirbelsäule und Kniegelenke verursachten in einem hohen Maße (44 %) ein Rezidiv (ebd.). POSSLEY/JOHNSON (2012) geben Hinweise auf ein hohes Verletzungsrisiko durch militärspezifisches Kampfsporttraining / Nahkampf, da hier 55 von 1025 Soldaten Verletzungen am Bewegungsapparat erlitten, was deren weitere Ausbildung zum Teil stark beeinträchtigte, da 24 % der Fälle eine medizinische Anschlussbehandlung benötigten. Auch hier waren v.a. Knie- und Schultergelenke schwerpunktmäßig betroffen.

Den Erkenntnissen von SAMMITO (2011A, S.90 f.) zufolge traten Verletzungen im Rahmen der „...grünen Ausbildung...“ (Gefechtsausbildung) in 19,8 % der Vorstellungen in der truppenärztlichen Sprechstunde mit einer Häufigkeit von 2,27 Verletzungen/1000 Ausbildungsstunden auf. Kniegelenke (24,5 %) und Füße (15,8 %) waren die beiden am häufigsten betroffenen Körperregionen. Die Soldaten waren im Mittel pro Verletzung 1,23 Tage verwendungsunfähig und 6,89 Tage nur eingeschränkt verwendungsfähig. Diesen Darstellungen nach galt es für SAMMITO als erwiesen, dass „...die ‚Grüne Ausbildung‘ ... eine gegenüber dem Dienstsport verletzungsarme, gleichzeitig hoch spezifische Ausbildungsmaßnahme zur Steigerung der Einsatzfitness dar[stellt]...“ (S. 90 ff., ebd.).

Da es sich bei der Untersuchungspopulation durchweg um Angehörige der Luftlandetruppe / Fallschirmjäger der Bundeswehr handelt, soll nun ein Überblick über die physischen Belastungen und das daraus resultierende Verletzungsrisiko (bzw. die Einwirkungen auf den Bewegungsapparat), die beim Fallschirmsprung- bzw. Luftlandeverfahren auftreten, gegeben werden. Somit können die später skizzierten Trainingsinhalte und -zielsetzungen besser nachvollzogen werden.

REID (1971) hat während der Fallschirmsprungausbildung Herzfrequenzmessungen durchgeführt welche durchschnittlich bei 77,4 S./Min vor dem Sprung, 157,7 S./Min während des Sprungs und bei 155,7 S./Min während der Landephase la-

gen. Spitzenwerte bei dieser Untersuchung wurden mit 220 S./Min erzielt. Die Atemfrequenz lag durchschnittlich bei 32 Liter/Min, dies war doppelt so hoch wie im Ruhezustand (15 l./Min). Selbst bei sehr erfahrenen Fallschirmspringern (Mitglieder der Nationalmannschaft mit durchschnittlich 1350 Sprüngen) konnten Herzfrequenzwerte von 152 S./Min festgestellt werden (KOPP, 1978). Blutdruckwerte von 170 mmHG und um 30 – 40 % erhöhte Blutzuckerspiegel (als Reaktion auf die Adrenalinfreisetzung) kurz vor Verlassen des Flugzeuges wurden u.a. von PAMOV (1974) gemessen. Diese physiologischen Stressreaktionen führten wiederum zu einer um 20 – 70 % geringeren Muskelwiderstandskraft (ebd.), was zu den im Folgenden beschriebenen Verletzungsbildern (auf Grund fehlender / unzureichender muskulärer Gelenkstabilisierung) führen kann.

Die meisten Verletzungen bzw. die höchsten Belastungen beim automatischen Fallschirmsprung treten während der Landephase auf. Die Landegeschwindigkeit entspricht beispielsweise einem nicht beschleunigten Fall aus einer Höhe von 1,3 m – 5,5 m, abhängig von Windstärke und Gewicht des Springers. Die Ursache ist die bei der Landung entstehende kinetische Energie. Hier entstehen durch das abrupte Abbremsen bei der Landung die o.g. Kräfte, die nicht vom Körper vollständig kompensiert werden können. Eine eingeübte Technik beim Landefall (spezifische koordinative Anforderungen; reaktives Kraftverhalten) und ein stabiles Gewebe bzw. Gelenkstrukturen sind als Verletzungsprophylaxe anzusehen. Es wirken hier Kräfte von bis zu 10,4 G (Gravitationskraft) auf die Ferse, 6,4 G auf den Fußbereich, 3,4 G auf das Gesäß und die LWS und 1,4 G auf den Schultergürtel und HWS/Kopf (ANSPERGER, 1980). Untersuchungen von UHLIG (1966) zeigten Belastungen von ca. 400 kp (Kilopond), die bei einem Springergewicht (80 kg Körpergewicht + 30 kg Ausrüstung) überlastend auf den Körper (z.B. Zerrungen des *m. rectus abdominis*) wirken. Beim Füllungsstoß (Zeitpunkt, bei dem der Schirm sich voll geöffnet / ausgebreitet hat) wirkten bei gleichen Gewichtsvorgaben Kräfte in Höhe von 620 kp (ebd.). Da sich „...beim Landefall auf die unteren Extremitäten und die Lendenwirbelsäule ca. 85 % aller Verletzungen ereignen...“ (ERÖS, 1985, S. 18) und Belastungen von bis zu 550 kg (ebd.) einwirken, betreffen die meisten Verletzungen eben diese Regionen. WHITTING et al. (2007) bezifferten die Kräfte, welche beim Landefall auf den Körper wirkten, mit dem bis zu 13,7fachen des Körpergewichts und betonten die Notwendigkeit einer ausreichenden exzentrischen Muskelkraft (z.B. der Kniegelenkextensoren), um diese Kräfte zu kompensieren. Diesen Darstellungen nach ist die Aussage von ERÖS (1985, S.92), der die „...Leistungen eines Fallschirmspringers mit denen von Leistungssportlern...“ gleichsetzt, nachvollziehbar.

Die Studie von TEYSSANDIER (1965) kam zu der Erkenntnis, dass die Belastungen für den Stützapparat so hoch sind, dass bei jedem Fallschirmsprung Mikrotraumata in der Wirbelsäule auftreten. Dies erklärt auch, warum v.a. von ehemaligen Fallschirmspringern verstärkt über chronischen Wirbelsäulenverschleiß (KLEINOD, 1973) und ein erhöhtes Maß an Arthrose, v.a. in den Knien und Lendenwirbeln (Facettengelenke), berichtet wurde (ERÖS, 1980). KIRCKPATRICK / SMALLMAN (1991) sahen jedoch keinen eindeutigen Zusammenhang zwischen bestimmten verschleißbedingten Erkrankungen der Wirbelsäule und der Anzahl an Fallschirmsprüngen, was für den Einfluss der individuellen körperlichen Belastbarkeit des Stützapparates spricht. BAR-DAYAN/SHEMER (1998), EKELAND (1997) und GILLIAM et al. (2006) zeigten, dass hauptsächlich Trauma / Verletzungen im Bereich der Sprunggelenke, Knie bzw. allgemein im Bereich der unteren Extremitäten auftreten. KRAGH/TAYLOR (1995) untersuchten Verletzungsbilder, die durch das *fast roping*-Verfahren (Abseilen aus einem Hubschrauber) auftraten, hier waren hauptsächlich (ähnlich wie beim Landefall beim Fallschirmsprung) die Sprunggelenke (30 % aller Verletzungen) betroffen.

Während FARROW (1992, S.20) von Schulterverletzungen/-brüchen als der neuen „...paratroopers's fracture...“ spricht, zeigten GLORIOSO et al. (1999), dass über die Hälfte aller Verletzungen die unteren Extremitäten betrifft und v.a. Nacht- und Gepäcksprünge das Verletzungsrisiko potenzieren, welches so auch von KNAPIK et al. (2003 und 2010) beobachtet wurde.

Wenn der Landefall ohne ausreichende Sicht stattfindet (z.B. Nachtsprung), führt dies zu einer Zunahme der Hüftabduktion bei gleichzeitigem Rückgang der Knieflexion, was wiederum zu einer Zunahme der Bodenreaktionskraft und Erhöhung der Dorsalextension (im oberen Sprunggelenk) führt und laut CHU et al. (2012) die Ursache für ein deutlich höheres Verletzungsrisiko in eben diesen Gelenkreionen war. Dies zeigte ebenfalls die Studie von HALLEL/NAGGAN (1975), welche darstellten, dass die Verletzungsquote bei Nachtsprüngen beinahe dreimal höher war als bei Sprüngen bei Tageslicht (Verletzungsquote bei Tag: 4,62/1000 Sprünge; bei Nacht: 11,25/1000 Sprünge). Die geringsten Verletzungsraten traten bei *Freifallern* (manuelles Verfahren) mit 2,96/1000 Sprüngen, die höchsten während Manöversprüngen (Automatik- Sprungverfahren) mit Gepäck in der Nacht (25,75/1000 Sprünge), auf. Auch in dieser Untersuchung wurde gezeigt, dass sich der Großteil der Verletzungen (ca. 90 %) während des Landefalls ereignete und mit 35,6 % hauptsächlich die Sprunggelenke und die Wirbelsäule (14,5 %) geschädigt wurden. Die besonders hohe Verletzungsquote bei Nachtsprüngen wurde ebenso von KRAGH et al. (1996) bestätigt – auch hier lag die Quote mit 2,7 % im

Vergleich zu 1,4 % bei Tagsprüngen nahezu um das Doppelte höher. Weiterhin verwiesen diese auf die Tatsache, dass die meisten Gefechtssprünge (ca. 55 %) nachts durchgeführt wurden. Eine weitere Untersuchung, die ebenfalls die Einsätze dieser Luftlandeeinheit (*U.S. Army Ranger Regiment*) evaluierte (KOTWAL et al., 2004), gibt an, dass sich insgesamt 12 % der Springer verletzten; 4 % waren sogar nicht mehr in der Lage, ihren Auftrag fortzusetzen. Neben der deutlich höheren Verletzungsgefahr durch schlechte Sichtverhältnisse (lt. KRAGH et al. 1996 um das 2,5fache) gaben mehrere Studien als weitere Gefährdung eben die hohen Gepäck- und Ausrüstungslasten (KRAGH/TAYLOR, 1996; WHITTING et al., 2007; HUGHES/WEINRAUCH, 2008) der Fallschirmspringer an. Der Zusammenhang zwischen hohem Springergewicht und Verletzungsrisiko erklärt auch die hohen Verletzungsquoten bei Gepäcksprüngen.

GEHRING et al. (2009) zeigten, dass sowohl eine (ermüdungsbedingt) reduzierte Voraktivierung der (medialen) Kniegelenkstrecke und *ischio-cruralen* Muskelgruppen und des *m. gastrocnemius* als auch deren reduzierte Ausgangsleistungsfähigkeit/Kraft und Koordination als Ursache für eine reduzierte Kniegelenkskontrolle und damit als Verletzungsindikator anzusehen sind.

Trotz der o.g. Belastungen stellt ERÖS für den Betrachtungszeitraum 1975 – 1980 eine sehr geringe Anzahl an Verletzungen beim Fallschirmspringen an der LL/LTS fest: die Quote lag bei nur 0,25 %, was auch lt. LOWDON / WETHERILL (1989) auf die solide und umfangreiche militärische Ausbildung zurückzuführen war. Internationale Studien zeigten ähnliche Verletzungsraten – so kam BRICKNELL (1999A) in seinem Review auf durchschnittlich 5,61 Verletzungen/1000 Sprüngen bzw. 7,4 Verletzungen/1000 Sprünge beim *U.K. Parachute Regiment* (BRICKNELL, 1999B). Die meisten Verletzungen traten hier im Bereich Wirbelsäule (40,1 %), untere Extremitäten/Sprunggelenke (38,0 %), Halswirbelsäule/Kopf (6,4 %) und Schultergürtel (5,3 %) auf. Ähnliche Ergebnisse lieferten ELLITSGAARD (1987) und CILLI et al. (2006), die herausfanden, dass 83,8 % bzw. 95,0 % der Verletzungen beim militärischen Fallschirmspringen sich bei der Landung ereigneten. Laut CILLI et al. ist das Verletzungsrisiko (hier: 8,07/1000 Sprünge) bei automatischen Sprüngen um das 2,5fache höher als bei den untersuchten Freifallspringern (manuelles Verfahren). In einer retrospektiven Kohortenstudie gingen BRICKNELL et al. (1999) der Frage nach, wie hoch das Verletzungsrisiko für militärische Fallschirmspringer bei der Ausübung ihrer Tätigkeit in Ausbildung und Einsatz ist. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass das militärische Fallschirmspringen 20-mal riskanter ist als die reguläre Infanterieausbildung. Das RR (relative Risiko) für eine Verletzung lag bei den US-Fallschirmjägern im Ver-

gleich zur Kontrollgruppe (reguläre Infanteristen) bei 1,49. Dabei waren ca. 50 % der Unfälle und Verletzungen während Fallschirmsprüngen bzw. der Sprungausbildung aufgetreten. Durch eine verbesserte Ausrüstung, ein fundiertes Training und einen erweiterten Erfahrungsschatz konnten die generellen verletzungsbedingten Ausfälle beim militärischen Fallschirmspringen im Kampfeinsatz von ca. 37 % im Zweiten Weltkrieg auf ca. 7 % in den 1990er Jahren reduziert werden (BRICKNELL, 1999A). In diesem Review belegte er außerdem das erhöhte Verletzungsrisiko durch Gepäcksprünge bei Nacht (siehe oben). Dennoch ist das Risiko bei zivilen Sprüngen mit durchschnittlich 4,7/1000 Tagsprüngen ohne Ausrüstung deutlich höher als das militärische Fallschirmspringen, was wiederum auf einen höheren Ausbildungsgrad bei der militärischen Sprungausbildung schließen lässt (ebd.). DHAR (2007) unterteilte in seinem Review die untersuchten Sprungverletzungen in zwei Gruppen: leichte Verletzungen, wie Prellungen, Schürfwunden etc. – die meist bei jüngeren und v.a. bei Sprungschülern/Anfängern vorkamen – und schwerwiegendere Verletzungen (Knochenbrüche, Bänderrisse), die v.a. bei älteren Soldaten (wegen mangelnder Bänderelastizität) auftraten. Er verwies weiter auf die hohe Bedeutung eines umfangreichen und intensiven Trainings, da die Belastungen auf Psyche und Physis während des Fallschirmspringens immens sind. HENDERSON et al. (1993) empfehlen, ein spezifisches Training v.a. für die unteren Extremitäten zur Verletzungsprophylaxe umzusetzen, da diese eine verringerte muskuläre Kontrolle/Kraft (erhöhte Knieflexion) bei untrainierten Soldaten während des Landefalls nachwiesen. Eine v.a. exzentrische Belastung (mit Gewichtslasten) der hüft- und kniegelenkstabilisierenden Muskeln sollte in einem fallschirmjägerspezifischen Training zur Auslösung von muskulären bzw. biomechanischen Adaptationen (um die Verletzungsgefahren, die sich beim Landefall ereignen, zu mindern) laut Ansicht von SELL et al. (2010) durchgeführt werden.

Alle in diesem Kapitel dargestellten körperlichen Anforderungen, Belastungen und schließlich auch Verletzungsrisiken verdeutlichen das hohe Anforderungsmaß an eine spezifische körperliche Robustheit und hohe Fitness. Die beschriebenen Anforderungen und betroffenen Körperregionen gilt es folglich durch ein spezifisches Training zu stärken und zu stabilisieren um solche Verletzungen und Leistungsminderungen zu vermeiden.

Erschwerend hinzu kommt jedoch die Tatsache, dass diese körperlichen Anforderungen völlig gegenläufig zu den durch Technisierung und Modernisierung ablaufenden Entwicklungen des Alltags stehen. Beispielsweise wies HOLLMAN (2001) für den Zeitraum zwischen 1950 – 1990 einen um durchschnittlich über 400

kcal reduzierten alltäglichen Energieverbrauch (auf Grund geringerer körperlicher Aktivität / Arbeit) nach. MENSINK (2003) zeigte darüber hinaus die Tatsache auf, dass nur ca. 15 % der Erwachsenen ein ausreichendes Maß an Bewegung im täglichen Alltag erfahren, was zu einer körperlichen Degeneration (Schwächung sämtlicher Strukturen des Bewegungsapparates, Reduktion der kardiorespiratorischen Leistungsfähigkeit und Stoffwechselfaktoren und Rückgang der koordinativen Fähigkeiten) führt und zu den Rekrutierungsproblemen, welche in Kapitel 2.4 noch umschrieben werden, führt.

Gerade auf Grund der in diesem Kapitel beschriebenen Belastungen soll die Bedeutung des Zusammenspiels von Belastung (Ausbildung / spezielles Training zur Leistungssteigerung bzw. -erhaltung) und Erholung für die notwendigen physiologischen Anpassungseffekte verdeutlicht und thematisiert werden. Gleichzeitig wird ersichtlich, dass ein Steigern der Belastbarkeit (durch ein spezifisches Krafttraining etc.) elementar erscheint, da die dargestellten Belastungen im militärischen Alltag extrem hoch, belastend und gleichzeitig sehr komplex sind.

2.2 Military-Fitness-Trainingsprogramme

2.2.1 Anforderungen an Military-Fitness-Trainingsprogramme

Um die Soldaten auf die in Kapitel 2.1 dargestellten Beanspruchungen physisch vorzubereiten, sind spezielle Trainingsmaßnahmen notwendig. Die dargestellten körperlichen Belastungen, die nicht nur im Einsatz selbst, sondern auch in der Ausbildungs- und Vorbereitungsphase abverlangt werden, sind „...in vielerlei Hinsicht mit denen von Spitzensportlern vergleichbar...“ (LISON/HINDER, 2011, S.259), was auch von WYSS et al. (2012) betreffs der energetischen Beanspruchungen bestätigt wurde. Ein gut trainierter Soldat, so führt DIJK (2009) aus, reagiert im Einsatz besser, ist belastbarer und schneller am Einsatzort. Ein gut konditionierter Soldat muss also das Ziel einer jeden Armee sein und spielt demnach eine gewichtige Rolle in der Ausbildung. Eben diese Forderungen unterstreichen die Notwendigkeit eines gezielten, strukturierten und bedarfsgerechten Trainings. DIJK fasst zusammen, dass nur ein physisch fitter Soldat in der Lage ist, schwere Lasten über eine längere Distanz mit geringeren Ermüdungserscheinungen zu tragen. Ein langfristig angelegtes Trainingskonzept mit dem Ziel, die Einsatzfitness zu erhalten und zu optimieren, ist daher auch ein Kernziel des untersuchten Trainingszirkels. EßFELD et al. (2006B) empfehlen dazu eine systematische und

strukturierte Trainingsmaßnahme als Voraussetzung, um körperliche Defizite zu kompensieren und eine adäquate Leistungsfähigkeit der Soldaten aufzubauen.

Zielgerichtete Belastungsintensitäten im Training werden auch von CARLSON/JAENEN (2012) gefordert. Moderate Trainingsintensitäten führten nach DYRSTAD et al. (2006) jedoch nur bei sehr untrainierten Soldaten und jenen mit geringem Leistungsniveau zu Verbesserungen und sollten daher auch nur bei einer solchen Personengruppe Anwendung finden. Weiterhin zeigte diese Forschergruppe eine Abnahme der Trainingshäufigkeit nach der Grundausbildung um ca. 35 %, was den o.g. Forderungen widerspricht und unterbunden werden muss bzw. ein Hinweis auf eine defizitäre Trainingsstruktur nach der Grundausbildung ist.

SAMMITO (2011A, S.90f) postuliert daher ein dauerhaftes Training zur *„...Erlangung (und Erhalt) der infanteristischen Grundfertigkeiten...“* welches gleichzeitig eine geringe Verletzungswahrscheinlichkeit impliziert und geringe *Transferverluste* bedeutet. Er kommt zur Schlussfolgerung, dass *„...jede Maßnahme zur Steigerung der Leistungsfähigkeit von spezifisch militärischen Tätigkeiten (...) jedoch mit einem Transferverlust einher geht, wenn anstelle der eigentlichen militärischen Tätigkeit, zum Beispiel Tragen eines Verwundeten, eine alternative Trainingsmaßnahme, zum Beispiel Krafttraining an Geräten, gewählt wird...“* und definiert damit die Anforderungen an ein *military fitness*-Programm durch die Verwendung von möglichst den realen Anforderungen entsprechenden Trainingsinhalte und -übungen.

Demnach sollte ein Trainingsprogramm für Soldaten alle motorischen Fähigkeiten, typische Bewegungsabläufe und adäquate Intensitätsbereiche beinhalten, die auch im Einsatz auf diese einwirken bzw. von diesen abverlangt werden.

So zählt EßFELD et al. (2006A, S. 7 ff.) folgende Anforderungselemente auf:

- *„...Maximalkraft der Extremitäten und des Rumpfes...“*
- *„...maximale muskuläre Kurzzeitleistungsfähigkeit (Peak Power)...“*
- *„...zyklische und azyklische Bewegungsschnelligkeit...“*
- *„...lokale, muskuläre Ausdauerleistungskomponenten zur Aufrechterhaltung eines Kraftniveaus oder einer hohen Bewegungsgeschwindigkeit...“*
- *„...allgemeine Ausdauerleistungsfähigkeit zur Realisierung einer Dauerleistung, schnellen Leistungsanpassung und insbesondere zur Erholung nach einmaligen oder intervallartigen Belastungen...“*

- „...Koordination, Kontrolle von Körperhaltung und Zielbewegungen (statische und dynamische Gleichgewichtsfähigkeit und Feinkoordination)...“.

Generell lassen sich in Anlehnung an BROWN (2005) für den Bereich *military fitness* folgende Komponenten – die bei allen Soldaten ausgeprägt sein sollten – definieren:

- die motorische Fähigkeit „Ausdauer“

Nach RÖTHIG / PROHL (2003, S. 61) ist „...Ausdauer (...) die Fähigkeit, eine gegebene Belastung ohne nennenswerte Ermüdungsanzeichen über einen möglichst langen Zeitraum aushalten zu können; die Fähigkeit, trotz deutlich eintretender Ermüdungserscheinungen die (...) Tätigkeit bis hin zur individuellen Beanspruchungsgrenze (Extremfall: Erschöpfung) fortsetzen zu können und die Fähigkeit, sich sowohl in Phasen verminderter Beanspruchung als auch in Pausen (...) und nach Abschluss (...) schnell zu regenerieren.“. Wie den in Kapitel 2.1 dargestellten Belastungen (Marschieren mit Traglasten etc.) ersichtlich wurde, ist die Ausdauerleistungsfähigkeit als ein Grundbestandteil der *military fitness* anzusehen. Allein diese motorische Fähigkeit wird jedoch die militärspezifischen Belastungskomponenten (v.a. Traglasten und den hierdurch beschriebenen Belastungen; Kapitel 2.1) nicht kompensieren können, wie RUDZKI (1989) verdeutlicht, der daher die aerobe Ausdauerleistung (gemessen an der VO_{2max}) nicht als ausschlaggebendes Kriterium zur Beurteilung der *military fitness* ansieht.

Diese Belastungsfaktoren (Tragleistung/Marschlast, Bergen von Verwundeten etc.) sind vielmehr von der im Folgenden dargestellten Kraftkomponente limitiert, und sollten demnach in ein Ausdauertrainingsprogramm eingebaut werden. Der intervallartige Belastungscharakter der in dieser Arbeit untersuchten Trainingsmaßnahme bzw. der Trainingsprogrammplanung stellt v.a. an die anaerobe Ausdauer (Kurz-/Mittelzeitausdauer) über einen längeren Zeitraum (insgesamt 15 Belastungsphasen von je 60 – 90 Sekunden Dauer mit 45 Sekunden Pausenintervallen; siehe Grafik 01 und Darstellungen der Kapitel 2.2.3 und 4.3.1) eine hohe metabolische und kardiovaskuläre Anforderung. Ein hohes Maß an anaerober Ausdauer ist ein spezifisches und relevantes Ausbildungs- bzw. Trainingsziel, wie die in Kapitel 2.1 dargestellten Belastungen (Herzfrequenzwerte und Stoffwechselparameter) belegen.

- die motorische Fähigkeit „Kraft“

Die bei den in Kapitel 2.1 beschriebenen Belastungen (Traglasten, Fallschirmlande-
fall etc.) erfordernde muskuläre Arbeit ist von der Höhe der individuell leistba-
ren Kraftfähigkeit abhängig. Die Maximalkraft ist die höchste Kraft, die das neu-
romuskuläre System bei einer maximalen willkürlichen Kontraktion gegen einen
unüberwindlichen Gegenstand isometrisch entfalten kann und wird als Kraftma-
ximum bezeichnet (SCHMIDTBLEICHER, 2003A). Unabhängig hiervon wird stets
nur ein Teil aller Muskelfasern des jeweiligen Muskels willkürlich aktiviert –
hierbei wird der individuelle Trainingsstatus bzw. Leistungsfähigkeit deutlich.
Eine untrainierte Person ist in der Lage ca. 70 % seiner Maximalkraft zu aktivie-
ren, bis zu 95 % kann jedoch bei einer (hoch)trainierten Person nach gezieltem
Training innerviert werden (GÜLLICH / SCHMIDTBLEICHER 1999). Je höher
die individuelle *Maximalkraft*, desto höher sind die untergeordneten Leistungs-
spektren in den Bereichen *Kraftausdauer*, *Schnellkraft* und *Explosivkraft* ausgeprägt
– demnach sind die militärspezifischen körperlichen Anforderungen von der Hö-
he der *Maximalkraft* abhängig. Die Einflussfaktoren der Maximalkraftfähigkeit,
bzw. deren Dimensionen sind nach BÜHRLE (1989) der Muskelquerschnitt, die
Muskelqualität (Muskelfaserzusammensetzung) sowie die nervale Aktivierung
(intramuskuläre Koordination durch Muskelfaserrekrutierung, -frequentierung
und -synchronisation). Die *Maximalkraft* wird untergliedert in die Teilfähigkeiten
Schnellkraft, *Reaktivkraft* und *Explosivkraft*. *Schnellkraft* ist die Fähigkeit des neuro-
muskulären Systems, einen möglichst großen Impuls (Kraftstoß) innerhalb einer
verfügbaren Zeit zu entfalten (GÜLLICH / SCHMIDTBLEICHER, 1999). Diese
Größe ist durch die Impulsdauer, die Steilheit des Kraftanstieges und durch die
Höhe des realisierten Kraftmaximums bestimmt. Da in den meisten Situationen
(bspw. Überwinden einer kurzen Wegstecke in maximalem Tempo bei gleichzei-
tigem Mitführen von Ausrüstungslasten; vgl. Beobachtungen u.a. von ROHDE et
al. 2007; siehe Kapitel 2.1) die Impulsdauer bzw. der Beschleunigungsweg be-
grenzt ist, sind die hauptsächlichen Einflussgrößen der *Schnellkraft* das Kraftma-
ximum und der -anstieg. Der Kraftanstieg ist beschrieben als die Kraftzunahme
pro Zeiteinheit, der wiederum durch die *Explosivkraft* erzeugt wird. Physiologisch
betrachtet handelt es sich um die Fähigkeit zur schnellen Kontraktion, deren Vor-
aussetzung die Synchronisation der motorischen Einheiten ist. Die *Explosivkraft* ist
darüber hinaus abhängig von der Muskelfaserstruktur, d.h. der Verteilung von
schnell- und langsamzuckenden Fasern im beteiligten Muskel. Ein hoher Anteil
an Typ-II Fasern (schnell zuckend, hohes Kraftpotential, schnelle Ermüdbarkeit)
ist eine Voraussetzung für eine hohe *Explosivkraft*. Diese wird umso wichtiger, je