ANALYSE EINES PROGRAMMS ZUR FÖRDERUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON EUROFIGHTER-PILOTEN DER BUNDESWEHR

FABIAN HAUSER

2020

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Humanwissenschaften der Universität der Bundeswehr München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Philosophie

genehmigten Dissertation.

Gutachter/Gutachterin:

1. PD Dr. Andreas Schlattmann
2. Prof. Dr. Annette Schmidt

Die Dissertation wurde am 08. Januar 2020 bei der Universität der Bundeswehr München eingereicht und durch die Fakultät für Humanwissenschaften angenommen. Die mündliche Prüfung fand am 08. Septmeber 2020 statt.

ABSTRACT

Einleitung: Die Einführung von High-Performance-Kampfflugzeugen führte neben Veränderungen der operativen Kriegsführung zu noch nie da gewesenen Beschleunigungskräften, welche dreidimensional auf den menschlichen Körper wirken. Eines der größten Probleme stellt dabei die Überlastung der cervikalen Muskulatur von Kampfpiloten dar. Mehr als die Hälfte aller Kampfpiloten litten bereits an cervikalen oder lumbalen Beschwerden, welche häufig zu eingeschränkten Flugleistungen oder sogar zu Flugverboten und damit zu Flugausfallzeiten führten. Ziel dieser Arbeit ist es, das bereits implementierte Programm „Human Performance Enhancement HPE“ (inzwischen in „Human Performance Optimization HPO“ umbenannt) am Beispiel eines Modellverbandes mittels quasi-experimenteller, ex-post Längsschnittanalyse auf dessen Wirksamkeit zu untersuchen.

Methode: Verschiedenste physische- und psychische Variablen werden bei drei Untersuchungsgruppen betrachtet. Experimentalgruppe (EG) 1 (Eurofighter-Piloten), EG 2 (Tornado-Piloten) und Kontrollgruppe (KG) (Soldaten) mit je 25 Teilnehmern werden an drei Testzeitpunkten binnen eines Jahres auf ihre psycho-physische Leistungsfähigkeit getestet. Alle Trainings-/Therapieeinheiten im Rahmen von HPE werden durch das Durchführungspersonal dokumentiert und kategorisiert. Die wichtigsten Hypothesen im Überblick:

(1) Die physische und psychische Leistungsfähigkeit erhöht sich im Untersuchungsverlauf in Abhängigkeit eines Treatments (Interventionsprogramm HPE) bei Kampfpiloten stärker als bei Nicht-Piloten.

(2) Die Faktoren cervikale Maximalkraft und Trainings-Therapiehäufigkeit HPE haben einen positiven Einfluss auf die orthopädisch bedingten Flugausfallzeiten und stellen Prädiktoren dieser dar.

Inferenzstatistische Analysen unterliegen einem Signifikanzniveau von $\alpha = .05$. Unterschiede werden mittels *t*-Tests bei verbundenen- sowie bei unabhängigen Stichproben geprüft und Varianzanalysen mit Messwiederholung auf einem Faktor durchgeführt. Korrelationsanalysen nach Pearson und Spearman, sowie Multiple lineare Regressionsanalysen werden angewendet. Beziehungen, Unterschiede und Interaktionseffekte werden mit Effektstärken ausgewiesen.

Ergebnisse: Die EG unterscheidet sich weder zu Beginn, noch zu Ende der Untersuchung in einer der betrachteten physischen und psychischen Variablen von der KG. Die 2-faktoriellen Varianzanalysen mit Messwiederholung zeigen bei keiner Variablen einen statistisch signifikanten Haupteffekt aufgrund der Teilnahme an Interventionsmaßnahmen im Rahmen von HPE. Korrelationsanalysen zwischen psychischen und physischen Leistungsparametern zeigen keine statistisch signifikanten Beziehungen. Multiple lineare Regressionsanalysen deuten darauf hin, dass die Rumpfkraft-Ausdauer und Trainings-/Therapiehäufigkeit im Rahmen von HPE die einflussreichsten Prädiktoren für Flugausfallzeiten darstellen. Durch dieses statistisch signifikante Modell werden 50 Prozent der Varianz in den Flugausfallzeiten aufgeklärt, welche auf orthopädische Einschränkungen zurückzuführen sind. Das Modell deutet an, dass durch eine Erhöhung der Trainings-/Therapiehäufigkeit HPE eines Piloten um 18,5 Stunden ein wirtschaftlicher Schaden in Höhe von 60.000 Euro abgewendet werden könnte.

Schlussfolgerungen: Die vorliegende Arbeit liefert Erkenntnisse für das Bundesministerium der Verteidigung und alle unterstellen fliegenden Verbände der Bundeswehr. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass durch die Teilnahme an Interventionsmaßnahmen im Rahmen von HPE immense wirtschaftliche Schäden für die Bundesrepublik Deutschland vermieden werden können. HPE hat einen entscheidenden Einfluss auf die Einsatzbereitschaft der Kampfpiloten, indem die Funktionsfitness der Piloten gesteigert und die orthopädisch bedingten Flugausfallzeiten reduziert werden.

Introduction: The introduction of high-performance fighter aircraft has led to changes in operational warfare and to unprecedented acceleration forces that have a three-dimensional effect on the human body. One of the biggest problems is the overloading of the cervical muscles of fighter pilots. More than half of all fighter pilots already suffered from cervical or lumbar complaints, which often led to limited flight performance or even to flight bans and thus to flight cancellations. The aim of this thesis is to examine the already implemented program "Human Performance Enhancement HPE" (meanwhile renamed "Human Performance Optimization HPO") with the example of a model association by means of quasi-experimental, ex-post longitudinal analysis for its effectiveness.

Methods: Various physical and mental variables are considered in three study groups. Experimental group (EG) 1 (Eurofighter pilots), EG 2 (Tornado pilots) and control group

(KG) (soldiers) with 25 participants each are tested for their psycho-physical performance at three test points within one year. All training/therapy units within the framework of HPE are documented and categorized by the execution personnel. The most important hypotheses at a glance:

(1) Physical and mental performance increases more strongly in fighter pilots than in non-pilots during the course of the examination depending on a treatment (HPE intervention program).

(2) The factors cervical strength and training/therapy frequency HPE have a positive influence on orthopedically induced flight downtimes and are predictors of these.

Inferential statistical analyses are subject to a significance level of $\alpha = .05$. Differences are checked by means of *t*-tests for combined and independent samples and variance analyses with repeated measurements on one factor are performed. Correlation analyses by Pearson and Spearman, as well as multiple linear regression analyses are applied. Relationships, differences and interaction effects are shown with effect sizes.

Results: The EG differs from the KG neither at the beginning nor at the end of the investigation in one of the physical and psychological variables considered. The 2-factorial variance analyses with repeated measurements do not show a statistically significant main effect in any variable due to participation in interventions in the context of HPE. Correlation analyses between mental and physical performance parameters do not show statistically significant relationships. Multiple linear regression analyses suggest that fuselage strength endurance and training/therapy frequency in HPE are the most influential predictors of flight downtime. This statistically significant model reveals 50 percent of the variance in flight downtime due to orthopedic limitations. The model suggests that an increase in the training/therapy frequency HPE of a pilot by 18.5 hours could avert economic damage amounting to 60,000 euros.

Conclusions: The present study provides findings for the Federal Ministry of Defence and all flying units of the German Armed Forces. The results indicate that immense economic damage to the Federal Republic of Germany can be avoided by participating in intervention within the framework of HPE. Human Performance Enhancement has a decisive influence on the operational readiness of fighter pilots by increasing their functional fitness and reducing flight downtimes due to orhtopedic reasons.

Für meine Eltern

DANKSAGUNG

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn PD Dr. Andreas Schlattmann, der mich während des gesamten Promotionsvorhabens unterstützt hat. Durch anregende Gespräche und konstruktive Diskussionen gab er mir wichtige Impulse für die Erstellung dieser Arbeit.

Daneben möchte ich mich bei Dr. Roland Nüsse bedanken, der das Forschungsvorhaben im Taktischen Luftwaffengeschwader 31 „Boelcke“ erst ermöglichte, mich stets unterstützte und die personellen Ressourcen für die Datenerhebung zur Verfügung stellte.

Ein weiterer Dank gilt Björn Kramer, Miriam Engels, René Lingscheid, Max Knothe und Stefanie Kaiser, die mich im Rahmen dieses Promotionsprojektes tatkräftig bei der Datenerhebung unterstützt haben.

In diesem Zuge möchte ich allen Versuchsteilnehmern und dabei vor allem den Eurofighter-Piloten des Taktischen Luftwaffengeschwaders 31 „Boelcke“ meinen Dank aussprechen, die bereitwillig an ihre physischen Leistungsgrenzen gegangen sind und sich Zeit für die umfangreichen Untersuchungen genommen haben. Ohne Sie wäre diese Arbeit nicht realisierbar gewesen.

INHALTSVERZEICHNIS

ABBILDUNGSVERZEICHNES **IV**

TABELLENVERZEICHNIS **XIII**

1 EINFÜHRUNG **1**

1.1 Problem- und Zielstellung 1

1.2 Relevanz des Forschungsvorhabens 3

2 THEORETISCHES RAHMENKONZEPT **7**

2.1 Historische Einordnung der menschlichen Leistungsforschung 7

2.2 Theoretische Grundlagen der Belastung und Beanspruchung 10

2.3 Psycho-physische Leistungsfähigkeit im situativen Kontext 18

2.3.1 Systemische und taktische Normgrößen 19

2.3.2 Physische Anforderungen 23

2.3.3 Psychische Anforderungen 29

2.3.4 Erfassung der psycho-physischen Leistungsfähigkeit 30

2.4 Konzept Leistungssteigerung 32

2.4.1 Human Performance Enhancement in der Luftwaffe 32

2.4.2 „Provention“ im Taktischen Luftwaffengeschwader 31 „B“ 35

2.5 Anforderungsprofile 37

2.5.1 Pilot der Bundeswehr 37

2.5.2 Kampfpilot 44

3 STAND DER FORSCHUNG **51**

3.1 Fluginduzierte Nackenschmerzen und Prädiktion 51

3.2 Diagnostik, Intervention und Effekte 69

3.2.1 Physische Leistungsfähigkeit 69

3.2.2 Psychische Leistungsfähigkeit 84

3.3 Technologischer Fortschritt und Muskelaktivitäten 100

3.4 Darstellung der Interventionsprogramme 113
3.4.1 Interventionsprogramme physische Leistungsfähigkeit 113
3.4.2 Interventionsprogramme psychische Leistungsfähigkeit 114
3.5 Darstellung der Messmethoden 115

4 FRAGESTELLUNGEN UND HYPOTHESEN 117

5 EMPIRISCH-METHODISCHER ANSATZ 123
5.1 Psycho-physisches Belastbarkeitskonzept 123
5.2 Untersuchungsdesign 124
5.3 Untersuchungsteilnehmer 128
5.3.1 Experimentalgruppe 129
5.3.2 Kontrollgruppe 130
5.3.3 Treatment 131
5.4 Untersuchungsverfahren 133
5.4.1 Physische Leistungsfähigkeit 135
5.4.2 Psychische Leistungsfähigkeit 155
5.4.3 Grunduntersuchung 158
5.5 Untersuchungsdurchführung 166
5.6 Untersuchungsauswertung 167

6 ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGSGRUPPEN 169
6.1 Beschreibung der Stichprobe 169
6.2 Psycho-physische Leistungsfähigkeit der Gesamtstichprobe 173
6.3 Psycho-physische Leistungsfähigkeit bei zusätzlich erhobenen Variablen der EG 183
6.4 Unterschiede der psycho-physischen Leistungsfähigkeit im Vorher-Nachher Vergleich 201
6.5 Unterschiede der psycho-physischen Leistungsfähigkeit im Vorher-Nachher Vergleich bei den zusätzlich erhobenen Variablen der EG 219
6.6 Beziehung zwischen physischen und psychischen Leistungsparametern 228
6.7 Einflüsse auf verletzungsbedingte Flugausfallzeit 232

7 DISKUSSION 235

8 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN 244

9 ZUSAMMENFASSUNG 245

10 LITERATURVERZEICHNIS 247

ANHANG 264

Anhang A: Deskriptive Analysen 264
Anhang B: Deskriptive Analysen der zusätzlichen Variablen EG 280
Anhang C: Fragebogen zur sportlichen Aktivität 292
Anhang D: Fragebogen Resilienz Skala RS-13 293
Anhang E: Fragebogen Selbstwirksamkeitserwartung SWE-10 297
Anhang F: Anamnesebogen zur Grunduntersuchung HPE 299
Anhang G: Untersuchungsbogen zur Grunduntersuchung HPE 305
Anhang H: Ausgangs- und Endpositionen der Maximalkraftmessungen 319
Anhang J: Einwilligungserklärung 324

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1	Struktureller Aufbau der Arbeit	6
Abbildung 2	Grundschema der motorischen Beanspruchungsformen (nach Hollmann & Strüder, 2009, S. 140)	10
Abbildung 3	Phänomenorientiertes Belastungs-Beanspruchungs-Konzept (nach Olivier et al., 2008, S. 25)	12
Abbildung 4	Training als biologische Ursache-Wirkungs-Kette (nach Zintl & Eisenhut, 2009, S. 14)	15
Abbildung 5	Zusammenspiel der Komponenten zum „Mission Effect“ (nach Krammel, 2002, S. 48)	18
Abbildung 6	Allgemeine Durchschnittswerte für Beschleunigungswirkungen (nach Farsch, 2010, S. 90)	26
Abbildung 7	Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen der Akzeptanzanalyse (Buld, 2000, S. 132)	39
Abbildung 8	Darstellung des Belastungsprofils, unterteilt in Häufigkeit und kennzeichnende Eigenschaft (Buld, 2000, S. 142)	40
Abbildung 9	Beanspruchungsprofile, dargestellt nach Luftfahrzeugtyp („-4 = nicht anstrengend“; „4 = sehr anstrengend“) (Buld, 2000, S. 148)	41
Abbildung 10	Anforderungsprofil mit Mittelwerten und Standardabweichungen (N = 26)	48
Abbildung 11	Auswahl der Konstrukte des psycho-physischen Belastbarkeitskonzepts	124
Abbildung 12	Untersuchungsdesign	125
Abbildung 13	Untersuchungsverlauf EG	134
Abbildung 14	Untersuchungsverlauf KG	135
Abbildung 15	Gleichgewichtstest „Einbeinstand“ (links: Augen geöffnet; rechts: Augen geschlossen)	136
Abbildung 16	Bildschirmvisualisierung der MFT Challenge Disc	137
Abbildung 17	Koordinationsboard MFT Challenge Disc (links: Proband bei Testung; rechts: MFT Challenge Disc)	138

Abbildung 18	Functional Movement Screen, Subtest „Deep Squat“	140
Abbildung 19	Functional Movement Screen, Subtest „Hurdle Step“	141
Abbildung 20	Functional Movement Screen, Subtest „Inline Lunge“	142
Abbildung 21	Functional Movement Screen, Subtest „Shoulder Mobility“	143
Abbildung 22	Functional Movement Screen, Subtest „Active Straight Leg Raise“	144
Abbildung 23	Functional Movement Screen, Subtest „Trunk Stability Push Up“	145
Abbildung 24	Functional Movement Screen, Subtest „Rotary Stability“	146
Abbildung 25	Magglinger Test, Subtest „Ventrale Kette“	148
Abbildung 26	Magglinger Test, Subtest „Laterale Kette“	149
Abbildung 27	Magglinger Test, Subtest „Dorsale Kette“	150
Abbildung 28	Basis-Fitness-Test (links: Pendellauf, rechts: Klimmhang)	151
Abbildung 29	Exemplarische Kraftkurve thorakale Extension	159
Abbildung 30	Bildschirmaufnahme der isometrischen Kraftausdauer-messung mithilfe eines simulierten Flugprofils	162
Abbildung 31	Spiroergometrie auf Fahrradergometer Schiller CS-200 mit Cortex MetaMax 3B	165
Abbildung 32	Auswertedesign	168
Abbildung 33	Alter [Jahre] zum Zeitpunkt t_0 (N = 41)	169
Abbildung 34	Körpergröße [cm] (N = 41)	170
Abbildung 35	Körpergewicht [kg] zum Zeitpunkt t_0 (N = 41)	170
Abbildung 36	Sportliche Aktivität pro Woche zwischen t_0 und t_2 [Std./W.] (N = 41)	171
Abbildung 37	Body-Mass-Index zum Zeitpunkt t_0 (N = 41)	171
Abbildung 38	Waist-to-Hip-Ratio zum Zeitpunkt t_0 (N = 41)	172
Abbildung 39	Koordinationsfähigkeit zum Zeitpunkt t_0 (N = 41)	173

Abbildung 40	Funktionelle Bewegungsmuster zum Zeitpunkt t_0 (*N* = 41)	174
Abbildung 41	Rumpfkraft-Ausdauer zum Zeitpunkt t_0 (*N* = 41)	175
Abbildung 42	Schnelligkeit zum Zeitpunkt t_0 (*N* = 41)	176
Abbildung 43	Kraft zum Zeitpunkt t_0 (*N* = 41)	176
Abbildung 44	Ausdauerleistungsfähigkeit zum Zeitpunkt t_0 (*N* = 41)	177
Abbildung 45	Basis-Fitness-Test zum Zeitpunkt t_0 (*N* = 41)	178
Abbildung 46	Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung zum Zeitpunkt t_0 (*N* = 41)	179
Abbildung 47	Resilienz zum Zeitpunkt t_0 (*N* = 41)	179
Abbildung 48	Flugstunden [Std] zum Zeitpunkt t_0 (*n* = 18)	183
Abbildung 49	Krankheitsbedingte Flugausfallzeiten [Tage] zwischen t_0 und t_2 (*n* = 18)	184
Abbildung 50	Verletzungsbedingte Flugausfallzeiten [Tage] zwischen t_0 und t_2 (*n* = 18)	185
Abbildung 51	Durchschnittliche Häufigkeit der Trainings-/Therapieart HPE zwischen t_0 und t_2 [Std.] (*n* = 18)	185
Abbildung 52	Durchschnittliche Trainings-/Therapieart HPE pro Woche zwischen t_0 und t_2 [Std.] (*n* = 18)	186
Abbildung 53	Maximalkraft thorakale Extension zum Zeitpunkt t_0 (*n* = 18)	187
Abbildung 54	Maximalkraft thorakale Flexion zum Zeitpunkt t_0 (*n* = 18)	187
Abbildung 55	Maximalkraft thorakale Lateralflexion rechts zum Zeitpunkt t_0 (*n* = 18)	188
Abbildung 56	Maximalkraft thorakale Lateralflexion links zum Zeitpunkt t_0 (*n* = 18)	188
Abbildung 57	Maximalkraft thorakale Rotation rechts zum Zeitpunkt t_0 (*n* = 18)	189
Abbildung 58	Maximalkraft thorakale Rotation links zum Zeitpunkt t_0 (*n* = 18)	190

Abbildung 59	Maximalkraft cervikale Extension zum Zeitpunkt t_0 (n = 18)	191
Abbildung 60	Maximalkraft cervikale Flexion zum Zeitpunkt t_0 (n = 18)	191
Abbildung 61	Maximalkraft cervikale Lateralflexion rechts zum Zeitpunkt t_0 (n = 18)	192
Abbildung 62	Maximalkraft cervikale Lateralflexion links zum Zeitpunkt t_0 (n = 18)	192
Abbildung 63	Maximalkraft cervikale Rotation rechts zum Zeitpunkt t_0 (n = 18)	193
Abbildung 64	Maximalkraft cervikale Rotation links zum Zeitpunkt t_0 (n = 18)	194
Abbildung 65	Durchgehaltene simulierte Flugmanöver zum Zeitpunkt t_0 (n = 18)	194
Abbildung 66	ROM thorakale Rotation rechts zum Zeitpunkt t_0 (n = 18)	195
Abbildung 67	ROM thorakale Rotation links zum Zeitpunkt t_0 (n = 18)	195
Abbildung 68	ROM cervikale Rotation rechts zum Zeitpunkt t_0 (n = 18)	196
Abbildung 69	ROM cervikale Rotation links zum Zeitpunkt t_0 (n = 18)	197
Abbildung 70	Funktionelle Bewegungsmuster [Punkte] zum Zeitpunkt t_0 und t_2 (N = 41)	201
Abbildung 71	Veränderung funktionelle Bewegungsmuster [Punkte] in Abhängigkeit vom Treatment	202
Abbildung 72	Koordinationsfähigkeit [Punkte] zum Zeitpunkt t_0 und t_2 (N = 41)	203
Abbildung 73	Veränderung der Koordinationsfähigkeit [Punkte] in Abhängigkeit vom Treatment	204
Abbildung 74	Rumpfkraft-Ausdauer [sec] zum Zeitpunkt t_0 und t_2 (N = 41)	205
Abbildung 75	Veränderung der Rumpfkraft-Ausdauer [sec] in Abhängigkeit vom Treatment	206
Abbildung 76	Schnelligkeit [Punkte] zum Zeitpunkt t_0 und t_2 (N = 41)	207

Abbildung 77	Veränderung der Schnelligkeit [Punkte] in Abhängigkeit vom Treatment	208
Abbildung 78	Kraftfähigkeit [Punkte] zum Zeitpunkt t_0 und t_2 (*N* = 41)	209
Abbildung 79	Veränderung der Kraftfähigkeit [Punkte] in Abhängigkeit vom Treatment	210
Abbildung 80	Ausdauerleistungsfähigkeit [Punkte] zum Zeitpunkt t_0 und t_2 (*N* = 41)	211
Abbildung 81	Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit [Punkte] in Abhängigkeit vom Treatment	212
Abbildung 82	Basis-Fitness [Punkte] zum Zeitpunkt t_0 und t_2 (*N* = 41)	213
Abbildung 83	Veränderung der Basis-Fitness [Punkte] in Abhängigkeit vom Treatment	214
Abbildung 84	Resilienz [Punkte] zum Zeitpunkt t_0 und t_2 (*N* = 41)	215
Abbildung 85	Veränderung der Resilienz [Punkte] in Abhängigkeit vom Treatment	216
Abbildung 86	Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung [Punkte] zum Zeitpunkt t_0 und t_2 (*N* = 41)	217
Abbildung 87	Veränderung der allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung [Punkte] in Abhängigkeit vom Treatment	218
Abbildung 88	Maximalkraft thorakale Extension/Flexion [nm] zum Zeitpunkt t_0 (*n* = 18)	219
Abbildung 89	Veränderung der Maximalkraft thorakale Extension/Flexion [nm] (*n* = 18)	220
Abbildung 90	Maximalkraft thorakale Lateralflexion rechts/links [nm] zum Zeitpunkt t_0 (*n* = 18)	220
Abbildung 91	Veränderung der Maximalkraft thorakale Lateralflexion [nm] (*n* = 18)	221
Abbildung 92	Maximalkraft thorakale Rotation rechts/links [nm] zum Zeitpunkt t_0 (*n* = 18)	222
Abbildung 93	Veränderung der Maximalkraft thorakale Rotation [nm] (*n* = 18)	222

Abbildung 94	Maximalkraft cervikale Extension/Flexion [nm] zum Zeit-punkt t_0 (*n* = 18)	223
Abbildung 95	Veränderung der Maximalkraft cervikale Extension/Flexion [nm] (*n* = 18)	223
Abbildung 96	Maximalkraft cervikale Lateralflexion rechts/links [nm] zum Zeitpunkt t_0 (*n* = 18).	224
Abbildung 97	Veränderung der Maximalkraft cervikale Lateralflexion [nm] (*n* = 18)	225
Abbildung 98	Maximalkraft cervikale Rotation rechts/links [nm] zum Zeit-punkt t_0 (*n* = 18)	225
Abbildung 99	Veränderung der Maximalkraft cervikale Rotation [nm] (*n* = 18)	226
Abbildung 100	Maximaler Bewegungsumfang thorakale Rotation [°] zum Zeitpunkt t_0 (*n* = 18)	226
Abbildung 101	Veränderung ROM thorakale Rotation [°] (*n* = 18)	227
Abbildung 102	Maximale ROM cervikale Rotation [°] zum Zeitpunkt t_0 (*n* = 18)	227
Abbildung 103	Veränderung des maximalen Bewegungsumfangs cervikale Rotation [°] (*n* = 18)	228
Abbildung 104	Ausgangsmodell der Regressionsgleichung zur Analyse des Einflusses verschiedener unabhängiger Variablen auf die Flugausfallzeit	232
Abbildung A105	Alter [Jahre]	264
Abbildung A106	Körpergröße [cm]	264
Abbildung A107	Geschlechterverteilung	265
Abbildung A108	Sportliche Aktivität pro Woche zwischen t_0 und t_2 [Std.]	265
Abbildung A109	Body-Mass-Index [kg/m²] (*N* = 34)	266
Abbildung A110	Veränderung Body-Mass-Index [kg/m²] (*N* = 34)	266
Abbildung A111	Waist-to-Hip-Ratio (*N* = 34)	267
Abbildung A112	Veränderung Waist-to-Hip-Ratio (*N* = 34)	267

Abbildung A113	Koordinationsfähigkeit [Punkte] (*N* = 34)	268
Abbildung A114	Veränderung Koordinationsfähigkeit [Punkte] (*N* = 34)	268
Abbildung A115	Funktionelle Bewegungsmuster [Punkte] (*N* = 34)	269
Abbildung A116	Veränderung Funktionelle Bewegungsmuster [Punkte] (*N* = 34)	269
Abbildung A117	Rumpfkraft-Ausdauer [sec] (*N* = 34)	270
Abbildung A118	Veränderung Rumpfkraft-Ausdauer [sec] (*N* = 34)	270
Abbildung A119	Schnelligkeit [Punkte] (*N* = 34)	271
Abbildung A120	Veränderung Schnelligkeit [Punkte] (*N* = 34)	271
Abbildung A121	Kraft [Punkte] (*N* = 34)	272
Abbildung A122	Veränderung Kraft [Punkte] (*N* = 34)	272
Abbildung A123	Ausdauerleistungsfähigkeit [Punkte] (*N* = 34)	273
Abbildung A124	Veränderung Ausdauerleistungsfähigkeit [Punkte] (*N* = 34)	273
Abbildung A125	Basis-Fitness-Test [Punkte] (*N* = 34)	274
Abbildung A126	Veränderung Basis-Fitness-Test [Punkte] (*N* = 34)	274
Abbildung A127	Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung [Punkte] (*N* = 34)	275
Abbildung A128	Veränderung Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung [Punkte] (*N* = 34)	275
Abbildung A129	Resilienz [Punkte] (*N* = 34)	276
Abbildung A130	Veränderung Resilienz [Punkte] (*N* = 34)	276
Abbildung A131	Veränderung Maximalkraft thorakale Extension [nm]	280
Abbildung A132	Veränderung Maximalkraft thorakale Flexion [nm]	280
Abbildung A133	Veränderung Maximalkraft thorakale Rotation rechts [nm]	281
Abbildung A134	Veränderung Maximalkraft thorakale Rotation links [nm]	281

Abbildung A135	Veränderung Maximalkraft thorakale Lateralflexion rechts [nm]	282
Abbildung A136	Veränderung Maximalkraft thorakale Lateralflexion links [nm]	282
Abbildung A137	Veränderung Maximalkraft cervikale Extension [nm]	283
Abbildung A138	Veränderung Maximalkraft cervikale Flexion [nm]	283
Abbildung A139	Veränderung Maximalkraft cervikale Lateralflexion rechts [nm]	284
Abbildung A140	Veränderung Maximalkraft cervikale Lateralflexion links [nm]	284
Abbildung A141	Veränderung Maximalkraft cervikale Rotation rechts [nm]	285
Abbildung A142	Veränderung Maximalkraft cervikale Rotation links [nm]	285
Abbildung A143	Veränderung Bewegungsumfang thorakale Rotation rechts [°]	286
Abbildung A144	Veränderung Bewegungsumfang thorakale Rotation links [°]	286
Abbildung A145	Veränderung Bewegungsumfang cervikale Rotation rechts [°]	287
Abbildung A146	Veränderung Bewegungsumfang cervikale Rotation links [°]	287
Abbildung A147	Veränderung simulierte Flugmanöver [n]	288
Abbildung A148	Trainings-/Therapieeinheiten zwischen t_0 und t_2 [Std.]	289
Abbildung A149	Trainings-/Therapieeinheiten zwischen t_0 und t_2 pro Woche [Std.]	289
Abbildung A150	Maximalkraftmessung lumbale/thorakale Extension	319
Abbildung A151	Maximalkraftmessung lumbale/thorakale Flexion	319
Abbildung A152	Maximalkraftmessung lumbale/thorakale Rotation	320
Abbildung A153	Maximalkraftmessung lumbale/thorakale Lateralflexion	320
Abbildung A154	Maximalkraftmessung cervikale Extension	321

Abbildung A155 Maximalkraftmessung cervikale Flexion 321

Abbildung A156 Maximalkraftmessung cervikale Lateralflexion rechts 322

Abbildung A157 Maximalkraftmessung cervikale Lateralflexion links 322

Abbildung A158 Maximalkraftmessung cervikale Rotation 323

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1	Zeitlicher Ablauf Standardflug	22
Tabelle 2	Auflistung der Kompetenzen/Anforderungen	45
Tabelle 3	Kompetenzen/Anforderungen bei der Vor- und Nachbereitung eines Fluges	46
Tabelle 4	Kompetenzen/Anforderungen während des Fluges	46
Tabelle 5	Kompetenzen/Anforderungen bei „nicht-fliegen“	46
Tabelle 6	Zusammenfassung der Kompetenzen/Anforderungen zu Schlüsselkompetenzen der Kategorie „mental-kognitiv“	47
Tabelle 7	Zusammenfassung der Kompetenzen/Anforderungen zu Schlüsselkompetenzen der Kategorie „sozio-ökologisch“	47
Tabelle 8	Zusammenfassung der Kompetenzen/Anforderungen zu Schlüsselkompetenzen der Kategorie „bio-physisch“	48
Tabelle 9	Merkmalausprägungen mit Mittelwerten und Standard-abweichungen (N = 26)	49
Tabelle 10	Überblick Forschungsstand fluginduzierte Nackenschmerzen und Prädiktion	53
Tabelle 11	Überblick Forschungsstand fluginduzierte Nackenschmerzen und Prädiktion (Fortsetzung 1)	54
Tabelle 12	Überblick Forschungsstand fluginduzierte Nackenschmerzen und Prädiktion (Fortsetzung 2)	55
Tabelle 13	Überblick Forschungsstand Diagnostik, Intervention und Effekte physischer Leistungsfähigkeit	72
Tabelle 14	Überblick Forschungsstand Diagnostik, Intervention und Effekte physischer Leistungsfähigkeit (Fortsetzung)	73
Tabelle 15	Überblick Forschungsstand Diagnostik, Intervention und Effekte psysischer Leistungsfähigkeit	87
Tabelle 16	Überblick Forschungsstand Diagnostik, Intervention und Effekte psychischer Leistungsfähigkeit (Fortsetzung 1)	88

Tabelle 17	Überblick Forschungsstand Diagnostik, Intervention und Effekte psychischer Leistungsfähigkeit (Fortsetzung 2)	89
Tabelle 18	Überblick Forschungsstand Technologischer Fortschritt und Muskelaktivitäten	104
Tabelle 19	Überblick Forschungsstand Technologischer Fortschritt und Muskelaktivitäten (Fortsetzung)	105
Tabelle 20	Übersicht der verwendeten Messinstrumente	115
Tabelle 21	Übersicht der verwendeten Messinstrumente (Fortsetzung)	116
Tabelle 22	Variablen der Gesamtstichprobe	126
Tabelle 23	Gestaltungsaspekte der vorliegenden Analyse	127
Tabelle 24	Zusätzliche Inhalte der Grunduntersuchung	133
Tabelle 25	Überblick der angewandten Verfahren zur Erfassung der psychischen Leistungsfähigkeit	155
Tabelle 26	Belastungsdauer, -intensität und -pausen des simulierten Flugprofils	162
Tabelle 27	Referenzwerttabelle	163
Tabelle 28	Statistische Kennwerte der Variablen für die Gesamtstichprobe (N = 41)	180
Tabelle 29	Statistische Kennwerte der Variablen für die EG (n = 18)	181
Tabelle 30	Statistische Kennwerte der Variablen für die KG (n = 23)	182
Tabelle 31	Leistungsdaten des Belastungs-EKG mit spiroergometrischer Untersuchung (n = 15)	198
Tabelle 32	Statistische Kennwerte der zusätzlichen Variablen der EG (n = 18)	199
Tabelle 33	Fortsetzung Statistische Kennwerte der zusätzlichen Variablen der EG (n = 18)	200
Tabelle 34	Statistische Kennwerte der in Anspruch genommenen Trainings- und Therapiestunden der EG (n = 18)	200
Tabelle 35	2-faktorielle Varianzanalyse der Variable „funktionelle Bewegungsmuster“ (N = 41)	202

Tabelle 36	2-faktorielle Varianzanalyse der Variable „Koordinationsfähigkeit“ (*N* = 41)	204
Tabelle 37	2-faktorielle Varianzanalyse der Variable „Rumpfkraft-Ausdauer“ (*N* = 41)	206
Tabelle 38	2-faktorielle Varianzanalyse der Variable „Schnelligkeit“ (*N* = 41)	208
Tabelle 39	2-faktorielle Varianzanalyse der Variable „Kraft“ (*N* = 41)	210
Tabelle 40	2-faktorielle Varianzanalyse der Variable „Ausdauerleistungsfähigkeit“ (*N* = 41)	212
Tabelle 41	2-faktorielle Varianzanalyse der Variable „Basis-Fitness“ (*N* = 41)	214
Tabelle 42	2-faktorielle Varianzanalyse der Variable „Resilienz“ (*N* = 41)	216
Tabelle 43	2-faktorielle Varianzanalyse der Variable „Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung“ (*N* = 41)	218
Tabelle 44	Zusammenhänge zwischen Resilienz und physischen Variablen (*N* = 41)	229
Tabelle 45	Zusammenhänge zwischen allgemeiner Selbstwirksamkeitserwartung und physischen Variablen (*N* = 41)	229
Tabelle 46	Interkorrelation der Parameter der physischen Leistungsfähigkeit (*N* = 41)	230
Tabelle 47	Zusammenhang zwischen personenbezogenen Parametern und der physischen Leistungsfähigkeit (*N* = 41)	231
Tabelle 48	Zusammenhang zwischen personenbezogenen Parametern und der psychischen Leistungsfähigkeit (*N* = 41)	231
Tabelle 49	Korrelationskoeffizienten der multiplen linearen Regressionsanalyse (*n* = 18)	233
Tabelle 50	Varianzanalyse der multiplen linearen Regressionsanalyse (*n* = 18)	233
Tabelle 51	Koeffizienten der multiplen linearen Regressionsanalyse (*n* = 18)	234
Tabelle A52	Übersichtstabelle der Variablen für die Gesamtstichprobe (*N* = 34)	277

Tabelle A53	Übersichtstabelle der Variablen für EG (*n* = 11)	278
Tabelle A54	Übersichtstabelle der Variablen für KG (*n* = 23)	279
Tabelle A55	Übersichtstabelle der zusätzlichen Variablen der EG (*n* = 11)	290
Tabelle A56	Fortsetzung Übersichtstabelle der zusätzlichen Variablen der EG (*n* = 11)	291
Tabelle A57	Übersichtstabelle der in Anspruch genommenen Trainings- und Therapiestunden der EG (*n* = 11)	291
Tabelle A58	Normwerte der RS-13	294
Tabelle A59	Gütekriterien der Resilienz-Skalen	294
Tabelle A60	Altersspezifische Normwerte SWE-10	298

1 EINFÜHRUNG

1.1 Problem- und Zielstellung

Im Zuge des unaufhaltsamen technologischen Fortschritts muss sich die Bundeswehr, genau wie andere Unternehmen, auf Modernisierungen einlassen, um sowohl national, aber vor allem auch international handlungsfähig zu bleiben. Ohne die Einführung neuer Verteidigungssysteme wäre die Bundesrepublik Deutschland außenpolitisch wohl in wenigen Jahren handlungsunfähig. Betrachtet man den Grundauftrag der Bundeswehr, Deutschlands Bürgerinnen und Bürger zu schützen, sowie die außenpolitische Handlungsfähigkeit der Republik zu gewährleisten (vgl. BMVg, 2011, S. 11), wird der hohe Stellenwert einer kontinuierlichen Verbesserung deutlich. Die kontinuierliche Verbesserung ist ein fortschreitender Prozess, welcher auf einem Zustand gründet, den es zu verbessern gilt. Die Durchführung dieser Veränderung mit dem anschließenden Soll-Ist-Abgleich und der daraus resultierenden Anpassung aufgrund der festgestellten Diskrepanz, wird als kontinuierlicher Verbesserungsprozess beschrieben (Deming, 1982).

Führt man sich die Entwicklungen neuer Waffensysteme des 21. Jahrhunderts vor Augen, welche meist aus Konfrontationen mit neuartigen Bedrohungen resultieren, so scheint es, als habe der technologische Fortschritt noch lange nicht seinen Endpunkt erreicht. Obwohl diese Tatsache aus militärischer Sicht im Kampf gegen aktuelle Bedrohungen sicherlich wünschenswert wäre, gibt es bei einer Vielzahl der Entwicklungen einen zentralen limitierenden Faktor: den Faktor Mensch.

Die Limitierung durch den Faktor Mensch wird besonders in der Luftfahrt deutlich. Die dreidimensional wirkenden Beschleunigungskräfte können durch den menschlichen Körper nur bedingt kompensiert werden, bevor es zu einem Bewusstseinsverlust kommt (vgl. Kapitel 2.3.2.1). Mit der Indienststellung des Mehrzweckkampfflugzeuges Eurofighter im Jahr 2011, nahmen die Anforderungen an die psychische und physische Leistungsfähigkeit der Kampfpiloten im Vergleich zu denen im Panavia 200 Tornado, welcher 1981 in Dienst gestellt wurde, erheblich zu. Die dreidimensional wirkenden Beschleunigungskräfte werden mit „G_z“ beschrieben, welche als vielfaches der Fallbeschleunigung dargestellt werden. Der Panavia 200 Tornado kann eine Manövrierbeschleunigung von bis zu +5 G_z realisieren, was einer fünffachen Fallbeschleunigung entspricht. Der Eurofighter wurde als Jäger konzipiert und ist somit schneller und wendiger,

was für den Piloten eine erhöhte Belastung von bis zu +9 G_z bedeuten kann. Um diese erhöhten Beschleunigungskräfte kompensieren zu können, ist eine höhere physische Leistungsfähigkeit der Piloten notwendig.

Beim Tornado handelt es sich, anders als beim Eurofighter, um ein zweisitziges Kampfflugzeug. Der Pilot, welcher das eigentliche Fliegen vom Vordersitz aus übernimmt, teilt sich die Aufgaben mit dem hinter ihm sitzenden Waffensystemoffizier (WSO). Dieser übernimmt Aufgaben der Navigation und steuert den Waffeneinsatz. Der Eurofighter hingegen wird lediglich durch eine Person gesteuert. Der Pilot übernimmt alle Aufgaben alleinverantwortlich, was zu einem erhöhten psychischen Druck führen kann. Ein Eurofighter Pilot muss diesem Druck mit entsprechenden Bewältigungsstrategien entgegentreten und eine hohe psychische Leistungsfähigkeit aufweisen.

Das Bundesministerium der Verteidigung ist bestrebt, angehende Soldaten und Soldatinnen einzustellen, welche in psychischer und physischer Hinsicht stabil sind (vgl. Hackfort, 2014). Neben der Frage, was Stabilität in diesem Kontext bedeutet, sollen in Kapitel 5 die Möglichkeiten der Operationalisierung dargestellt und näher erläutert werden. Diese geforderte „Grundstabilität“ muss im Rahmen der Ausbildungen gefördert und stetig gesteigert werden, um den erheblichen Belastungen in Kriegs- und Krisengebieten standzuhalten (vgl. BMVg P II 4, 1995; BMVg FüSK II 7, 2014). Der Generalinspekteur der Bundeswehr konkretisierte diese Forderung wie folgt:

> „Der langfristige Erhalt der psycho-physischen Leistungsfähigkeit des fliegenden Personals der Bundeswehr ist ein wesentlicher Faktor für die Sicherstellung der Durchhaltefähigkeit des Systems Fliegerischer Dienst im Einsatz (BMVg, 2012, S. 5).“

Die oben genannte psycho-physische Leistungsfähigkeit des fliegenden Personals beinhaltet zwei Merkmalausprägungen. Zum einen die psychische und zum anderen die physische Leistungsfähigkeit, wobei letztere durch die jährliche Überprüfung der Wehrfliegerverwendungsfähigkeit sichergestellt werden soll (vgl. BMVg Kdo SanDstBw II, 2016). Diese Untersuchung leistet jedoch keinen Beitrag zur Erfassung und der damit einhergehenden Überprüfung der psychischen Leistungsfähigkeit der Piloten, woraus sich ein Defizit bei der Erfassung der psycho-physischen Leistungsfähigkeit ergibt. Die

individuelle, persönliche Durchhaltefähigkeit von Personen, die sich in belastenden Situationen befinden, hängt unmittelbar mit dem Grad der psychischen Leistungsfähigkeit zusammen (nach BMVg, 2012, S. 10).

Im Jahr 2006 initiierte das Bundesministerium der Verteidigung ein Konzept für „Human Performance and Limitations (HPL)“ und „Crew Resource Management (CRM)“, welches weiterentwickelt und 2012 in „Human Performance Enhancement (HPE)“ umbenannt wurde. Im selben Jahr erließ der Inspekteur der Luftwaffe ein Konzept zur Einführung von HPE für den Fliegerischen Dienst der Bundeswehr (vgl. BMVG, 2012) und bestimmte das Taktische Luftwaffengeschwader (TaktLwG) 31 „Boelcke“ zum Modellverband für dessen Umsetzung. Ziel dieses Konzeptes, welches gegenwärtig vorwiegend in den Eurofighter Verbänden realisiert wird, ist die Optimierung der Verfügbarkeit von individuellen Ressourcen des fliegenden Personals. Flugsicherheit, Effizienz im Einsatz und die nachhaltige Verfügbarkeit von Personal sollen dadurch gewährleisten werden (vgl. BMVg, 2006; 2012). Im TaktLwG 31 „Boelcke“ wurde daraufhin ein Konzept zur „Gesundheitsfürsorge“ in Anlehnung an das Salutogenese-Modell nach Antonovsky (1989) entwickelt, welches einen ganzheitlichen Ansatz verfolgt und der Ausschöpfung individueller Leistungspotentiale dienen soll (vgl. Nüsse, 2011). Ein Programm dieser Art könnte einen hohen Beitrag zur Sicherstellung der psycho-physischen Leistungsfähigkeit von Jet-Piloten der Bundeswehr leisten und soll zeitnah auf alle fliegenden Verbände der Luftwaffe ausgeweitet werden.

Ziel dieser Arbeit ist es, das bereits implementierte HPE-Programm am Beispiel des Modellverbandes TaktLwG 31 „Boelcke“ mittels Längsschnittstudie auf dessen Wirksamkeit zu untersuchen um somit die nötigen Grundlagen zur Implementierung sowie zur kontinuierlichen Verbesserung von HPE in allen Geschwadern der Bundeswehr zu schaffen.

1.2 Relevanz des Forschungsvorhabens

Die Einführung von High-Performance-Kampfflugzeugen führte neben Veränderungen der operativen Kriegsführung zu noch nie da gewesenen Beschleunigungskräften, welche dreidimensional auf den menschlichen Körper wirken. Eines der größten Probleme stellt dabei die Überlastung der cervikalen Muskulatur von Kampfpiloten dar (vgl. Yacavone & Bason, 1992; Kikukawa, Techibana & Yagura, 1995; Wagstaff, Jahr & Rodskier,

2012). Mehr als die Hälfte aller Kampfpiloten litten bereits an cervikalen oder lumbalen Beschwerden, welche häufig zu eingeschränkten Flugleistungen oder sogar zu Flugverboten führten (vgl. Drew, 2000; Wagstaff et al., 2012).

Schwere Fliegerhelme, Nachtsichtgeräte, unnatürliche Sitzpositionen und vor allem die erhöhten Beschleunigungskräfte von bis zu +9 G_z erfordern ausgeprägte Muskelstrukturen im Bereich der Wirbelsäule (vgl. Kapitel 3). Die hohen G_z-Belastungen, welche während verschiedener Luftkampfmanöver auftreten, wirken dabei direkt auf die fragile Struktur der Halswirbelsäule (vgl. Knudson, McMillan, Doucette & Seidel, 1988; Hämäläinen, Vanharanta & Kuusela, 1993). Die häufigsten Beschwerden äußern sich als leichte Muskelschmerzen, wobei auch schwerwiegendere Verletzungen in Form von Bandrupturen, Nervenkompressionen oder Bandscheibenverletzungen auftreten können (vgl. Schall, 1989; Levoska & Keinänen-Kiukaanniemi, 1993; Mason, Harper & Shannon, 1996; Hämäläinen, Toivakka-Hämäläinen & Kuronen, 1997).

Um der Forderung des Generalinspekteurs (vgl. BMVg 2012, S. 5; Kapitel 1.1) nachzukommen, die psycho-physische Leistungsfähigkeit des fliegenden Personals zu erhalten, um so die Durchhaltefähigkeit des Systems „Fliegerischer Dienst im Einsatz“ sicherzustellen, sollte in den Geschwadern der Luftwaffe das Konzept für Human Performance Enhancement (vgl. BMVg, 2012) umgesetzt werden. Das allgemein gehaltene Konzept lässt viel Interpretations- und Handlungsspielraum zu, woraufhin die Geschwader eine sehr unterschiedliche Ausgestaltung vornahmen. Die nicht vorhandene Kontrolle einer übergeordneten Instanz zur Implementierung führte dazu, dass das Konzept HPE (vgl. BMVg, 2012) hinsichtlich Material, Personal, Infrastruktur und Trainingskonzeption in allen Geschwadern unterschiedlich verlief. Die Geschwader verfügen über unterschiedliche infrastrukturelle Voraussetzungen; vom eigenen Trainingsraum in der Staffel bis hin zur Nutzung der 5 Kilometer entfernten Sporthalle. Es gibt weder einheitliche Materialausstattungen, noch einheitliche Screeningverfahren und Trainingskonzeptionen.

Im Taktischen Luftwaffengeschwader 31 „Boelcke“ wurde ein Betreuungskonzept verfasst, welches grundlegende Forderungen, sowie Verfahren und Methoden in der Betreuung von Eurofighter-Piloten unter dem Arbeitsbegriff „Provention“ darstellen soll (vgl. Nüsse, 2011). Im Jahr 2016 war es dieses Geschwader, in dem die Umsetzung des Konzeptes am weitesten fortgeschritten war. Daraufhin wurde das TaktLwG 31 „B“ als

Modellverband für die Umsetzung von HPE bestimmt. Personelle, infrastrukturelle, sowie materielle Forderungen des HPE-Konzeptes wurden weitgehend umgesetzt und befinden sich in der Durchführungsphase des Programms.

Der Schwerpunkt vorliegender Arbeit liegt im praktischen Nutzen. Auf Basis des aktuellen Forschungsstandes werden fundierte Befunde erhoben um daraus Entscheidungen abzuleiten. Es sollen Maßnahmen aufgezeigt werden, wie Personen besser in das Programm eingebunden werden können. Im Mittelpunkt steht die Reduzierung verletzungsbedingter Flugausfallzeiten und die damit einhergehende Vermeidung wirtschaftlicher Schäden für die Bundesrepublik Deutschland.

Die vorliegende Arbeit ist wie folgt aufgebaut: Nach einer Einführung in die Thematik und die Darlegung der Relevanz des Forschungsvorhabens folgt das theoretische Rahmenkonzept der Arbeit. Neben Grundlagen der Belastung und Beanspruchung wird die psycho-physische Leistungsfähigkeit im situativen Kontext eines Kampfpiloten erläutert. Nach der Darstellung von bestehenden Konzepten zur Leistungssteigerung innerhalb der Bundeswehr folgt ein eigens entwickeltes Anforderungsprofil für das Berufsbild eines Kampfpiloten der Bundeswehr. Der aktuelle Stand der Forschung in diesem Themenkomplex widmet sich im Schwerpunkt fluginduzierten Nackenschmerzen und deren Entstehung sowie Interventionsprogrammen und Effekten anderer Nationen. Auf Grundlage der aufgezeigten Forschungsdefizite werden Fragestellungen und Arbeitshypothesen formuliert. Nachdem der empirisch-methodische Ansatz zur Aufklärung der Arbeitshypothesen erläutert wurde, folgt die Darstellung der Ergebnisse sowie deren Diskussion. Zu Ende der Arbeit werden Handlungsempfehlungen sowie eine Zusammenfassung des Forschungsprojektes gegeben (vgl. Kapitel 9).

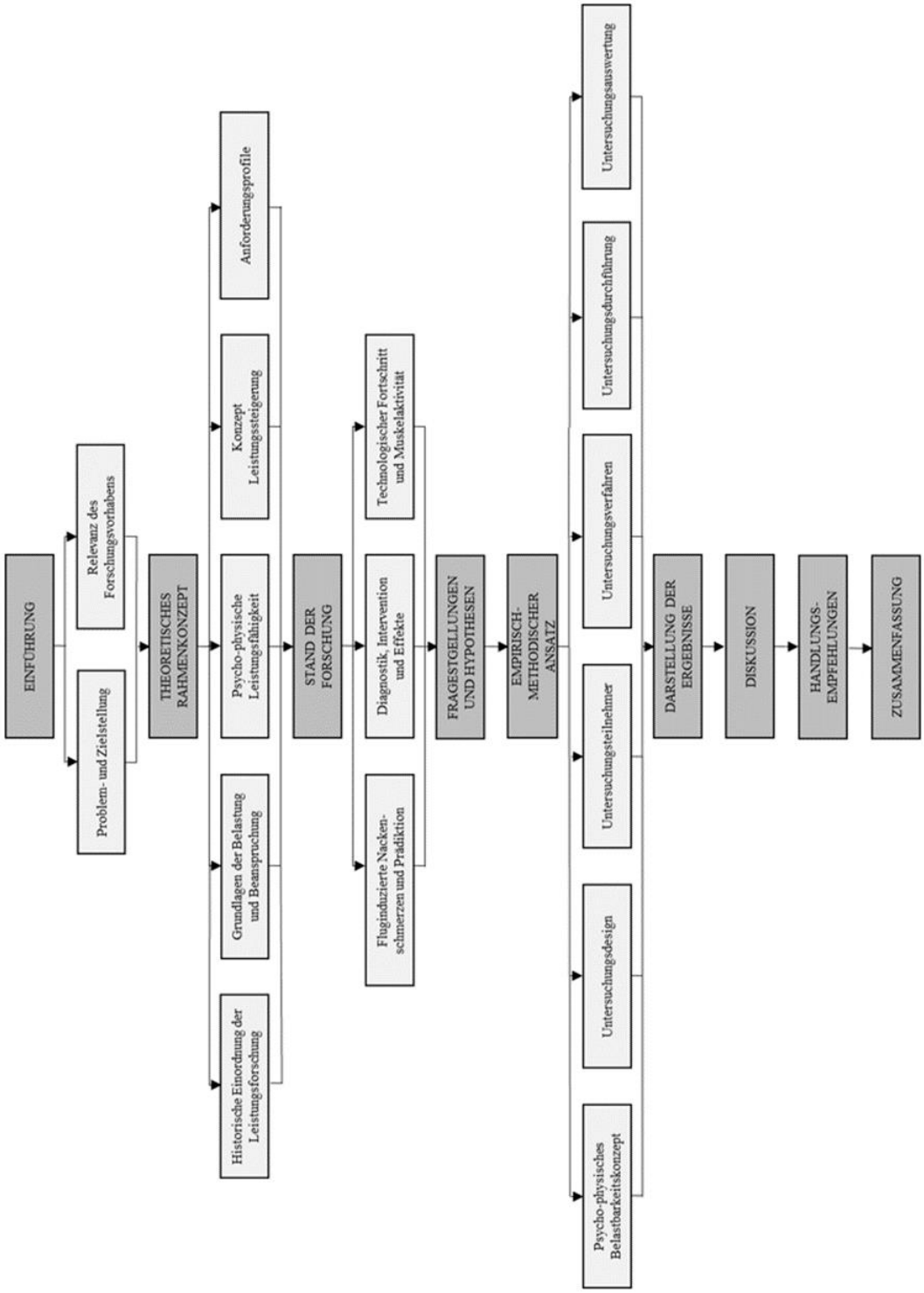


Abbildung 1: Struktureller Aufbau der Arbeit.

2 THEORETISCHES RAHMENKONZEPT

Dieser Teil der Arbeit widmet sich der Einbettung theoretischer Grundlagen in einen thematischen Bezugsrahmen. Nachdem zu Beginn die historische Einordnung der menschlichen Leistungsforschung sowie die theoretischen Grundlagen der Belastung und Beanspruchung dargestellt wurden folgt die Erläuterung der psycho-physischen Leistungsfähigkeit im situativen Kontext. Dazu werden neben den systemischen und taktischen Normgrößen des Eurofighters die physischen und psychischen Anforderungen sowie deren Erfassungsmöglichkeiten dargestellt. Bereits bestehende, relevante Modelle der Gesunderhaltung und Leistungssteigerung werden dargestellt und auf Anwendungsmöglichkeiten untersucht. Nachdem bestehende Anforderungsprofile von Piloten diskutiert wurden, folgt die Darstellung eines eigens entwickelten Anforderungsprofils für Kampfpiloten der Streitkräfte.

2.1 Historische Einordnung der menschlichen Leistungsforschung

Die Untersuchung eines bestimmten Verhaltens oder einer bestimmten Aufgabe hängt von der Notwendigkeit ab, ein bestehendes Problem in der realen Welt zu lösen. Diese Fokussierung spezifischer Bedürfnisse innerhalb unterschiedlicher Situationen, welche ein grundlegendes Verständnis des menschlichen Verhaltens verfolgen, kann als „nutzungsorientierte“ Wissenschaft beschrieben werden. Während die Grundlagenforschung sich mit der Steigerung des theoretischen Wissens beschäftigt, versucht die angewandte Forschung das Wissen greifbar zu machen und dieses in Technologien, Methoden und Verfahren einfließen zu lassen (vgl. Fiore, Salas & Pavlas, 2010).

Die Ursprünge der angewandten Psychologie gehen zurück auf die Arbeiten von Hugo Münsterberg, einem deutsch-amerikanischen Psychologen (vgl. Moskowitz, 1977). Als erster Psychologe beschrieb er die Notwendigkeit einer multidisziplinären Wissenschaft:

> “The time for Applied Psychology is surely near, and work has been started from most various sides. Those fields of practical life which come first in question may be said to be education, medicine, art, economics and law (nach Münsterberg, 1908, S. 9).”

Die angewandte Psychologie entstand in Großbritannien und den Vereinigten Staaten zur Zeit des ersten Weltkrieges. Der Krieg erforderte neue technische Errungenschaften um in der Lage zu sein, dem Feind die Stirn zu bieten. Neue Fahrzeuge, Waffensysteme und Flugzeuge wurden entwickelt, welche erhöhte Leistungsfähigkeiten der Bediener einforderten. Die angewandte Psychologie bot in diesem Zusammenhang die Möglichkeiten von Eignungsfeststellungen, um sicherzustellen, dass diese Bedürfnisse von den getesteten Soldaten erfüllt werden konnten. Beispielsweise nahm die Bedeutung der Personalauswahl im fliegerischen Dienst aufgrund realer Luftkampferfahrungen während des ersten Weltkrieges stetig zu. Untersuchungen der Auswirkungen von Ermüdung und Sauerstoffentzug auf Piloten der Luftstreitkräfte dienten zur Eignungsfeststellung von Bewerbern, welche in der Lage sein sollten, den Auswirkungen von Höhenunterschieden standzuhalten. Dieser Test gilt als frühestes, nichtmedizinisches Testverfahren, welches vom Militär eingesetzt wurde (vgl. Hoffmann & Deffenbacher, 1992; Meister, 1999). Trotz des hoch ausgeprägten Anwendungscharakters dieser Forschung entstand ein Beitrag zur theoretischen Psychologie. Untersuchungen von Thorndike (1920) führten beispielsweise zum Halo-Effekt und lieferten weitere nützliche Informationen für das Militär. Der Halo-Effekt wird noch in der heutigen Forschung diskutiert und dient dabei als Paradebeispiel, wie angewandte Forschung die theoretische Wissenschaft beeinflussen kann (vgl. Coombs & Holladay, 2006).

Einer der bedeutendsten Fortschritte in der angewandten Psychologie war der starke Anstieg von Anwendungsfällen psychologischer Maßnahmen zur Personalauswahl während der beiden Weltkriege. Zu Beginn des Ersten Weltkrieges gründeten Mitglieder der „American Psychological Association“ das „Psychological Commitee of the National Research Council“ sowie das „Committee on Classification of Personnel“ (vgl. Katzell & Austin, 1992). Beide Komitees verfolgten das übergeordnete Ziel der Entwicklung von Auswahlverfahren, die Personal in unterschiedlichen militärischen Verwendungen selektieren sollten. Der Einsatz solcher Selektionstechniken sollte sicherstellen, dass die Individuen angesichts des militärischen Kontextes für die Erfüllung ihrer Aufgaben geeignet waren. Der erfolgreiche Einsatz dieser Verfahren förderte die allgemeine Verbreitung psychologischer Tests in staatlichen- und privaten Unternehmen (vgl. Hale, 1982).

Während die Entwicklung in diesen Sektoren weiter voranschritt, wurde die militärische Anwendung nach Ende des Ersten Weltkrieges nahezu eingestellt. Zu Beginn des

Zweiten Weltkrieges konnte jedoch auf ausgereifte Tests aus nichtmilitärischer Umgebung zurückgegriffen werden, sodass einer militärischen Anwendung nichts im Wege stand (vgl. Driskell & Olmstead, 1989; Katzell & Austin, 1992). Seither wurde die Rolle der angewandten Psychologie in der Personalauswahl und -ausbildung menschlicher Faktoren fest im Militär verankert und in Organisationen auf der ganzen Welt eingesetzt. Nach Ende des Zweites Weltkrieges wurde die menschliche Leistungsforschung durch Beiträge aus verschiedenen Fachbereichen ergänzt. Man bemerkte schnell, dass die Komplexität der Leistungsforschung nicht durch eine einzelne wissenschaftliche Disziplin abgedeckt werden konnte, sodass eine bedarfsgesteuerte, multidisziplinäre Forschung gefordert und umgesetzt wurde. Jede wissenschaftliche Disziplin, welche dazu beitragen konnte, menschliches Verhalten im Kontext hochriskanter Aufgaben und Situationen zu verstehen, wurde für die multidisziplinäre Forschung herangezogen (vgl. Katzell & Austin, 1992; Fiore, 2008).

Im Laufe des 20. Jahrhundert konnte ein enormes Wachstum in verschiedenen Disziplinen der Wissenschaft verzeichnet werden, welche sich mit der menschlichen Leistungsfähigkeit beschäftigten. Interdisziplinäre Forschungen aus Psychologie, Physiologie, Ingenieurs- und Neurowissenschaften führten zu bedeutenden Fortschritten bei der menschlichen Systemintegration. Diese gründet auf einem differenzierten Verständnis der menschlichen Leistungsfähigkeit sowie der Art und Weise, wie Menschen in risikoreichen Umgebungen mit Technologie interagieren.

Mit voranschreitender Nutzung der Leistungsforschung wurden drei übergeordnete Ziele formuliert. Neben adäquater Personalauswahl und technischer Verbesserung der Systemdesigns, übernahm das Training des Personals eine zentrale Rolle (vgl. Katzell & Austin, 1992). Das Verständnis der unzähligen Komponenten, welche ein erfolgreiches Training kennzeichnen, bedarf bis heute den Bemühungen der globalen Wissenschaftsgemeinde (vgl. Fiore, 2008). In den vergangenen zwei Jahrzehnten wurde das Wachstum und der Stellenwert der Trainingswissenschaft durch Beiträge der Kognitions-, Sozial- und Organisationswissenschaften zunehmend verstärkt (vgl. Salas & Cannon-Bowers, 2001). Das Spektrum reicht von der Gestaltung von Schulcurricula über großangelegte Unternehmensschulungen bis hin zu hoch standardisierten Trainingsansätzen, welche von Militärs auf der ganzen Welt angewandt werden (vgl. Fiore, Salas & Pavlas, 2010).

2.2 Theoretische Grundlagen der Belastung und Beanspruchung

Um psycho-physische Zusammenhänge und Abhängigkeiten erfassen zu können, ist es notwendig, eine Differenzierung der Begriffe Belastung, Beanspruchung, Belastbarkeit und Leistungsfähigkeit vorzunehmen.

Olivier, Marschall und Büsch (2008, S. 23) beschreiben Belastung als die Gesamtheit aller erfassbaren Einflüsse, die auf den Menschen im Rahmen einer Aufgabenerfüllung einwirken. Beanspruchungen stellen dahingegen die individuellen Auswirkungen der Belastungen auf den Menschen in Abhängigkeit von seinen Eigenschaften, Fähigkeiten und Fertigkeiten dar. Ulmer (2013) definiert Belastung allgemein als die an das Individuum gestellte, zu lösende Aufgabe. Die Leistung in physischer und psychischer Hinsicht ist die Erfüllung der vorgegebenen Aufgabe bzw. Belastung. Die Beanspruchung stellt dabei die individuellen physischen und psychischen Reaktionen während der Leistungserbringung dar. Somit kann Leistungsfähigkeit als Fähigkeit zur Erfüllung einer Aufgabe betrachtet werden. Schnabel, Harre und Krug (2008, S. 243) definieren Belastbarkeit als „Fähigkeit des Organismus und des psychischen Funktionssystems, Beanspruchungen ohne Störung der Gesundheit zu tolerieren.“ Die individuellen, situativen Gegebenheiten, wie beispielsweise Ermüdung oder Vorbeanspruchung, können den Einsatz der potentiellen Fähigkeit derart beeinflussen, dass die spezifische Leistungsfähigkeit nicht abrufbar ist und die Aufgabe unter Umständen nicht erfüllt werden kann.

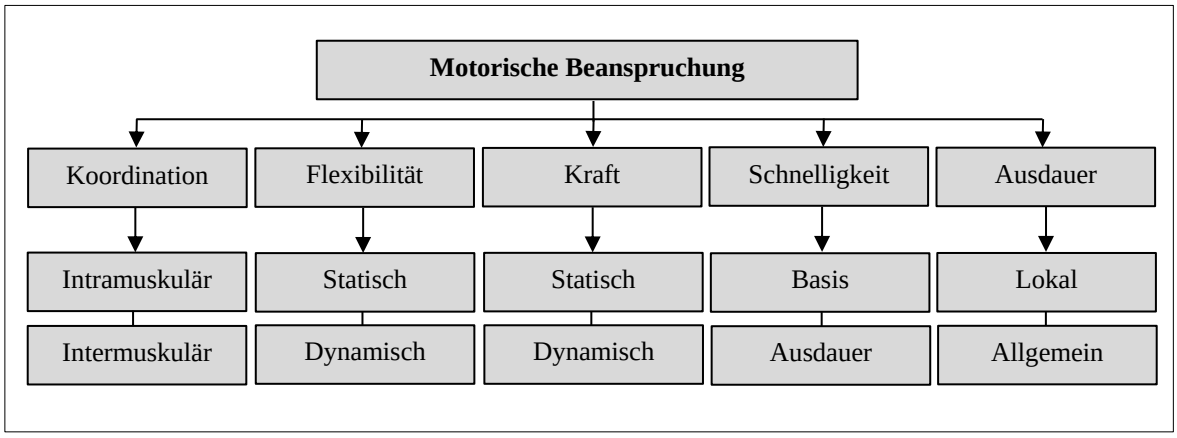


Abbildung 2: Grundschema der motorischen Beanspruchungsformen (nach Hollmann & Strüder, 2009, S. 140).

Hollmann (1967, 1990) beschreibt fünf motorische Beanspruchungsformen, wobei drei als Haupt- (Kraft, Schnelligkeit, Ausdauer) und zwei als Nebenbeanspruchungsformen (Koordination, Flexibilität) bezeichnet werden. Später distanzieren sich Hollmann und Strüder (2009) von dieser Unterteilung und beschreiben fünf gleichwertige, motorische Beanspruchungsformen. Die einzelnen Bereiche sind keineswegs getrennt voneinander zu betrachten, vielmehr bestehen fließende Übergänge oder gar weitreichende Überschneidungen. Dennoch ist eine begriffliche Trennung aus theoretischen und praktischen Gründen sinnvoll, denn eine Anpassung erfolgt stets in exakter Ausrichtung auf die Art des Reizes. Somit bedarf jede motorische Beanspruchungsform anderer Übungs- und Trainingsmittel zur Leistungsoptimierung (vgl. Hollmann & Strüder, 2009). In der Situation eines Luftkampfes wirkt eine Vielzahl von Belastungen auf den Piloten, denen er entgegenwirken muss. Beispielsweise muss die cervikale Muskulatur den Kopf während der „High-G_z-Manöver“ stabilisieren und gleichzeitig ein gewisses Maß an Flexibilität sicherstellen, um den Feind im Auge behalten zu können. Zur selben Zeit muss er die unterschiedlichsten Aufgaben im Cockpit übernehmen, wodurch die Koordinationsfähigkeit gefordert ist. Dieses Beispiel verdeutlicht, dass jede motorische Beanspruchungsform andere Übungs- und Trainingsmittel zur Leistungsoptimierung voraussetzt. Für detaillierte Definitionen und Eigenschaften der Beanspruchungsformen sei an dieser Stelle auf die Ausführungen von Hollmann und Strüder (2009) verwiesen.

Im Belastungs-Beanspruchungskonzept nach Rohmert (1984) wird die Belastung aus arbeitsmedizinischer Sicht als die Gesamtheit aller Bedingungen angesehen, die bei der Arbeit auf den Menschen einwirken können. Hierbei unterscheidet Rohmert (1984) zwischen physikalischen (Lärm, Schwingungen, Kräfte), chemischen (Reizgase, Lösungsmittel) und psychosozialen Belastungen (Zeitdruck, Monotonie). Beanspruchungen stellen in diesem Zusammenhang die Gesamtheit aller Auswirkungen der während der Arbeit auftretenden Belastungen dar. Je ausgeprägter die individuellen Eigenschaften sind, desto niedriger sind die Beanspruchungsreaktionen. In Abhängigkeit von individuellen Einflussfaktoren und Gegebenheiten kann die gleiche Belastung bei verschiedenen Individuen zu unterschiedlich hohen Beanspruchungen führen. Diese Unterschiede können sowohl zwischen verschiedenen Personen (interindividuell), als auch innerhalb der Person selbst (intraindividuell) bestehen (vgl. Rohmert, 1984; Roßbach, Löffler, Mayer-Popken, Konietzko & Dupuis, 2007).

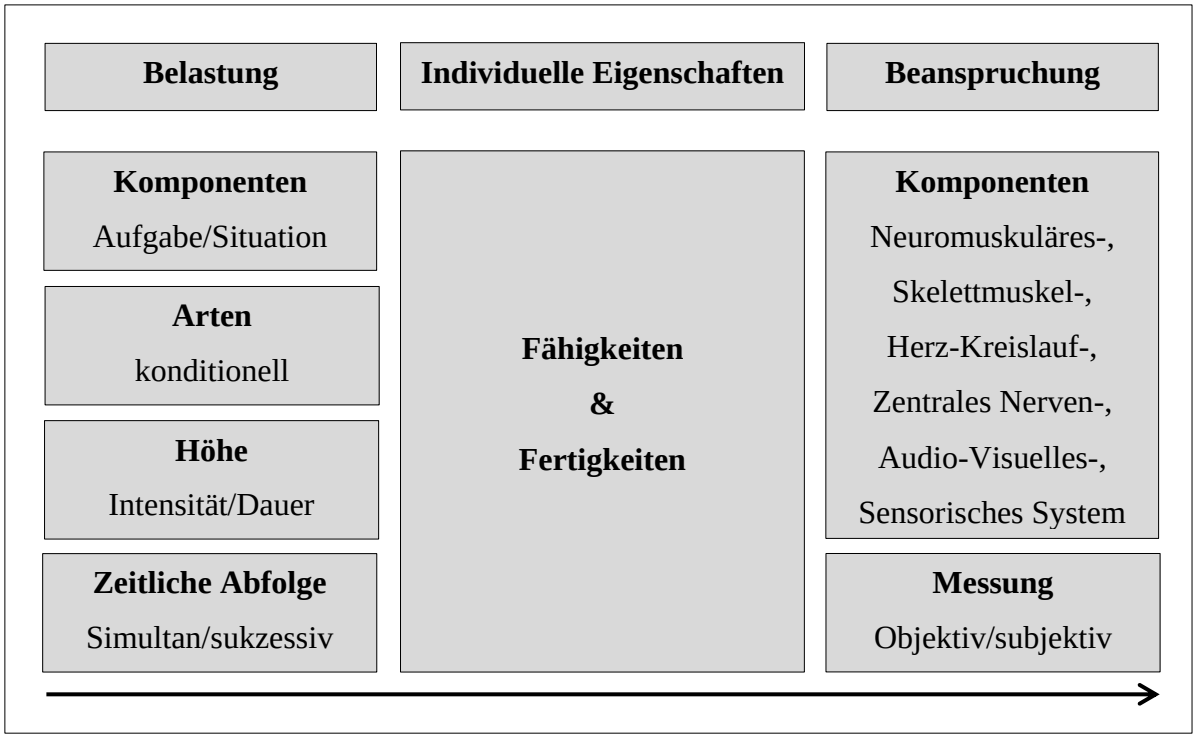


Abbildung 3: Phänomenorientiertes Belastungs-Beanspruchungs-Konzept (nach Olivier et al., 2008, S. 25).

Beim phänomenorientierten Belastungs-Beanspruchungs-Konzept wird eine Unterteilung der Belastungen in Komponenten, Arten, Höhe und zeitliche Abfolge der Teilbelastungen vorgenommen. Die Aufgabe als Komponente der Belastung beim Fliegen eines Kampfjets könnte beispielsweise der Sieg in einem Luftkampf sein. Die Situation als weitere Komponente wäre gekennzeichnet durch situationsbedingte Eigenschaften, wie z. B. Anzahl der feindlichen Jets, Anzahl der verbündeten Jets, Bewaffnung oder das Wetter. Belastungsarten werden durch konditionelle- oder informatorische Belastungen gekennzeichnet. Konditionelle Belastungen werden durch Teilbelastungen bei der Bewältigung von Aufgaben definiert, welche vorrangig mit der Bereitstellung von Energie durch Muskelarbeit einhergehen. Informatorische Belastungen sind gekennzeichnet durch die Aufnahme, Verarbeitung und Abgabe von Informationen (vgl. Olivier et al., 2008). Bei einem Luftkampf stellen konditionelle Fähigkeiten die grundlegenden Voraussetzungen für den Sieg dar. Wenn der Pilot aufgrund fehlender körperlicher Leistungsfähigkeit nicht in der Lage ist, kleine Kurvenradien zu fliegen oder gar mehrere Missionen pro Tag, ist ein Scheitern im Luftkampf vorprogrammiert.

Die Intensität und Dauer der jeweiligen Belastung wird durch die Belastungshöhe beschrieben, welche im Luftkampf beispielsweise durch intensive Manöver definiert wird. Die zeitliche Abfolge der Belastungen kann sowohl sukzessiv als auch simultan ablaufen. Folgt z. B. ein Luftkampf auf ein Auftank-Manöver, also eine konditionelle- auf eine informatorische Belastung, so liegt eine sukzessive Belastung vor. Die beschriebenen Belastungen wirken auf die individuellen Voraussetzungen des Piloten. Die Fähigkeiten und Fertigkeiten beeinflussen die Art und Ausprägung der Beanspruchung. Dieses Belastungsgefüge führt zu verschiedenen Teilbeanspruchungen, welche sich auf unterschiedliche organische Teilsysteme des Menschen auswirken. Die Intensität der Beanspruchung äußert sich im Grad der Veränderung physiologischer Variablen unter Belastung. Durch unterschiedliches Verhalten der Piloten im Sinne einer Handlungskompetenz, können bestehende Handlungsspielräume genutzt werden, um Belastungen und deren resultierende Beanspruchungen teilweise zu regulieren (vgl. Olivier et al., 2008).

Kirchner (1986) beschreibt Beanspruchungen als Inanspruchnahme der menschlichen Fähigkeiten und teilt diese in verschiedene Beanspruchungsformen ein. Zunächst werden die Beanspruchungen in physische und psychische unterteil, was nicht bedeutet, dass nur jeweils eine Beanspruchungsform vorliegen muss. Vielmehr können sich die jeweiligen Beanspruchungen im Schwerpunkt eher im physischen- oder psychischen Bereich befinden. Physische Beanspruchungen beziehen sich dabei auf die körperlichen Aspekte der Inanspruchnahme wobei die psychischen sich entsprechend auf deren mentale Aspekte beziehen. Kirchner (1986) gliedert die physischen Beanspruchungen in Beanspruchungen der Muskeln, Knochen, Bänder, Sehnen und Organe. Psychische Beanspruchungen werden in mentale- und emotionale Beanspruchungen unterteilt. Belastungen stellen in diesem Sinne die Ursachen der Beanspruchungen, also alle Bedingungen der Arbeit, welche zu Beanspruchungen führen können, dar (vgl. Laurig, 1979; Kirchner, 1986).

Die Art und Weise, wie Belastungen auf Menschen wirken sind abhängig von den zugrundeliegenden, individuellen Ressourcen. Olivier et al. (2008, S. 27) definieren Ressourcen „als Mittel, die der Mensch einer Belastung entgegenzusetzen hat.“ Ressourcen dienen der Belastungsbewältigung, wobei Beanspruchungen vereinfacht als Grad der Ausschöpfung vorhandener Ressourcen zu verstehen sind. Dabei ist es erforderlich, zwischen inneren- und äußeren-, sowie strukturellen- und konsumptiven Ressourcen zu Un-

terscheiden. Olivier et al. (2008) beschreiben die unterschiedlichen Ressourcenarten anhand eines trainingswissenschaftlichen Beispiels. Demnach stellen die Muskeln, mit ihrer bestimmten Faseranzahl die innere strukturelle Ressource dar, wohingegen die Stoffwechselprozesse zur Energiegewinnung als innere konsumptive Ressourcen bezeichnet werden. Bei einem Rennradfahrer würde man das Rad selbst als äußere strukturelle Ressource und die Ernährung während des Fahrens als äußere konsumptive Ressource bezeichnen. Abhängig vom Anspruchsniveau der zu lösenden Aufgabe und den zur Verfügung stehenden, inneren strukturellen Ressourcen kann folglich ein variabler und individueller, konsumptiver Ansatz zur Aufgabenbewältigung gewählt werden.

In diesem Zusammenhang unterscheiden Olivier et al. (2008) präparative- und exekutive Beanspruchungen. Bei präparativen Beanspruchungen handelt es sich um die im Training induzierten Beanspruchungen, welche entweder auf die Verbesserung der strukturellen Ressourcen (z. B. Erlernen von Techniken) oder auf die Optimierung der konsumptiven Ressourcen (z. B. Glykogengehalt) abzielen. Die im Wettkampf auftretenden Beanspruchungen resultieren aus der Konfrontation der Belastung mit dem Anspruchsniveau und werden als exekutive Beanspruchungen bezeichnet. Langfristig führen Beanspruchungen in Abhängigkeit von ihrer Art, Intensität und Dauer zu Veränderungen des Ressourcenpools und dessen Einsatzmöglichkeiten. Diese beanspruchungsbedingten Veränderungen werden grundsätzlich als Anpassung verstanden (vgl. Olivier et al., 2008).

Zintl und Eisenhut (2009) beschreiben diese Anpassung als funktionelle und morphologische Veränderungen der Organsysteme, welche aufgrund der wirkenden Belastungsreize hervorgerufen werden (vgl. Abbildung 4). Durch die von außen wirkende Belastung kommt es zur Störung des biologischen Gleichgewichts bzw. der Homöostase. Die anschließende Phase der Erholung ist gekennzeichnet durch wiederherstellende Prozesse auf zellulärer Ebene. Um einer künftigen Belastung besser entgegenwirken zu können, passen sich die Zellen an die neue Intensität der Aufgaben an, was wiederum in einem erhöhten Funktionszustand und damit in einer höheren Leistungsfähigkeit resultiert.

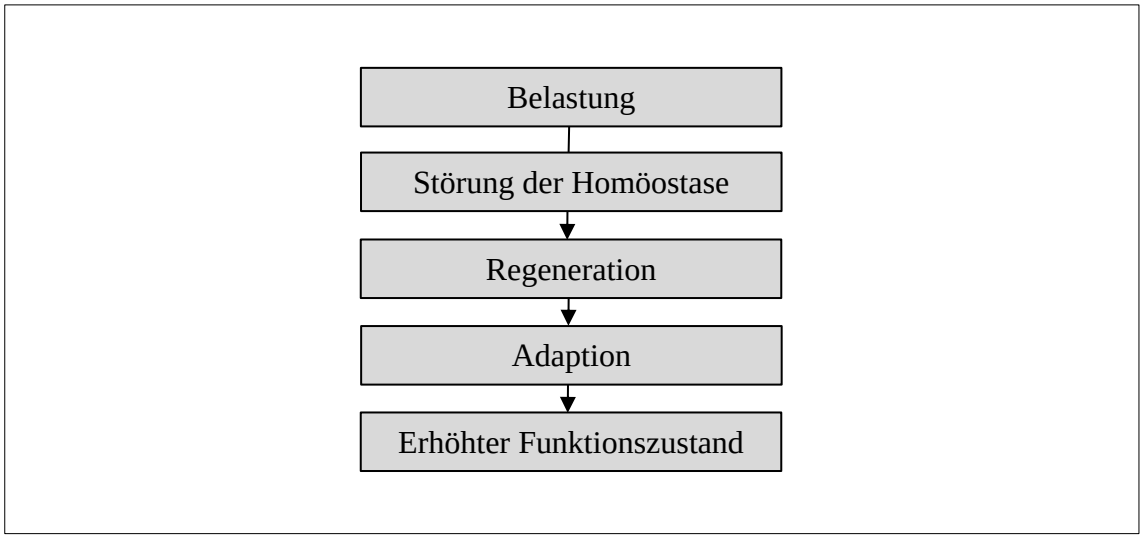


Abbildung 4: Training als biologische Ursache-Wirkungs-Kette (nach Zintl & Eisenhut, 2009, S. 14).

Neumann und Schüler (1989) beschreiben vier zu durchlaufende Zustandsstufen auf dem Weg zu einer relativ stabilen Veränderung des Leistungsstandes. Nachdem der aktuelle Funktionszustand stabilisiert wurde, kommt es zur Optimierung dieses Zustandes über gewissen Vorhalteregulationen. Durch das Aufbrechen und die Veränderung der Struktur des Funktionssystems können neue Funktionszustände hervorgerufen werden, woraufhin in der letzten Stufe dieser optimierte Zustand stabilisiert wird. Dies erfordert einen biologisch vorgegebenen Zeitrahmen von vier bis sechs Wochen. Langfristig äußert sich die Adaption auf zwei unterschiedliche Weisen. Zum einen werden die Leistungsreserven und damit die Leistungskapazität vergrößert und zum anderen die Fähigkeit einer stärkeren, willentlichen Ausschöpfung der Leistungsreserven erlangt. Föhrenbach (1986) beschreibt diesbezüglich erste signifikante Anpassungserscheinungen auf muskelzellulärer Ebene nach drei bis fünf Wochen Ausdauertraining im mittleren Intensitätsbereich.

Im beruflichen Kontext eines Kampfpiloten erscheint neben der physischen- auch die psychische Leistungsfähigkeit maßgebend für die Auftragserfüllung im Cockpit. Die hohen Anforderungen der sich ständig wechselnden Situationen können zu Beanspruchungen führen, welche sich auf Gesundheit und Wohlbefinden auswirken (vgl. Udris & Frese, 1999). Die eintretenden Beanspruchungen können je nach Art und Ausprägung, abhängig von den Bewältigungsmöglichkeiten des Individuums, in unterschiedlichen

Konsequenzen hinsichtlich persönlicher, sozialer und ökonomischer Eigenschaften resultieren. Sobald die Reproduktions- und Anpassungsfähigkeit überschritten werden, kann dies unter Umständen zur Beeinträchtigung der Gesundheit oder einem Einbruch der Leistungsfähigkeit führen (vgl. Oppolzer, 1989).

Da psychische Belastungen im Sinne einer Überbeanspruchung physische Veränderungen mit sich bringen können, bleibt zu hinterfragen, inwieweit die physische Leistungsfähigkeit eines Individuums dazu beitragen kann, den hohen Belastungen im Cockpit entgegenzuwirken und so kritische Situationen als weniger beanspruchend zu erleben. Die Ausprägung der Beanspruchung hängt von der individuellen Wahrnehmung der zu lösenden Aufgabe ab, die je nach Ausprägungsgrad der individuellen psycho-physischen Belastbarkeit unterschiedlich bewertet wird. Eine stark ausgeprägte psycho-physische Leistungsfähigkeit kann somit als personale Bewältigungsressource aufgefasst werden, welche sich in Abhängigkeit der Situationsbewertung unterschiedlich auf das Beanspruchungserleben auswirkt (vgl. Hackfort, 2014).

Krammel (2002, S. 15) beschreibt die fliegerische Tätigkeit als „eine vorwiegend nichtkörperliche Arbeit, einen Komplex aus sensorischen, kognitiven, psychomotorischen und motivationalen Vorgängen“ und definiert sechs Haupttätigkeiten, welche der Pilot während den unterschiedlichen Flugphasen bewältigen muss:

- Drei-Achsen Fluglagenregelung und Geschwindigkeitskontrolle
- Navigation mit zeitgleicher Überwachung des Flugablaufes
- Überwachung und Bedienung technischer Stellgrößen (Triebwerkswerte, Flugzeugkonfiguration, Display-Moding, etc.)
- Analyse und Bekämpfung des Bedrohungsszenarios (Threat-Management)
- Erfüllen des Flugauftrages (Identifizierung und Bekämpfung von Luft- oder Bodenzielen)
- Interpersonelle Kommunikation

Bei der Bewältigung dieser Aufgaben ist der Pilot unterschiedlichsten psychologischen Rahmenbedingungen unterworfen. Die Informationsflut, welche aus internen und externen Quellen im Cockpit zusammenfließt, muss unter höchstem Zeitdruck gefiltert und

priorisiert werden. Diese gefilterten Informationen müssen nach entsprechenden Beurteilungs- und Entscheidungsprozessen in Handlungen umgesetzt werden. Während die Handlungsabläufe bei Standardflügen weitgehend determiniert sind, müssen die Piloten in der Lage sein, bei plötzlich auftretenden Veränderungen des Bedrohungsszenarios flexibel reagieren zu können. Das Risiko eines technischen Ausfalls und die Gefahr, welche von feindlichen Waffensystemen ausgeht sowie das Risiko des eigenen menschlichen Versagens, führen zu einem ständigen Bedrohungsbewusstsein bei Kampfpiloten und wirken als Arbeitsbelastungen auf diese ein.

Obgleich modernste Technologien helfen, die Arbeitsbelastungen im Cockpit zu reduzieren, stellt der Pilot an Bord des Kampfflugzeuges das entscheidende Glied im Mensch-Maschine-Komplex dar. Somit ist der Kampfwert eines Luftfahrzeuges durch die limitierte Leistungsfähigkeit des Piloten begrenzt (vgl. Krammel, 2002). Dieser Kampfwert beschreibt folglich den Grad der Auftragserfüllung bzw. den „Mission Effect“. Um am Ende einer langen Kette einen hohen „Mission Effect“ erzielen zu können ist es im Vorfeld erforderlich, die Leistungsfähigkeit einzelner Komponenten zu betrachten und miteinander in Beziehung zu bringen.

Der Kampfwert eines Jagdflugzeuges setzt sich aus der operativen- (Waffensystem) und menschlichen Leistungsfähigkeit (Pilot) zusammen. Krammer (2002) beschreibt die operative Leistungsfähigkeit als Symbiose der Leistungsfähigkeit des Flugzeuges, der Systemelemente und der Waffensysteme. Die aerodynamische- und physikalische Beschaffenheit sowie die Konzeption des Flugzeuges, welche sich auf schnelle und präzise Änderungen des Flugvektors beziehen, werden als Leistungsfähigkeit des Flugzeuges bezeichnet. Die Fähigkeit, schnell und effizient die Missionsfunktionen der verschiedenen Systeme in unterschiedlichen, taktischen Situationen anwenden zu können, sodass ein effektiver Einsatz der Waffen gewährleistet ist, wird als Leistungsfähigkeit der Systemelemente bezeichnet. Die Leistungsfähigkeit der Waffensysteme beschreibt die Waffenausstattung mit den zugehörigen Bordsystemen und Sensoren sowie die Fähigkeit, diese auch unter dem Einfluss gegnerischer Luftfahrzeuge effektiv einsetzen zu können.

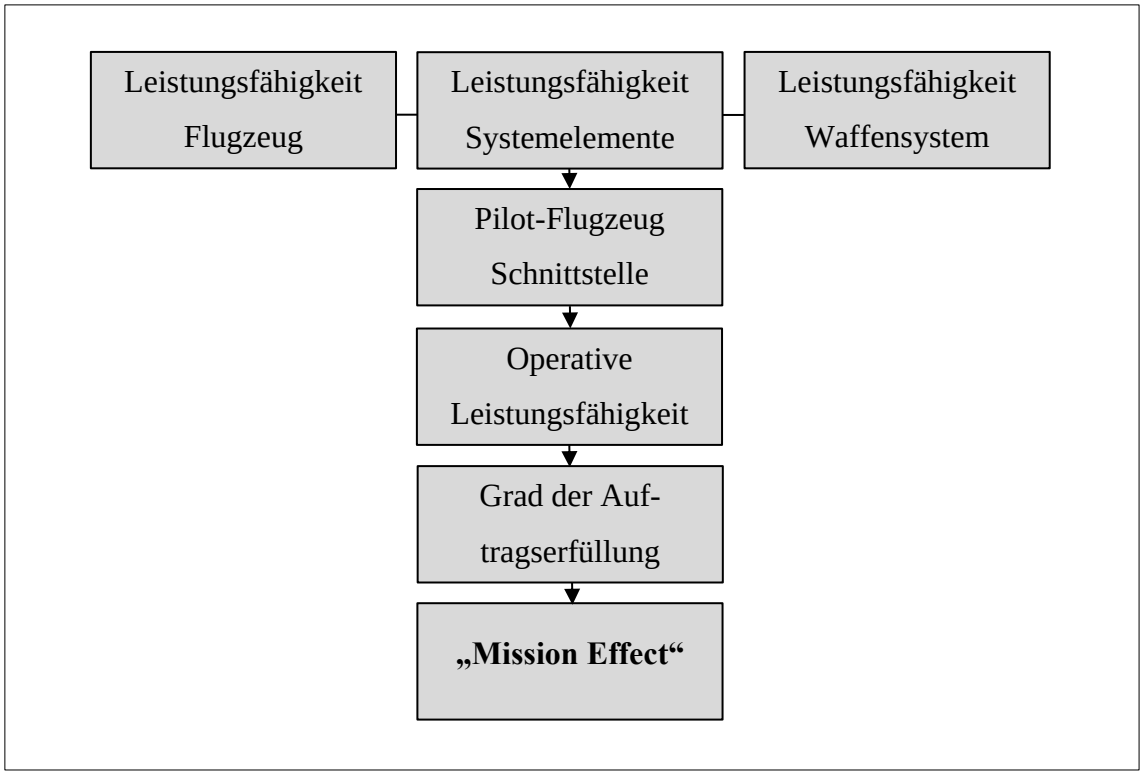


Abbildung 5: Zusammenspiel der Komponenten zum „Mission Effect“ (nach Krammel, 2002, S. 48).

Es wird deutlich, dass ausschließlich eine Betrachtung aller einzelnen Elemente der operativen- und menschlichen Leistungsfähigkeit mit anschließender Symbiose als Prädiktor für eine erfolgreiche Auftragserfüllung anzunehmen ist. Das Schlüsselelement stellt dabei die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine dar.

2.3 Psycho-physische Leistungsfähigkeit im situativen Kontext

Kampfpiloten müssen in der Lage sein, hochintensiven- und facettenreichen Belastungen standzuhalten, um ihre jeweiligen Aufträge erfüllen zu können (vgl. 2.5.2). Kritische Situationen oder gar traumatische Ereignisse, wie Flugunfälle, Luftkämpfe oder Bombardements von Zielen am Boden stellen starke psycho-physische Belastungen dar und können individuell ausgeprägte Stressreaktionen hervorrufen. Diese Situationen führen in Abhängigkeit der individuellen, psychischen Stabilität des Individuums zu Belastungsstörungen. Entscheidende Faktoren für deren Bewältigung stellen in diesem Zusammenhang Eigenschaften wie Belastbarkeit, Durchhaltevermögen und Leistungsfähigkeit dar

(vgl. Leyk, Franke, Hofmann, Klein, Weller, Hackfort, Löllgen & Piekarski, 2013). Leistungsfähigkeit bezieht sich in diesem Kontext auf die Erfüllung der vorgegebenen Aufgabe bzw. Belastung. Schnabel et al. (2008, S. 43) definieren Leistungsfähigkeit als „Gesamtheit der personalen Voraussetzungen für die Bewältigung bestimmter Leistungsanforderungen."

Nachdem die theoretischen Grundlagen zu Belastung, Beanspruchung, Belastbarkeit sowie Leistungsfähigkeit erläutert wurden, werden die Belastungsgrenzen des menschlichen Körpers erläutert. Die psychische Leistungsfähigkeit wird in der vorliegenden Arbeit als Persönlichkeitskonstrukt, bestehend aus Resilienz und allgemeiner Selbstwirksamkeitserwartung, definiert. Nachdem diese erläutert und voneinander abgegrenzt wurden, soll abschließend ein psycho-physisches Belastbarkeitskonzept dargestellt werden.

2.3.1 Systemische und taktische Normgrößen

Die auf den Piloten wirkenden Belastungen sind von diversen luftfahrzeugspezifischen Parametern abhängig. Um eine zielgerichtete Belastungswiderstandsfähigkeit der Piloten zu entwickeln, bedarf es einer möglichst exakten Definition der spezifischen Belastungszustände (vgl. Panovsky, 2010). Es gilt, diese Zustände möglichst exakt zu erfassen und an der ungünstigsten Einsatzsituation im Sinne eines „worst case scenario" zu orientieren (vgl. Pleiner, 1993).

Die nachfolgend beschriebenen Normgrößen gründen auf den Ausführungen von Panovsky (2010), dem Flugbetriebshandbuch für strahlgetriebene Kampfflugzeuge Band III/1 vom Luftwaffentruppenkommando (2016), Airbus Defence and Space (2016), Krammel (2002) sowie Experteninterviews (vgl. Kapitel 2.5.2) und beziehen sich auf das Luftfahrzeug Eurofighter Typhoon. Im Eurofighter Typhoon wurde das Bedienkonzept nach dem HOTAS-Prinzip (Hands on Throttle and Stick) verbaut, welches bereits seit vielen Jahren in amerikanischen Kampfflugzeugen verwendet wird. Um dies zu realisieren, wurden Leistungshebel und Steuerknüppel ergonomisch optimiert und mit einer Vielzahl von Schaltern und Tasten belegt. Selbst in kritischen Flugphasen können diese unter G_z-Belastungen zweifelsfrei und unverzüglich unterschieden und bedient werden. Der Pilot ist somit in der Lage, neben dem Steuern des Flugzeuges auch Aufgaben der Subsystembedienung zu übernehmen, ohne dabei seine visuelle Luftraumüberwachung

vernachlässigen zu müssen. Eine erhebliche Anzahl von manuellen Eingaben sind mittels Schalter, Tasten und Knöpfen von Piloten selbst zu übernehmen.

Da die Vielzahl an Funktionen nicht durch einzelne Tasten oder Steuerelemente realisiert werden konnte, wurden einige Tasten mit mehreren Funktionen belegt. Diese Multifunktionstasten befinden sich im Gesichtsfeld des Piloten zentral am Hauptinstrumentenbrett in unmittelbarer Nähe um die dazugehörigen Multifunktionsanzeigebildschirme. Bei Schaltern, welche außerhalb des unmittelbaren Gesichtsfeldes angeordnet werden mussten, wurde durch unterschiedliche Formgebung und eine damit einhergehende taktile Handrückkopplung die Verwechslungsgefahr minimiert. Das zentrale Element am Hauptinstrumentenbrett stellen drei Multifunktionsbildschirme dar, die im mittelbaren Gesichtsfeld des Piloten angeordnet sind. Alle weiteren notwendigen Informationen werden in einem Weitwinkelblicksichtgerät (Head Up Display HUD) und durch ein helmgestütztes Anzeige- und Zieleinrichtungssystem dargestellt.

Die Möglichkeit der Sprachsteuerung findet beim Eurofighter Typhoon nur begrenzt Anwendung. Lediglich die Sprachsteuerung von nicht flugsicherheitskritischen Funktionen ist realisierbar. Unter Laborbedingungen erzielt das System einen Spracherkennungsgrad von circa 90 Prozent, welcher unter realen Flugbedingungen unter 70 Prozent sinkt. Gründe dafür liegen in lauten Nebengeräuschen sowie bei verzerrten Stimmen unter G_z-Belastungen. Diese Art des Bedienkonzeptes eignet sich daher nur für Routinebefehle während unkritischen Flugphasen (vgl. Krammel, 2002).

Fixierung und Bewegungsradien

Der Sitz befindet sich grundsätzlich in einer aufrechten Position mit einer leichten Rücklehnung von 21 Grad über die vertikale und acht Grad gegen die horizontale Achse. Diese Rückneigung des gesamten Schleudersitzes ist erforderlich, um an dessen Ausschussachse (25 Grad Rückneigung über die vertikale Achse hinaus) ausgerichtet zu sein. Im Falle eines Ausschusses des Piloten entsteht durch diese Ausrichtung ein günstigerer Winkel, um den auftretenden G_z-Belastungen entgegenzuwirken.

Die entspannte Position des Kampfpiloten ist aufrechter als die eigentliche Rückenlehne des Schleudersitzes. Sie ist gekennzeichnet durch eine Rücklehnung von etwa 15 Grad gegen die vertikale Achse. In dieser Position ist der Pilot in der Lage, in einem Winkel von 15 Grad unterhalb der Horizontalachse über die Flugzeugnase hinweg zu

sehen. Der Kniewinkel ist abhängig von der Körpergröße und beträgt im Durchschnitt etwas weniger als 90 Grad, wobei die frei beweglichen Füße an den Pedalen verschiedene Steueraufgaben übernehmen müssen, während der Eurofighter noch am Boden ist. Der Oberkörper ist nach hinten durch die Rückenlehne absolut- und nach vorne durch die Schultergurte relativ fixiert. Diese können durch einen einfachen Handgriff gelockert werden, um sich nach vorne zu beugen oder die Schulterachse nach links und rechts zu drehen, sodass ein möglicher Feind visuell zu verfolgen ist. Damit exakte Steuerbewegungen der Arme und Beine auch in Kopfüber-Positionen durchführbar sind, wird der Pilot im Bereich der Hüfte so fest wie möglich fixiert, sodass eine dynamische Beckenkippung nicht mehr durchführbar ist. Die Arme unterliegen keinen wesentlichen Einschränkungen und werden zur Bedienung der Steuereinrichtungen vorrangig vorwärts und seitlich der Sitzposition sowie unterhalb der Schulterachse bewegt.

Aufgrund taktischer Erfordernisse unterliegt der Kopf keinen wesentlichen Bewegungseinschränkungen. Extensions- und Flexionsbewegungen sind hinter Rotationsbewegungen die häufigsten cervikalen Auslenkungen. Eine Kombination in Form von Extension- und Rotationsbewegung („check-six“) nimmt während realer Luftkämpfe eine zentrale Rolle ein (vgl. Kapitel 2.3.1; Newman, 1997; Green & Brown, 2004; Wagstaff, Jahr, & Rodskier, 2012). Durch die Kopfstütze der Rückenlehne ist eine Bewegung nach hinten oben in der normalen Sitzposition limitiert, welche jedoch durch thorakale Flexion übergangen werden kann. Diese vorgebeugte Haltung bringt jedoch einen ungünstigen Körperwinkel zu den auftretenden G_z-Kräften mit sich und erhöht folglich das Verletzungsrisiko (vgl. Kapitel 3.1).

Taktische Anforderungen Luftkampf

In der Auftragsbreite eines Kampfpiloten stellt der Luftkampf die höchsten Anforderungen an den Piloten und kann somit als Belastungsmaximum interpretiert werden. Alle übrigen Flugschemata, wie Überwachungs-, Begleit-, Übungs- oder Abfangflüge treten weitaus häufiger auf und zeichnen sich durch geringere Belastungen aus. Die standardisierten, taktischen Verhaltensweisen und –normen, welche aus Einsatzerfahrungen, technischen Nennwerten und Leistungsfähigkeit des eigenen Flugzeuges sowie aus Kenntnissen gegnerischer Luftfahrzeuge resultieren, ergeben ein Geflecht aus Handlungsvarianten, deren Kombination über den Erfolg des Luftkampfes entscheiden.

Um ein Grundverständnis vom üblichen Zeitschema eines Einsatzfluges zu vermitteln, wird anschließend ein grober, exemplarischer Ablauf von der Vorbereitung des Fluges bis hin zur Nachbesprechung gegeben.

Tabelle 1: Zeitlicher Ablauf Standardflug.

Maßnahme	Dauer in Minuten
Flugbereitschaft des Piloten	Abhängig von Auftragslage
Briefing	15
Missionsplanung	60-90
Flug	45-60
Debriefing	60-90

Die grundsätzliche, taktische Intention liegt in der Auftragserfüllung aus großer Distanz. Die weitreichenden Waffensysteme des Eurofighter Typhoon erlauben eine Zielerfassung und dessen Bekämpfung aus so großer Entfernung, dass der Feind die Anwesenheit des Eurofighters im Optimalfall nicht bemerkt. Trotz dieses technologischen Fortschrittes kann es unter Umständen zu hochintensiven Luftkämpfen mit Sichtkontakt kommen, welche in den meisten Fällen folgendem, stark vereinfachten Duellschema unterliegen (vgl. Panovsky, 2010, S. 23):

Phase 1

Die Piloten steuern aufeinander zu und versuchen, in einer möglichst geringen Entfernung auf parallelen Flugbahnen aneinander vorbei zu fliegen, wodurch die Handlungsmöglichkeiten für den Gegner frühzeitig eingeschränkt werden sollen.

Phase 2

Unmittelbar nach dem Vorbeiflug wird die eine Maschine in einem möglichst engen Radius in die Flugbahn des passierten Gegners gelenkt, um noch vor dem gleichartigen Manöver des Gegners hinter sein Flugzeug zu gelangen.

Phase 3

Da die Flugzeuge luftfahrzeugspezifischen, physikalisch-technischen Limitierungen unterliegen, kann ein Flugzeug, welches einmal hinter das gegnerische gelangt ist, kaum

mehr „abgeschüttelt“ werden. Zugleich ist dies die optimale Position zum Einsatz von Waffen.

Phase 4

Aus den beiderseitigen Versuchen, hinter das gegnerische Flugzeug zu gelangen, entwickelt sich eine Duellsituation, bei dem das Ziel verfolgt wird, sich mittels rasch ausgeführter, enger Radienflüge hinter dem gegnerischen Luftfahrzeug zu positionieren und die Waffen zur Wirkung zu bringen.

Der rasche Übergang von belastungsarmen, linearen Bewegungen zu extrem engen und damit höchst belastenden Radienflüge der Phase 2 stellen somit die wesentlichen Anforderungen an die Belastungskompetenz des Piloten dar. Während dieser Phase muss der Pilot verschiedene Aufgaben erfüllen, um den Luftkampf erfolgreich zu Ende zu bringen. Zusammenfassend wird der Vorbeiflug mit möglichst geringem Abstand durchgeführt, wobei der vorbeifliegende Gegner im Blickfeld gehalten werden muss („checking-six“). Durch eine frühestmögliche Einleitung des Wendemanövers nach dem Vorbeiflug wird versucht, der Flugbahn des Gegners zu folgen. Dieses Wendemanöver muss so eng wie möglich am luftfahrzeugspezifischen und physiologisch-individuellen Belastungsmaximum ausgeführt werden.

2.3.2 Physische Anforderungen

Im folgenden Kapitel werden die physischen Anforderungen eines Kampfpiloten erläutert, die Auswirkungen von G_z-Beschleunigungen verdeutlicht sowie technische Kompensationsmöglichkeiten aufgezeigt.

2.3.2.1 Auswirkungen von G_z-Beschleunigungen

Geschwindigkeit ist eine vektorielle Größe, welche die zurückgelegte Strecke pro Zeiteinheit beschreibt, wobei diese durch ihre Richtung und Größe definiert wird. Jede Änderung der Geschwindigkeit wird dabei als Beschleunigung bezeichnet. Die daraus resultierende physikalische Maßeinheit ist Meter pro Sekunde zum Quadrat (m/s^2). Die mittlere Erdbeschleunigung beträgt 9,81 m/s^2 und wird als ein „G“ bezeichnet. Treten höhere

Erdbeschleunigungen auf, wie beispielsweise bei Luftkampfmanövern, werden diese als Lastvielfaches (G) angegeben. Die zentrifugalen Kräfte sind proportional zum Quadrat der Geschwindigkeit und umgekehrt zum Radius des Flugkreises. Solange das Flugzeug auf einer exakten Kreisbahn fliegt, bleibt die Zentrifugalbeschleunigung folglich konstant. Bei Erhöhung der Geschwindigkeit oder Verkleinerung des Kurvenradius würde diese zunehmen. Die Beschleunigungskräfte können in drei Achsen auf den menschlichen Körper wirken (Längs-, Quer-, Hochachse). Beschleunigungen entlang der Längsachse werden mit G_x bezeichnet, wobei positive G_x von vorne nach hinten (Startbeschleunigung) und negative von hinten nach vorne (Abbremsen nach Landung) wirken. Der menschliche Körper besitzt bei Beschleunigungen in dieser Achse eine Toleranz von bis zu 15 G_x (vgl. Farsch, 2010, S. 89). Die entlang der Querachse wirkenden Kräfte werden mit G_y beschrieben, wobei von links nach rechts wirkende Beschleunigungen als negativ und von rechts nach links wirkende als positiv bezeichnet werden. Kräfte auf dieser Achse treten sehr selten auf und spielen in der Luftfahrt eine entsprechend untergeordnete Rolle. Beschleunigungen entlang der Hochachse werden als G_z bezeichnet und stehen im Mittelpunkt der Betrachtung in der Luftfahrt. Positive G_z wirken vom Kopf in Richtung Füße (Kurvenflug, Looping), negative von den Füßen in Richtung Kopf (Außenlooping). Neben unterschiedlichen, visuellen Störungen können starke positive G_z zum Bewusstseinsverlust „Gravity Induced Loss of Consciousness G-LOC“ führen (vgl. Farsch, 2010, S 89).

Bei einer normalen G_z-Belastung von +1 G_z muss das Herz eine Strecke von etwa 30 Zentimeter bis zum Gehirn bzw. den Augen überwinden, um das nötige Blut entgegen der Erdbeschleunigung zu pumpen. Bei zunehmender Erdbeschleunigung „verlängert“ sich diese Strecke proportional. Bei einer Beschleunigung von +6G_z muss das Blut vom Herzen folglich eine vergleichbare Strecke von 180 Zentimeter überwinden, um zum Gehirn oder den Augen zu gelangen. Gemäß der Massenträgheit sackt das Blut in die unteren Extremitäten und sammelt sich dort an. In Folge dessen sinkt der Blutdruck im Kopf und steigt gleichzeitig in den Beinen an bis eine Sauerstoffunterversorgung (Hypoxie) in den Augen und Gehirn eintritt. Durch den im Auge herrschenden Innendruck wird die Sauerstoffversorgung der Sehorgane zusätzlich gehemmt, was ein Auftreten der Symptome weiter beschleunigt (vgl. Czihak, 2007; Nehring, 2008; Farsch, 2010).

Die strukturellen Komponenten des Halses bestehen aus Hart- und Weichgewebe. Zum Hartgewebe gehören Wirbel und Bandscheiben, welche eine zentrale Rolle bei der Stabilisierung des Kopfes übernehmen und auftretenden Druckkräften standhalten. Das Weichgewebe umfasst Bänder und Muskeln, welche die Halswirbelsäule stabilisieren, unterstützen und beweglich machen. Der Schwerpunkt des Kopfes liegt leicht vor den Ohren und somit außerhalb der Vertikalachse der Halswirbelsäule. Die Nackenmuskulatur muss folglich auch in Ruhe auf Spannung sein um zu verhindern, dass sich der Kopf zu viel oder zu schnell nach vorne beugt. Die Fähigkeit, Halswirbelsäule und Kopf unter hohen Beschleunigungskräften zu stabilisieren nimmt nachweislich ab, wenn eine Fehlstellung im cervikalen Bereich hinsichtlich Neutralstellung in Form von Flexion, Extension oder Rotation vorherrscht (vgl. Snijders, Hoek von Dijke & Roosch, 1991).

Mittels Elektromyographie-Messungen können die individuellen Belastungen während Übungsflügen oder in Zentrifugen operationalisiert werden. Die Belastungsintensität wird in Relation zur „Maximum Voluntary Contraction MVC“ in Prozent angegeben. Bei +4 G_z treten bei Extensionsbewegungen im cervikalen Bereich mittlere Belastungen von 56 % MVC, bei Rotationsbewegungen sogar von 80 % MVC auf (vgl. Hämäläinen & Vanharanta, 1992). Oksa, Hämäläinen, Rissanen, Myllyniemi und Kuronen (1996) sowie Green und Brown (2004) beschrieben cervikale Belastungen von 40-80 % MVC. Die Muskelaktivitäten von Oberschenkel und Bauch sind mit 10 % MVC vergleichsweise gering. Die mittleren Belastungen sind bei +4 G_z 2,4-fach und bei +7 G_z 5,9-fach höher als bei +1 G_z (vgl. Hämäläinen & Vanharanta, 1992).

Die Auswirkungen von G-Kräften sind individuell und hängen von einer Vielzahl an Faktoren (Training, Tagesform, Muskelmasse, Größe, etc.) ab. Sie können bei unterschiedlichen Belastungshöhen in verschiedenen Ausprägungen auftauchen. Farsch (2010) beschreibt vier zentrale Auswirkungen von positiven- und eine von negativen G_z-Belastungen auf den menschlichen Körper.

Beim „Tunnel Vision“ führt die auftretende Sauerstoffunterversorgung im peripheren Gesichtsfeld zu einer immer enger werdenden, tunnelartigen Sehwahrnehmung. Zwischen +3,5 und +5 G_z wird das Sichtfeld zunehmend kleiner. In den meisten Fällen tritt dieses Symptom zusammen mit dem „Greyout“ auf (vgl. Kapitel 3.3). Die Unterversorgung mit Sauerstoff beeinflusst die Funktionsweise der farbempfindlichen Rezeptoren im Auge, den sogenannten Zapfen. Zwischen +3,8 und +4,5 G_z führt dies meist zum plötzlich

eintretenden Verlust der Farbsehfähigkeit in Kombination mit einer Verschlechterung der Sehschärfe.

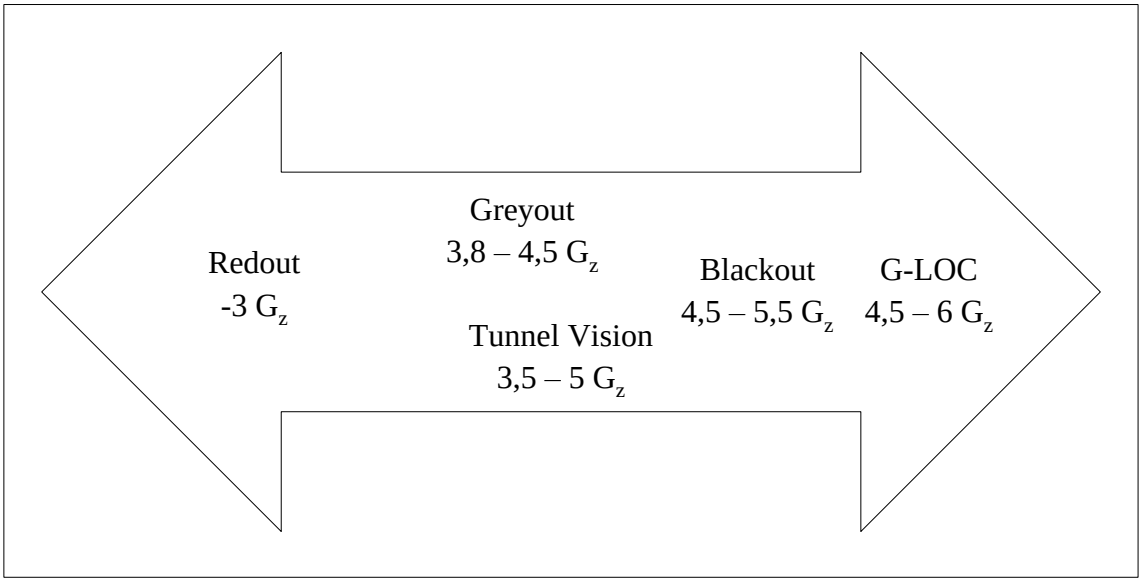


Abbildung 6: Allgemeine Durchschnittswerte für Beschleunigungswirkungen (nach Farsch, 2010, S. 90).

Zwischen +4,5 und +5,5 G_z verengt sich der Tunnelblick zunehmend bis schließlich nur noch schwarzgesehen wird („Blackout“). Aufgrund des oben beschriebenen Augeninnendrucks reagieren die Augen empfindlicher als das Gehirn selbst. Es kommt zu einem totalen Verlust des Sehvermögens bei vollem Bewusstsein. Piloten müssen in der Lage sein, diese Situationen als solche zu erkennen, um sofortige Gegenmaßnahmen aktiv einzuleiten, wie beispielsweise den Zug am Steuerknüppel zu reduzieren. Wirken die positiven G_z-Kräfte länger und intensiver, kann es unter Umständen zur Sauerstoffunterversorgung des Gehirns kommen und ein gravitationsinduzierter Verlust des Bewusstseins (G-LOC) tritt ein. Bei sehr kurzen, hohen G_z-Belastungen im Bereich von zwei Sekunden können die Zellen durch den in ihnen noch vorhandenen Sauerstoff ihre Funktion kurzzeitig aufrechterhalten.

Im Gegensatz zum Blackout können aufgrund der tatsächlichen Bewusstlosigkeit keine aktiven Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Nach dem Wiedererlangen des Bewusstseins folgt meist eine Phase der Desorientierung. Bei sehr hohen Zuwachsraten der

G_z-Belastung (Onset-Rate) können die visuellen Vorwarnungen ausbleiben und im direkten G-LOC resultieren. Solche hohen Onset-Rates von mehr als +5 G_z pro Sekunde sind mit heutigen Kampfflugzeugen problemlos zu realisieren.

Negative Beschleunigungen entlang der z-Achse entstehen beispielsweise durch Andrücken des Flugzeuges. Die übermäßige Verschiebung von Blut in den Kopfbereich führt zu akutem Unwohlsein und Übelkeit. Längere und intensivere negative Beschleunigungen als -3 G_z können zu Dauerschädigungen in Form von reißenden Blutgefäßen im Auge und Gehirn führen. Beim „Redout“ wird das untere Augenlied über das Auge geschoben, sodass der Blick durch das Unterlied hindurch verläuft und die Sehwahrnehmung rot verfärbt.

2.3.2.2 Technische Kompensation von G_z-Kräften

Um den beschleunigungsinduzierten Symptomen (Blackout, Greyout, Tunnel-Vision, Redout) entgegenzuwirken, können unterschiedliche Methoden angewandt werden. Das Ziel der meisten Methoden liegt in der Verhinderung des Absackens von Blut in die untere Extremität. Die einfachste Form stellen dabei bewusst angesteuerte Muskelkontraktionen dar, welche Druck auf die Blutgefäße ausüben sollen. Weiterhin kann durch Pressatmung, Überdruckbeatmung oder durch das Tragen von Anti-G_z-Anzügen die G_z-Toleranz zusätzlich erhöht werden. Alle Anti-G_z-Anzüge sollen verfolgen demnach das Ziel, ein Absacken des Blutes in die untere Körperhälfte weitestgehend verhindern (vgl. Kapitel 2.3.2.1; 3.3). Das eigens für den Eurofighter Typhoon entwickelte „Life Support System & Aircrew Equipment Assembly AEA“ umfasst sowohl eine Anti-G-Hose („Full-Cover Anti-Gz Trousers FCAGT”) als auch ein Brust-Gegendruckoberteil („Chest Counterpressure Garment CCPG“). Der gesamte Anti-G_z-Anzug sowie die Atemunterstützungstechnologie sind computergesteuert und bedürfen keiner aktiven Intervention des Piloten.

Bei Anti-G_z-Anzügen wird zwischen pressluftbetrieben- und flüssigkeitsgefüllten Systemen unterschieden. Pressluftbetriebene bzw. pneumatische Systeme füllen bei auftretenden G_z-Belastungen vorhandene Gummiblasen im Anti-G_z-Anzug mit Druckluft. Durch die Kompressibilität der Luft kommt es jedoch zu einem verzögerten Druckaufbau, wodurch die optimale Wirkung des Anzuges nicht direkt realisiert werden kann. Bei

schnellen G-Onsets könnten beim Piloten demnach belastungsinduzierte Symptome auftreten bevor der erforderliche Druck des Anzuges überhaupt erreicht ist. Die am häufigsten verwendeten Systeme beschränken sich dabei auf Beine und Bauch wobei zusätzliche Körperregionen in Form von Westen oder Socken miteinbezogen werden können. Beispiele für pneumatische Systeme stellen das britische „Aircrew Equipment Assembly AEA“ mit Anti-G_z-Hose, -Socken, -Weste und Pressbeatmung, welches im britischen, italienischen, spanischen und deutschen Eurofighter Typhoon verwendet wird, das amerikanische „Combined Advanced Technology Enhanced Design G Ensemble COMBAT EDGE“ System für die McDonnell Douglas F-15 und General Dynamics F-16 sowie das russische VKK-6 System als Ganzkörperanzug mit Anti-G_z-Socken dar.

Im Gegensatz zu pneumatischen Systemen tritt der Gegendruckeffekt bei flüssigkeitsbasierten Anzügen ohne Verzögerung ein. Diese Anzüge verfügen über mehrere sogenannte Flüssigkeitsmuskeln, welche mit Wasser gefüllt und verschlossen sind. Der den Piloten umgebenden Wasserdruck wirkt als Gegendruck zur G_z-Belastung, welche damit theoretisch vernachlässigt werden könnte. Aufgrund der nichtvollständigen Körperabdeckung, selbst bei Ganzkörperanzügen, ist dies in der Praxis jedoch nicht möglich. Der in der Deutschen Luftwaffe getestete Ganzkörperanzug „Libelle G-Multiplus“, war ein flüssigkeitsgefüllter Ganzkörperanzug, welcher durch seine Eigenschaften eine erhöhte G_z-Toleranz sowie eine verbesserte Bewegungs- und vor allem Sprechfähigkeit unter hohen G_z erzielen sollte. Der Anzug war mit circa vier Litern (später 1,1 Liter) Wasser gefüllt und wog etwas mehr als sechs Kilogramm. Die „Libelle G-Multiplus“ wurde bei Einführung des Eurofighters in einem Vergleichsprogramm mit dem „AEA“ getestet, wobei sich das „AEA“ System aus Wirksamkeits- und Zuverlässigkeitsgründen durchsetzte.

Durch das Tragen von Ganzkörperanzügen, welche sich unter den Anti-G_z-Systemen befinden, kann es aufgrund der großen Körperflächenabdeckung vermehrt zu Überhitzungen und steigender Erschöpfung der Piloten kommen. Ohne die Verwendung eines Anti-G_z-Anzuges in Verbindung mit einem Überdruckbeatmungssystem würde sich die Leistungsfähigkeit des Mensch-Maschine-Kontinuums erheblich reduzieren. Die Last, welche bei Beschleunigungen auf die Strukturen der Halswirbelsäule wirkt, kann von keinem bestehenden Anti-G_z-Anzug kompensiert werden. Der Stellenwert einer ausgeprägten cervikalen Muskulatur erhöht sich dementsprechend erheblich.

2.3.3 Psychische Anforderungen

Die steigende Anzahl an Einsätzen von Luftfahrzeugen der Bundeswehr in Kriegs-, Krisen- und Katastrophengebieten führen zu erheblichen Belastungen für das fliegende Personal der Bundeswehr. Neben einer Zunahme an „physical workload“ bei fliegerischen Einsätzen treten vor allem im emotionalen- und im Bereich der Informationsverarbeitung/Konzentration erhöhte Anforderungen auf (BMVg P II 4, 1995, S. 2).

Die zunehmende Intensität der Einsätze gepaart mit dem technologischen Fortschritt und der sich ständig wechselnden Bedrohungslage, stellen für die Soldatinnen und Soldaten eine besondere Art der Belastung dar. Das Leben in Feldlagern, die lange Trennung von der Familie, die intensiven Dienstzeitbelastungen und das Erleben von Leid der Zivilbevölkerung stehen als permanente Belastungen der psychischen Leistungsfähigkeit gegenüber (vgl. Hauffa, Brähler, Biesold & Tagay, 2007). Die Definition und Differenzierung der psychischen Leistungsfähigkeit ist vom Kontext der zugrundliegenden Situation abhängig. Im Kontext eines Kampfpiloten steht die psychische Widerstandsfähigkeit gegen widrige Umstände in Verbindung mit allgemeiner Selbstwirksamkeitserwartung im Vordergrund. Neben den zuvor genannten permanenten Belastungen existieren in Kampfeinsätzen spezifische, einsatzbedingte Belastungen, die aufgrund ihrer Intensität und hohem Traumatisierungspotential diese permanenten Belastungen überragen. Dazu gehören unter anderem die Teilnahme an Kampfhandlungen, die Nachwirkungen von Gefechten oder die erlebte Gefährdung des eigenen Lebens (vgl. Vogt, Vaughn, Glickman, Schultz, Draioni, Elwy & Eisen, 2011).

Um das Traumatisierungspotential solch kritischer Ereignisse zu minimieren und eine Bewältigung dieser zu ermöglichen, müssen individuelle, personelle Ressourcen geschaffen und gefördert werden, welche der psychischen Belastung entgegenwirken. Vergleichbar mit Leistungssportlern, die zur Vorbereitung auf Wettkämpfe neben der körperlichen-, gleichermaßen die mentale Leitungsfähigkeit trainieren, müssen Soldatinnen und Soldaten physisch und psychisch fit sein, um herausfordernde Einsätze erfolgreich zu bestehen (vgl. BMVg FüSK II 7, 2014).

Resilienz bezieht sich auf das Phänomen, dass manche Personen trotz ausgeprägter psychischer Belastungen gesund bleiben oder sich vergleichsweise leicht von Ereignissen mit Traumatisierungspotential erholen, während andere unter vergleichbaren Bedingun-

gen besonders anfällig reagieren (vgl. Rutter, 1995; Noeker & Petermann, 2008; Marinschek, 2010; Leppert, Richter & Strauß, 2013; Pechmann, Petermann, Brähler, Decker & Schmidt, 2015). Sie kann somit als positives Gegenstück zur Vulnerabilität betrachtet werden, wobei es weniger um eine absolute Invulnerabilität, sondern vielmehr um eine flexible, den jeweiligen Situationsanforderungen angepasste Widerstandsfähigkeit gegenüber pathogenen Ereignissen geht (vgl. Schumacher et al., 2004; Kapitel 5.3.3). Da das eingesetzte Personal in der Erfüllung des militärischen Auftrages immer wieder solchen Ereignissen ausgesetzt ist, müssen geeignete präventive und nachbereitende psychologische Trainings- und Unterstützungsmaßnahmen ergriffen werden, um den Umgang mit derartigen Situationen zu erleichtern sowie möglichen Spätfolgen vorzubeugen (vgl. BMVg P II 4, 1995; Kowalski, Hauffa, Jacobs, Höllmer, Gerber & Zimmermann, 2012; Kapitel 5.3.3).

Bei der Allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung geht es um die allgemeine Einschätzung der persönlichen Kompetenz, im täglichen Leben mit Schwierigkeiten und Barrieren zu Recht zu kommen sowie kritische Anforderungssituationen aus eigener Kraft erfolgreich bewältigen zu können (vgl. Schwarzer & Jerusalem, 1999; Kapitel 5.3.3).

2.3.4 Erfassung der psycho-physischen Leistungsfähigkeit

Im diesem Kapitel wird die Erfassung der psycho-physischen Leistungsfähigkeit dargestellt. Nachdem die Erfassung der physischen Leistungsfähigkeit thematisiert wurde folgt die der psychischen Leistungsfähigkeit.

2.3.4.1 Physische Leistungsfähigkeit

Die Definitionsversuche der physischen Leistungsfähigkeit sind weitreichend und unterscheiden sich hinsichtlich gesetzter Schwerpunkte. Knechtle (2002) definiert körperliche Leistung als die Fähigkeit des Menschen, mit seinen Muskeln physikalisch eine Arbeit und damit eine Leistung durchzuführen. Die physische Leistungsfähigkeit kann dabei aus verschiedenen Komponenten, wie etwa Ausdauer, Kraft, Beweglichkeit, Koordination oder Schnelligkeit bestehen. Die Basis jeder sportlichen Leistung beschreibt Knechtle (2002) als die Fähigkeit des Organismus, die richtige Menge an Energie zur richtigen Zeit

bereitzustellen und ihren Umsatz den spezifischen Anforderungen des jeweiligen sportlichen Ablaufes entsprechend zu steuern. Haag und Haag (2003) hingegen definieren physische Leistungsfähigkeit beispielsweise als Fähigkeit des Menschen, Leistung zu erbringen, wobei Leistung im Sinne des Meisterns einer motorischen Aufgabe zu verstehen ist. Lenz (2005) geht in ihrer Definition einen Schritt weiter und betrachtet den Einfluss von Lern- und Entwicklungsfähigkeit. Sie definiert körperliche Leistungsfähigkeit als einen durch Entwicklung beeinflussten funktionellen Zustand des physiologischen und sensomotorischen Systems, der an die Leistungsbereitschaft gebunden ist und angibt, inwieweit ein Mensch in der Lage ist, motorische Aufgaben zu meistern. In vorliegender Arbeit wird die physische Leistungsfähigkeit durch sieben Testverfahren erfasst (vgl. Kapitel 5.4.1).

2.3.4.2 Psychische Leistungsfähigkeit

Die psychische Leistungsfähigkeit wird in der Arbeitswissenschaft meist gleichgesetzt mit psychischer Belastbarkeit (vgl. Metz & Rothe, 2017). Das Deutsche Institut für Normung e.V. (1987) definiert psychische Belastung als die Gesamtheit aller erfassbaren Einflüsse, die von außen auf den Menschen zukommen und psychisch auf ihn einwirken. In diese Gesamtheit sind Merkmale von Arbeitstätigkeiten eingeschlossen, die kognitive, motorische, soziale und emotionale Aktivitäten in der Auseinandersetzung des Individuums mit seiner spezifischen Situation erfordern (vgl. Metz & Rothe, 2017). Der Begriff psychische Belastung wird in der Literatur als neutral verstanden und kann sowohl positive als auch negative Beanspruchungsfolgen nach sich ziehen. Bis zu einem gewissen Maß an psychischer Belastung kann diese als Aktivierung und Motivation erlebt werden (vgl. Seiferling, 2014). Die Möglichkeiten zur Erfassung psychischer Leistungsfähigkeit bzw. psychischer Belastbarkeit sind mannigfaltig und setzen klare Schwerpunkte voraus. Im Hinblick auf die Personengruppen, welche in vorliegender Studie untersucht werden sollen, erscheint die Erfassung der psychischen Widerstandsfähigkeit als besonders zutreffend. Der Soldatenberuf steht in einigen Fällen in Verbindung mit schwerwiegenden Erlebnissen, die es zu verarbeiten gilt um so an diesen wachsen zu können. Dabei ist es entscheidend, Vertrauen in die eigenen Fertigkeiten zu haben. Eine qualitative Untersuchung ist im Rahmen der Vorschriftenlage nicht realisierbar, da diese nur durch ausgebildetes Fachpersonal in Form von Psychologen durchgeführt werden können. Weiterhin

würde eine qualitative Untersuchung der Probanden an allen Testzeitpunkten den zeitlichen Rahmen überschreiten. In vorliegender Arbeit wird die psychische Leistungsfähigkeit durch zwei Testverfahren erfasst (vgl. Kapitel 5.4.2).

2.4 Konzept Leistungssteigerung

Nachdem sich das vorangegangene Kapitel mit den systemischen Anforderungen, den biometrischen Kenngrößen sowie den Auswirkungen und Kompensationsmöglichkeiten von G_z-Kräften beschäftigte, soll sich das folgende Kapitel bereits bestehenden Konzepten und Programmen widmen, welche sich mit der Leistungssteigerung von Piloten beschäftigen. Nachdem das Konzept für „Human Performance Enhancement“ (vgl. BMVg InspL, 2012) dargestellt wurde, wird das bereits implementierte Programm „Provention“ (vgl. Nüsse, 2011, 2015) im Taktischen Luftwaffengeschwader 31 „B“ erläutert.

2.4.1 Human Performance Enhancement in der Luftwaffe

Die nachfolgenden Ausführungen gründen weitestgehend auf dem vom damaligen Inspekteur der Luftwaffe verabschiedeten Konzept für HPE (vgl. BMVg InspL, 2012).

> „Die Leistungs- und Durchhaltefähigkeit des fliegenden Personals […] mit Blick auf den Einsatzauftrag auf hohem Niveau zu halten und wenn möglich zu steigern, stellt die Bundeswehr vor große Herausforderungen“ (BMVg InspL, 2012, S. 5).

Ein wesentlicher Faktor für die Sicherstellung der Durchhaltefähigkeit des Systems „Fliegerischer Dienst im Einsatz“ stellt der langfristige Erhalt der psycho-physischen Leistungsfähigkeit der Piloten dar. Da der Umfang dieses Personalkörpers insgesamt gering und fliegendes Personal nur schwer regenerierbar ist, wird der Vorsorge zum Erhalt der Leistungsfähigkeit ein besonderer Stellenwert zugesprochen.

Unter Aspekten des militärischen Einsatzflugbetriebes ist der Grenzbereich menschlicher Leistungsfähigkeit von besonderer Bedeutung. Zur Optimierung der individuellen Leistungsfähigkeit im Verbund aller in der Luftfahrt beteiligten Kräfte wurde das Konzept für „Human Performance and Limitations“ und „Crew Ressource Management“ ent-

wickelt (vgl. BMVg Fü L I 3, 2006). Diese sollen sich mit den für den Flugbetrieb erforderlichen physischen, psychischen und kommunikativen Leistungen sowie mit dem Ausgleich möglicher Defizite befassen.

Human Performance Enhancement soll dabei der Steigerung des individuellen Belastungswiderstandes und der Leistungssteigerung dienen. Weiterhin soll der Alterungsprozess durch körperliches Training „verlangsamt“ werden, um so das betroffene Personal länger im Cockpit halten zu können. Die Personalauswahl für den fliegerischen Dienst in der Bundeswehr ist mit Schwerpunkt auf die Ausbildungsfähigkeit als Offizier und Pilot ausgerichtet. Bereits bei der Erstbegutachtung auf Wehrfliegerverwendungsfähigkeit (WFV) werden bei den Bewerbern hinsichtlich physischer- und psychischer Leistungsdiagnostik erste Grundlagen für eine gezielte, weiterführende Trainingssteuerung erhoben. Bei jedem Piloten bzw. angehenden Piloten wird auf Grundlage der vorliegenden Ergebnisse eine Eignungsdiagnostik durch den jeweiligen Fliegerarzt im Geschwader durchgeführt, welcher durch Sportwissenschaftler und Physiotherapeuten unterstützt wird. Dabei soll der Sportwissenschaftler Leistungsdiagnostiken und sportmotorische Tests durchführen, wobei der Physiotherapeut eine sportphysiotherapeutische Begutachtung ausführen soll. Die erhobenen Befunde werden dahingehend bewertet, inwieweit diese vom idealen Zustand abweichen und ob Handlungsbedarf besteht. Der Idealzustand ist weder definiert, noch stehen Handlungsanweisungen zur Verfügung. Er wird vielmehr subjektiv durch den Fliegerarzt vor Ort angenommen.

Daraufhin folgt im interdisziplinären Konsens die individuelle Zieldefinition und die daraus abzuleitenden Trainingsmaßnahmen. Diese werden mit dem Piloten selbst und seinem fliegerischen Vorgesetzten abgestimmt und regelmäßigen Verlaufskontrollen unterzogen. Die dargestellten Ausführungen des Konzeptes (vgl. BMVg InspL, 2012) legten den Grundstein für die Implementierung der HPE-Programme in den unterschiedlichen Geschwadern der Luftwaffe. In den vergangenen fünf Jahren zeigte sich jedoch, dass die beschriebenen Ausführungen zu viel Handlungsspielraum für die einzelnen Geschwader zulassen. In Verbindung mit fehlenden, konkreten Forderungen ist die Implementierung der HPE-Programme in den Geschwadern unterschiedlich weit fortgeschritten. Diese Unterschiede reichen von Materialausstattungen über Infrastrukturmaßnahmen bis hin zu Dienstpostenbesetzungen. Konkret wurde somit HPE in jedem Geschwader auf eine an-

dere Weise mit unterschiedlichen Inhalten implementiert. Das Fliegerarztteam des Taktischen Luftwaffengeschwaders 31 „B“ entwickelte in Zusammenarbeit mit der Geschwaderführung ein eigenes Konzept, welches im nachfolgenden Kapitel dargestellt wird (vgl. Nüsse, 2011, 2015). In der vergangenen Zeit kam es immer wieder zu Diskussionen über die Abgrenzung der Begrifflichkeiten HPE (Human Performance Enhancement) und HPO (Human Performance Optimization). Das aktualisierte, sich in der Mitzeichnung befindende Konzept K1-9000/2056 (Stand: November 2019) definiert HPE wie folgt:

> „Human Performance Enhancement (HPE) fasst all jene Maßnahmen zusammen, die darauf abzielen, die Leistungsfähigkeit in einer Art und Weise zu erweitern, die über das individuell maximale Potenzial, seien es beispielhaft das physische und/oder psychische Potenzial, aber auch sensorische oder kognitive Fähigkeiten, hinausgehen (Stichwort: „superhuman capabilities“). Dies umfasst auch Maßnahmen, die dazu dienen, neue Eigenschaften zu erschließen (z. B. neue sensorische Fähigkeiten durch Implantate)“ (nach Kdo Lw 2 II c, 2020, S. 5).

In der Erstfassung des Konzepts (vgl. BMVg, 2012) wird eine andere Definition für HPE verwendet. Diese entspricht der Definition von HPO in der aktualisierten Fassung des Konzepts:

> „Human Performance Optimization (HPO) beschreibt alle Maßnahmen, die darauf abzielen, die Leistungsfähigkeit des Individuums unter Beachtung des individuell maximalen Potenzials zu entwickeln/zu erhalten, wenn sie durch diverse Stressfaktoren nachlässt bzw. droht nachzulassen“ (nach Kdo Lw 2 II c, 2020, S. 5).

Das Forschungsvorhaben würde sich demzufolge nicht mit HPE beschäftigen, sondern die Begrifflichkeit HPO verwenden. Da sich das Konzept noch in der Mitzeichnung befindet und daher kein offizielles Dokument neben dem Konzept von 2012 (vgl. BMVg, 2012) besteht, wird im weiteren Verlauf der Arbeit von HPE gesprochen. Bei der Erstellung des aktualisierten Konzeptes, welches sich in der Mitzeichnung befindet, wurden nach erster Durchsicht keine Erkenntnisse aus anderen Studien berücksichtigt.

2.4.2 „Provention“ im Taktischen Luftwaffengeschwader 31 „B“

Unter dem Begriff „Provention“ werden im TaktLwG 31 „B“ alle Maßnahmen zur Gesundheitsförderung im Rahmen der Betreuung von Eurofighter-Piloten zusammengefasst. Dieser Arbeitsbegriff soll die individualisierte und fürsorgliche Ausrichtung des Programms verdeutlichen. So wird die bewährte Gesundheitsvorsorge in der Flugmedizin um die Bereiche Leistungsoptimierung und Gesundheitsförderung erweitert. Das nachfolgende Kapitel gründet auf den Ausführungen von Nüsse (2011, 2015). Bewährte Präventionsverfahren verfolgen entweder das Ziel, einen gesunden Zustand zu erhalten oder einen erkrankten Zustand wiederherzustellen. Um das menschliche Leistungspotenzial zu optimieren, bedürfen die klassischen präventivmedizinischen Verfahren weitreichenden Ergänzungen. Es wurde eine Weiterentwicklung des flugmedizinischen Leistungsangebotes gefordert, welches die gestiegenen operativen- und individuellen Forderungen bedienen kann.

Verschiedene Modelle und Methoden aus unterschiedlichen Fachrichtungen wurden auf ihre Anwendbarkeit und Nützlichkeit in einem fliegenden Verband geprüft und bereits zur Verfügung stehende Fähigkeiten und Ressourcen in ein gesundheitsförderliches Konzept integriert. Aus den Fähigkeitsspektren des zur Verfügung stehenden Personals wurden Methoden und Verfahren in den Fachdisziplinen Sportmedizin, Sportwissenschaft, Psychologie, und Physiotherapie identifiziert, welche auch an „gesunden“ Piloten proaktiv eingesetzt werden können. Das Team Fliegerarzt im TaktLwG 31 „B“ setzt sich gegenwärtig aus drei Fliegerärzten, einem Sportwissenschaftler, zwei Physiotherapeuten, drei flugmedizinischen Assistenten, einer zivilen Fachangestellten sowie einer assignierten Psychologin zusammen (vgl. Kapitel 2.4.2). Unter HPE werden alle Maßnahmen zur physischen- und psychischen Leistungsoptimierung bzw. zur Ausschöpfung individueller Leistungspotenziale zusammengefasst. Nüsse (2011, 2015) beschreibt diesbezüglich vier Leistungskategorien, wobei der Begriff Fitness nicht definiert wird.

Kernfitness

Um das Waffensystem Eurofighter auch in Grenzbereichen beherrschen zu können, benötigen die Piloten besondere psychische- und physische Fähigkeiten. Es gilt, die trainierbaren Anteile dieser Fähigkeiten zu identifizieren und den gegenwärtigen Leistungs-

stand mindestens zu halten. Besondere Bedeutung erfährt dabei das Training des muskulo-skelettalen Systems und hier vor allem der wirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur. Kernfitness beinhaltet folglich die für den Flugdienst unerlässlichen Fähigkeiten und Fertigkeiten, welche im Gesundheitsfürsorgekonzept (Nüsse, 2011) nicht näher definiert werden. Der Erhalt und die Steigerung der Kernfitness bilden die Schwerpunkte des individuellen Trainings im Rahmen des HPE-Programms.

Grundfitness

Unter Grundfitness wird die Fähigkeit verstanden, auch außerhalb des Flugdienstes leistungsfähig zu sein und Belastungen standhalten zu können. Durch das Training der motorischen Fähigkeiten (Kraft, Ausdauer, Schnelligkeit, Beweglichkeit und Koordination) wird die Basis für ein effektives Training geschaffen. Ziel ist dabei die Erreichung einer optimalen, körperlichen Konstitution, welche als gesundheitliche Reserve des Piloten interpretiert werden kann. Die Grundfitness kann somit als physische Fitness interpretiert werden.

Allgemeinfitness

Krankheitsbedingte Flugausfallzeiten sollen durch die Steigerung der Widerstandskraft und der Leistungsfähigkeit des Immunsystems vermieden werden. Die Verbesserung der allgemeinen Fitness verfolgt das Ziel eines gesteigerten Wohlbefindens und einer erhöhten Motivation in Bezug auf Freude an Bewegung. Dazu sollen alternative Sport- und Aktivitätsprogramme im Gruppenrahmen durchgeführt werden. Die Allgemeinfitness kann somit als psychische Fitness interpretiert werden.

Gesundheitsförderliche Lebensführung

Diese Fitnesskategorie beinhaltet die Vermittlung von Wissen zum eigenverantwortlichen, gesundheitsbewussten und –förderlichen Lebensstil. Dazu sollen umfangreiche Vortrags- und Fortbildungsangebote realisiert werden. Die Fliegerpsychologin soll in diesem Rahmen Vorträge und Gespräche zu den Themenfeldern Achtsamkeit, Stressmanagement und Konfliktmanagement durchführen. Folglich soll damit der psycho-soziale Aspekt abgedeckt werden.

Jeder neu in den Verband wechselnde Pilot soll eine eintägige sportmedizinische-, sportphysiotherapeutische- und sportwissenschaftliche Eingangsuntersuchung durchlaufen. Die Befunde werden anschließend mit allen Beteiligten diskutiert, kategorisiert und entsprechend Dringlichkeit und Wertigkeit priorisiert. Nach der gemeinsamen Erörterung mit dem Piloten erfolgt die Erstellung des individuellen Trainings- und Therapieplanes. Der Trainingsaufbau erfolgt dabei in drei Phasen: In der ersten Phase soll der Pilot mithilfe von Methoden der Sportphysiotherapie, der Manuellen Therapie als auch der Medizinischen Trainingstherapie einen funktionellen Zustand des Körpers erlangen, welcher frei von Dysbalancen oder muskulären Einschränkungen ist. Nüsse (2011, 2015) beschreibt diese Phase als „Reset-Phase“. Der Sportwissenschaftler ist verantwortlich für den nachfolgenden Aufbau, die Periodisierung und Durchführung des Trainings in den darauffolgenden Phasen.

2.5 Anforderungsprofile

Nachfolgend werden bestehende Anforderungsprofile zum Berufsbild eines Piloten der Bundeswehr, differenziert in Jet, Fläche und Drehflügler dargestellt. Darüber hinaus wurde als Teil der vorliegenden Arbeit ein detaillierteres und weitreichenderes Anforderungsprofil für Jet-Piloten der Bundeswehr entwickelt (vgl. Kapitel 2.5.2).

2.5.1 Pilot der Bundeswehr

Das Bundesministerium der Verteidigung gab 1996 eine Studie in Auftrag, welche die tatsächlichen Belastungen von fliegendem Personal der Bundeswehr untersuchen sollte. Eine Bewertung der Belastungen bei den unterschiedlichen Flugmustern der Bundeswehr (Jet, Fläche, Drehflügler) schien zu diesem Zeitpunkt längst überfällig. Aufgrund der Belastungsbewertungen ist es möglich, ein Anforderungsprofil für die jeweiligen Muster zu erstellen. Diese wiederum können bei Personalauswahlentscheidungen oder bei der Erarbeitung von Trainingskonzepten eine zentrale Rolle einnehmen. Hintergrund der in Auftrag gegebenen Studie war jedoch ein anderer; es ging primär um die Höhe und Anpassung der Fliegerzulage für die Besatzungen von strahlgetriebenen Kampfflugzeugen. Die Höhe der Zulage kann für Luftfahrzeugführer oder Waffensystemoffiziere von strahlgetriebenen Kampfflugzeugen gegenwärtig bis zu 1047,17 Euro betragen (BbesG, 2017).

Der Auftrag ging an die Gesellschaft für Angewandte Psychologische Forschung (GAPF) mit dem Interdisziplinären Zentrum für Verkehrswissenschaften (IZVW) als Kooperationspartner (vgl. Krüger, Braun, Buld, & v.Bruchhausen, 1999). Die Studie wurde über zwei Jahre, von 1997 bis 1999, durchgeführt, wobei ein Großteil der fliegenden Verbände der Bundeswehr in die Datenerhebung mit einbezogen wurde (vgl. Buld, 2000).

Die Piloten wurden in drei Klassen unterteilt: Piloten und Waffensystemoffiziere (WSO) von Kampfjets, Piloten von Helikoptern und Piloten von Transportflugzeugen. Zunächst wurden vier Belastungskategorien mit insgesamt elf Belastungsarten erstellt:

Kognitiv-mentale Belastungen

- Entscheiden müssen (EM)
- Mehrfachtätigkeiten ausführen (MT)
- In Zusammenhängen denken (ZH)
- Aufgaben präzise ausführen (AP)

Energetische Belastungen

- Körperlichen Anforderungen standhalten (KA)
- Durchhalten müssen (DM)
- Monotonie ertragen (MO)

Emotionale Belastungen

- Mit hohem Schadensrisiko handeln (SR)
- Unsicherheitsbedingungen ertragen (UB)
- Unplanbarkeit ertragen (UP)

Soziale Belastungen

- Mit anderen Menschen umgehen (ME)

Die Belastungsarten wurden mittels Akzeptanzanalyse, welche nicht näher erläutert wurde, auf ihr Zutreffen am fliegerischen Arbeitsplatz untersucht (vgl. Abbildung 7).

Die Flugzeugführer konnten auf einer sechs-stufigen Likert Skala (0=eher nicht zutreffend; 1 = sehr wenig zutreffend; 2 = wenig zutreffend; 3 = mittel; 4 = zutreffend; 5 = sehr zutreffend) antworten. Im Mittel liegen die Urteile bei allen Belastungsarten bei 4,4, also zutreffend bis sehr zutreffend. Die Belastungsart „Monotonie ertragen“ hatte den geringsten Mittelwert (3,43) mit einer hohen Standardabweichung (vgl. Buld, 2000).

Im nächsten Schritt beschäftigte man sich mit der Messung der Belastungsarten. Im Mittelpunkt dieser Erhebung stehen zwei Fragestellungen, die sich mit der Häufigkeit des Auftretens der Belastungsart und deren kennzeichnender Eigenschaften am Arbeitsplatz beschäftigen (vgl. Abbildung 8). Die kognitiv-mentale Kategorie wirde insgesamt als sehr kennzeichnend bei gleichzeitig hoher Eintrittshäufigkeit bewertet. Bei der energetischen Kategorie treten „Körperlichen Anforderungen standhalten KA“ und „Durchhalten müssen DM“ sehr häufig auf und werden als kennzeichnend bewertet. „Monotonie ertragen MO“ tritt manchmal auf und ist wenig kennzeichnend. Die emotionale Kategorie wird insgesamt als kennzeichnend bei gleichzeitig hoher Eintrittshäufigkeit bewertet. Als einzige Belastungsart der sozialen Kategorie tritt „Mit anderen Menschen umgehen ME“ sehr häufig auf und wird als kennzeichnend eingestuft.

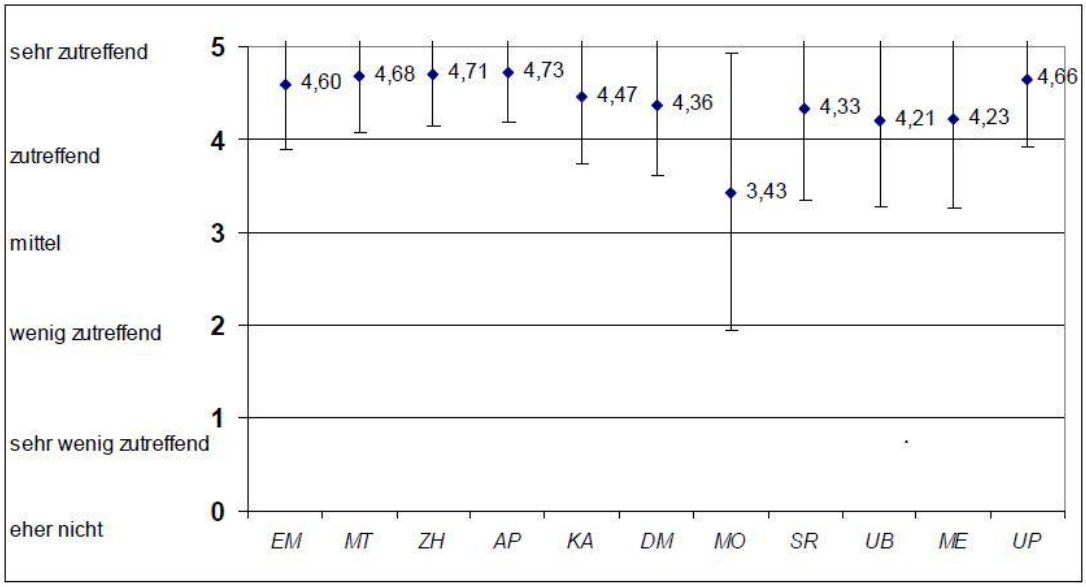


Abbildung 7: Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen der Akzeptanzanalyse (Buld, 2000, S. 132).

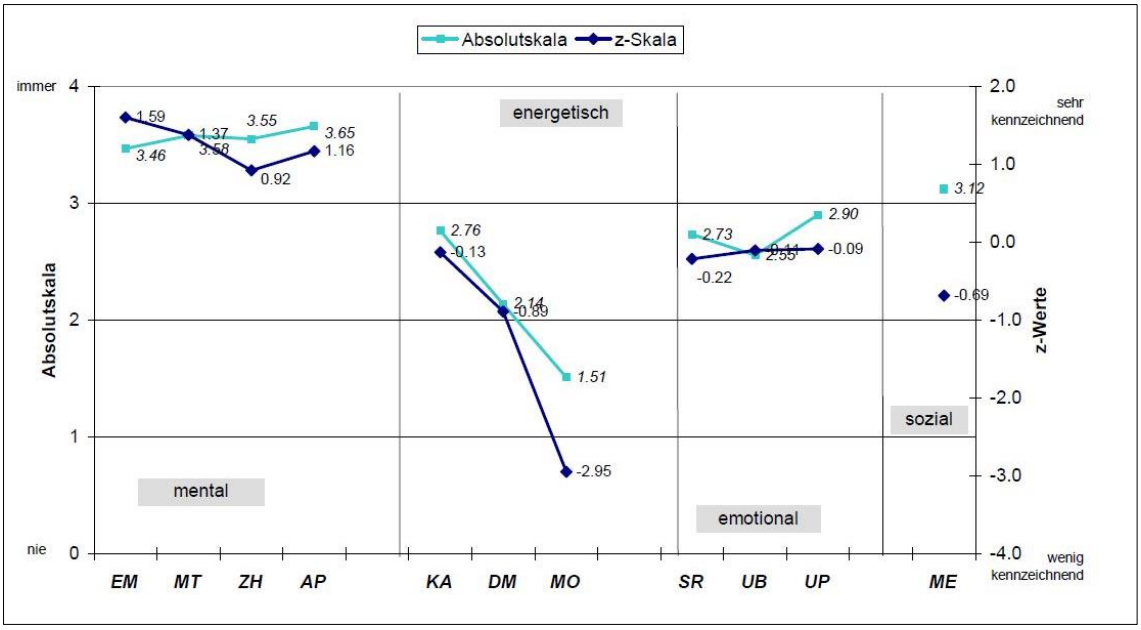


Abbildung 8: Darstellung des Belastungsprofils, unterteilt in Häufigkeit und kennzeichnende Eigenschaft (Buld, 2000, S. 142).

Danach wurden die elf Belastungsarten paarweise gegenübergestellt, sodass insgesamt 55 Paare entstanden. Um die Beanspruchung zu operationalisieren, welche aus den Belastungsarten resultieren, sollten die Piloten bewerten, welche Belastungsart des jeweiligen Paares belastender empfunden wird als das andere. Auf dieser Grundlage wurde ein Beanspruchungsprofil sowohl für die Gesamtstichprobe, als auch Luftfahrzeugtypspezifisch (Jet, Fläche, Drehflügler) erstellt (vgl. Abbildung 9).

Im Mittelpunkt der weiteren Betrachtung soll anschließend der Luftfahrzeugtyp Jet stehen. Die mental-kognitive Kategorie wird insgesamt als anstrengendste Kategorie bewertet, wobei „In Zusammenhängen denken ZH“ die Spitze dargestellt. Die energetischen Belastungen werden mit mittel bis hoch bewertet, was vergleichsweise niedrig erscheint. Die Belastungsarten „Körperlichen Anforderungen standhalten KA“ und „Durchhalten müssen DM“ werden als anstrengend, „Monotonie ertragen MO“ als nicht anstrengend bewertet. Die emotionale Kategorie liegt in Bezug auf die empfundene Anstrengung zwischen der mental-kognitiven- und der energetischen Kategorie. Die Belastungsart „Mit anderen Menschen umgehen ME“ der sozialen Kategorie wird als wenig anstrengend bewertet.

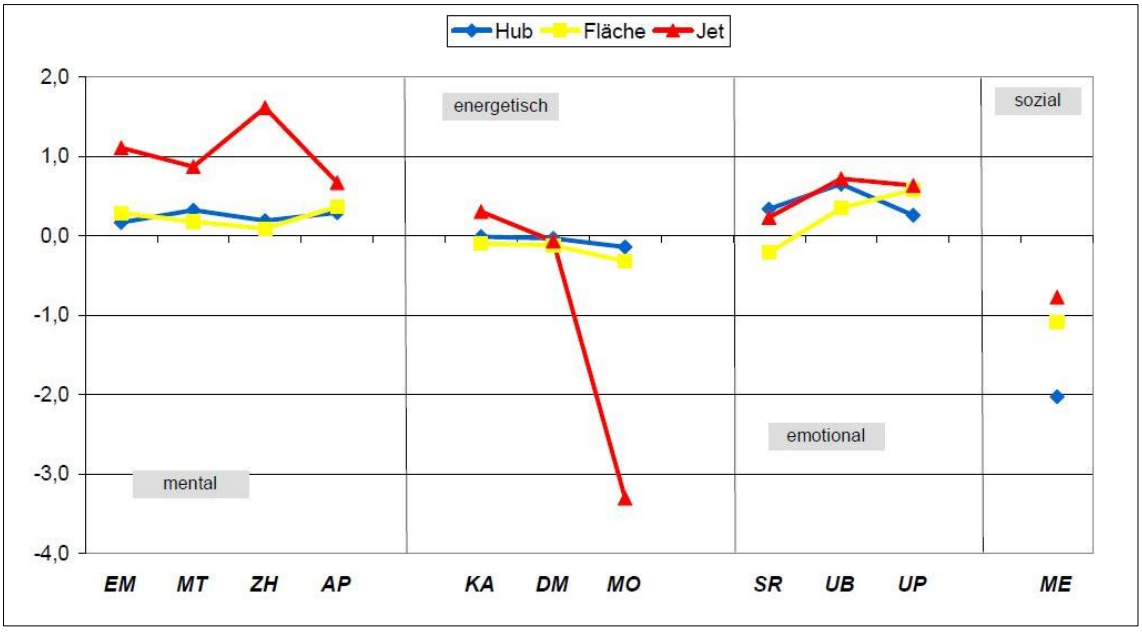


Abbildung 9: Beanspruchungsprofile, dargestellt nach Luftfahrzeugtyp („-4 = nicht anstrengend"; „4 = sehr anstrengend") (Buld, 2000, S. 148).

Betrachtet man die energetischen Belastungen der drei Luftfahrzeugtypen, so ist festzustellen, dass alle drei Gruppen die Belastungen als etwa gleich anstrengend bewerteten. „Monotonie ertragen MO" wird in der Jet-Gruppe jedoch als weit weniger anstrengen empfunden, als bei den anderen beiden Luftfahrzeugtypen. Diese große Unterschied könnte mit der schlechten Bewertung dieses Items bei der Akzeptanzanalyse (vgl. Abbildung 7) zusammenhängen. Die hohen G-Belastungen (G_z) der Jet-Gruppe, welche als vielfaches der Fallbeschleunigung angegeben werden, würden eine höhere Ausprägung der empfundenen Anstrengungen erwarten lassen. Die Vermutung liegt nahe, dass die vergleichsweise niedrige Anstrengungseinstufung der Jet-Gruppe auf den hochroutinierten Umgang der Piloten mit den auftretenden, physikalischen Kräften zurückzuführen ist. Dies hat zur Folge, dass die körperlichen Belastungen hinter den komplexen mental-kognitiven Belastungsarten nicht so deutlich ins Gewicht fallen.

Zum Zeitpunkt der Datenerhebung, 1997 bis 1999, wurden zwei Muster an strahlgetriebenen Kampfflugzeugen geflogen. Zum einen die seit 1971 in Dienst gestellte McDonnell Douglas F-4 Phantom und zum anderen der seit 1981 eingesetzte Panavia 200 Tornado. Bei beiden Kampfflugzeugen handelt es sich um zweisitzige Jagdbomber, mit einer Manövrierfähigkeit von bis zu 5 G_z (Tornado) bzw. 6 G_z (F-4 Phantom). In diesem Fall würde eine fünf- bzw. sechsfache Fallbeschleunigung vorliegen. Die G-Belastungen

werden mit „G_z“ abgekürzt, wobei das „G“ für Gravitationskraft und das „z“ für die Achsenrichtung steht. Teile der Tornadoflotte, sowie alle F-4 Phantom, wurden bis 2013 außer Dienst gestellt. Die Lücke füllte der seit 2011 eingeführte Eurofighter Typhoon. Der Eurofighter wurde als einsitziger Jäger konzipiert, was eine erhöhte Manövrierfähigkeit von bis zu 9 G_z mit sich bringt. Die verhältnismäßig niedrige Bewertung der energetischen Belastungen (vgl. Abbildung 9) mag für die zu derzeit geflogenen Muster zutreffen; es drängt sich jedoch die Frage auf, ob sich diese niedrige Bewertung aufgrund der erhöhten Manövrierfähigkeit von bis zu 9 G_z beim gegenwärtigen Muster verändern würde.

Weiterhin hat sich die Anzahl an Sitzen des Flugzeugmusters von zwei auf einen reduziert, was zu einer erhöhten mental-kognitiven Belastung führen könnte. Andererseits wäre es auch im Rahmen des Möglichen, dass sich die mental-kognitiven Belastungsempfindungen durch den technischen Fortschritt und die damit einhergehenden Flughilfen reduzieren.

Die Items der energetischen Gruppe „Körperlichen Anforderungen standhalten KA“, „Durchhalten müssen DM“ und „Monotonie ertragen MO“ erscheinen in Hinblick auf Formulierung und Auswahl verbesserungswürdig. Es wäre denkbar, dass diese in keinem direkten Zusammenhang mit der physischen Leistungsfähigkeit stehen und stattdessen durch andere Items ergänzt oder ersetzt werden sollten. Im Bereich der zivilen Luftfahrt führte das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) Anforderungsanalysen für den Beruf eines Airline-Piloten durch. Zur Operationalisierung der Berufsanforderungen wurde das Fleishman Job Analyse System (F-JAS), ein eigenschaftsorientiertes Analyseverfahren, eingesetzt (vgl. Fleishman & Reilly, 1995). Es dient der Bestimmung relevanter Fähigkeiten (abilities) und Fertigkeiten (skills), die für die Bewältigung bestimmter Aufgaben oder Tätigkeiten im Berufsalltag relevant sind.

Das Ergebnis der Tätigkeitsanalyse ist ein Anforderungsprofil, welches unmittelbar mit diagnostisch erfassten Eignungsprofilen von Personen verglichen werden kann (Kleinmann, Manzey & Schumacher, 2010). Daraus können fundierte Leistungsbewertungen oder Auswahlentscheidungen abgeleitet werden. Das F-JAS setzt sich aus fünf Bereichen mit insgesamt 73 Skalen zusammen (vgl. Fleishman & Reilly, 1995):

1. Cognitive Factor (Kognition, 21 Items)
2. Psychomotor Factor (Psychomotorik, 10 Items)
3. Physical Factor (Physische Merkmale, 9 Items)
4. Sensory Factor (Sensorik/Wahrnehmung, 12 Items)
5. Social Factor (Soziale/interpersonelle Fähigkeiten und Fertigkeiten, 21 Items)

Jede der 73 Skalen stellt eine gegebene Leistungsvoraussetzung für eine Arbeitstätigkeit dar. Diese sollen in Hinblick auf Wichtigkeit bzw. Bedeutung für die Bewältigung dieser Tätigkeit auf einer siebenstufigen Antwortskala eingeschätzt werden. Die Endpunkte der Antwortskalen wurden durch Beschreibungen der Extremausprägung der jeweiligen Fähigkeit bzw. Fertigkeit definiert.

Der Kern des F-JAS umfasst die ersten vier Kategorien mit insgesamt 52 Merkmalen. Durch die zunehmende Bedeutung der „Soft-Skills“, welche in Form von persönlichen-, sozialen- oder methodischen Kompetenzen auftreten, wurde die Kategorie der sozialen/interpersonellen Fähigkeiten und Fertigkeiten mit 21 Items hinzugefügt. Die Kernkategorien wurden weiter in Subkategorien und deren zugehörige Items unterteilt (vgl. Fleishman & Reilly, 1995; Kleinmann, Manzey & Schumacher, 2010).

Cognitive Factor

- Verbal Ability (4 Items)
- Quantitative Ability (2 Items)
- Idea Generation and Reasoning (7 Items)
- Spatial Organisation (1 Item)
- Memory (4 Items)
- Spatial Orientation (3 Items)

Psychomotor Factor

- Fine Manipulative Ability (3 Items)
- Control Movement (4 Items)
- Reaction Time and Speed (3 Items)

Physical Factor

- Flexibility, Balance and Coordination (4 Items)
- Stamina (1 Item)
- Physical Strength (4 Items)

Sensory Factor

- Auditory and Speech Ability (5 Items)
- Visual Ability (7 Items)

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. führte mittels des F-JAS Anforderungsanalysen für den Beruf eines Airline-Piloten durch. Aufgrund der Analysen von 141 Piloten konnten zehn elementare Berufsanforderungen formuliert werden (vgl. Maschke, Goeters & Klamm, 1998). Buld (2000) verdeutlichte mit der Entwicklung dieses Beanspruchungsprofils erstmals die hohen Belastungen des fliegenden Personals der Bundeswehr, differenziert nach Luftfahrzeugmuster. Aus oben genannten Gründen wird eine optimierte Form des Beanspruchungsprofils gefordert, welches sich an den aktuellen Gegebenheiten bzw. Luftfahrzeugen orientieren sollte.

2.5.2 Kampfpilot

Der nachfolgende Abschnitt beschäftigt sich mit einer eigens konzipierten Entwicklung eines neuen Anforderungsprofils für Jet-Piloten der Bundeswehr, welche sich am Vorgehen von Buld (2000) orientiert. Um die tatsächlich empfundenen Alltagsbelastungen eines Piloten aufzudecken, wurden offene Interviews mit zwei Tornado- und zwei Eurofighter-Piloten geführt. Die offenen Fragen deckten unterschiedliche Facetten des Pilotenberufes ab und lauteten wie folgt:

1. Was macht Ihrer Meinung nach einen guten Piloten aus?
2. Welche dieser Eigenschaften werden trainiert?
3. Welches sind typische Situationen, die täglich wiederkehren?
4. Welches sind immens wichtige Situationen?
5. Auf was kommt es in diesen Situationen an? Was braucht man?
6. Was würden Sie unerfahrenen Piloten empfehlen, um ein guter Pilot zu werden?
7. Wie wichtig schätzen Sie sozialen Kontakt ein?

Die Interviews wurden verschriftet und analysiert. Die von der Mehrheit der Befragten genannten Kompetenzen bzw. Anforderungen wurden in drei Kategorien (mental-kognitiv, bio-physisch, sozio-ökologisch) unterteilt (vgl. Tabelle 2). Alle nachfolgenden Tabellen gründen auf den Erkenntnissen des Autors vorliegender Arbeit.

Tabelle 2: Auflistung der Kompetenzen/Anforderungen.

Mental-kognitiv	Bio-physisch	Sozio-ökologisch
Multitasking	Allgemeine Fitness	Teamfähigkeit
Entschlussfassung	Ausdauer	Vertrauen
Informationsselektion	Rückenstabilität	Wohlfühlen
Auf Änderungen reagieren	Bauch, Beine, Po	Aufgeschlossenheit
Vorschriften/Essentials	Motorik/Koordination	Kommunikation
Präzises Arbeiten	Nackenstabilität	Empathie
Konzentration		
Erfahrung/Routine		
Baukasten-Denken		
Fleiß		
Automatisierte Verhaltensweisen		

Da die Situationen, in welchen sich ein Jet-Pilot im beruflichen Alltag befindet, stark variieren, werden folglich auch unterschiedliche Kompetenzen bzw. Anforderungen zur Erfüllung des jeweiligen Auftrages vorausgesetzt. Die wichtigsten Situationen können in drei Kernsituationen zusammengefasst werden:

1. Vor- und Nachbereitung des Fluges (vgl. Tabelle 3)
2. Während des Fluges (vgl. Tabelle 4)
3. Nicht-fliegen (vgl. Tabelle 5)

Die oben aufgeführten Kompetenzen/Anforderungen wurden im nächsten Schritt den Kernsituationen zugeordnet.

Tabelle 3: Kompetenzen/Anforderungen bei der Vor- und Nachbereitung eines Fluges.

Mental-Kognitiv	Sozio-Ökologisch	Bio-Physisch
Entschlussfassung	Teamfähigkeit	Allgemeine Fitness
Informationsselektion	Kommunikation	
Auf Änderungen reagieren	Vertrauen	
Vorschriften/Essentials		
Präzises Arbeiten		
Konzentration		
Erfahrung/Routine		
Baukasten-Denken		

Tabelle 4: Kompetenzen/Anforderungen während des Fluges.

Mental-Kognitiv	Sozio-Ökologisch	Bio-Physisch
Multitasking	Teamfähigkeit	Allgemeine Fitness
Entschlussfassung	Vertrauen	Ausdauer
Informationsselektion	Kommunikation	Rückenstabilität
Auf Änderungen reagieren		Bauch, Beine, Po
Vorschriften/Essentials		Motorik/Koordination
Präzises Arbeiten		Nackenstabilität
Konzentration		
Erfahrung/Routine		
Baukasten-Denken		
Automatisierte Verhaltens-weisen		

Tabelle 5: Kompetenzen/Anforderungen bei „nicht-fliegen“.

Mental-Kognitiv	Sozio-Ökologisch	Bio-Physisch
Auf Änderungen reagieren	Wohlfühlen	Allgemeine Fitness
Vorschriften/Essentials	Aufgeschlossenheit	
Konzentration	Kommunikation	
Fleiß		

Um besser mit den insgesamt 23 unterschiedlichen Kompetenzen/Anforderungen arbeiten zu können, wurden ähnliche Kompetenzen und/oder Anforderungen zu elf Schlüssel-

kompetenzen zusammengefasst. Anzumerken bleibt, dass einige Kompetenzen bzw. Anforderungen zu mehreren Schlüsselkompetenzen passen und diese folglich öfter aufgelistet wurden. Einige dieser Kompetenzen, wie beispielsweise „In Zusammenhängen denken“ oder „Mehrfachtätigkeit ausführen“ stimmen mit der von Buld (2000) gewählten Formulierung überein, wurden aber mit anderen Abkürzungen dargestellt. Die mental-kognitive Kategorie beinhaltet nach der Zusammenfassung und Zuordnung vier, die sozio-ökologische drei und die bio-physische Kategorie vier Schlüsselkompetenzen.

Tabelle 6: Zusammenfassung der Kompetenzen/Anforderungen zu Schlüsselkompetenzen der Kategorie „mental-kognitiv“.

mental-kognitiv	
Entschlussfassung auf Änderungen reagieren Erfahrung/Routine Automatisierte Verhaltensweisen	Entscheidungen treffen (ET)
Informationsselektion Konzentration	Informationen selektieren (IS)
Multitasking Präzises Arbeiten Konzentration Fleiß	Mehrfachtätigkeit ausführen (MA)
Baukasten-Denken Vorschriften/Essentials Fleiß	in Zusammenhängen denken (IZD)

Tabelle 7: Zusammenfassung der Kompetenzen/Anforderungen zu Schlüsselkompetenzen der Kategorie „sozio-ökologisch“.

sozio-ökologisch	
Teamfähigkeit Kommunikation Empathie	Teamfähig sein (TS)
Vertrauen Wohlfühlen	Vertrauen können (VK)
Wohlfühlen Kommunikation Aufgeschlossenheit	Aufgeschlossen sein (AS)

Tabelle 8: Zusammenfassung der Kompetenzen/Anforderungen zu Schlüsselkompetenzen der Kategorie „bio-physisch“.

bio-physisch	
Ausdauer Allgemeine Fitness	Mehrfachbelastungen standhalten (MS)
Rückenstabilität Bauchmuskeln	Stabilität im Körperstamm (SK)
Koordination Motorik	Auge-Hand-Fuß Koordination (AHFK)
Nackenstabilität	Nackenstabilität (SN)

Auf Grundlage der kategorisierten Schlüsselkompetenzen wurde ein Fragebogen erstellt, welcher sich mit der Bewertung der Kompetenzen hinsichtlich ihrer Wichtigkeit im Pilotenberuf beschäftigt. Der Fragebogen wurde von insgesamt 26 Tornado- und Eurofighter-Piloten bearbeitet, wobei eine fünfstufige Likert-Skala (1 = unwichtig; 5 = sehr wichtig) zu Grunde gelegt wurde. Die Piloten waren im Schnitt *M* = 32 Jahre alt (*SD* = 4,12) und hatten eine Flugerfahrung von *M* = 8,5 Jahren (*SD* = 5,32) und 1187 Flugstunden (*SD* = 910).

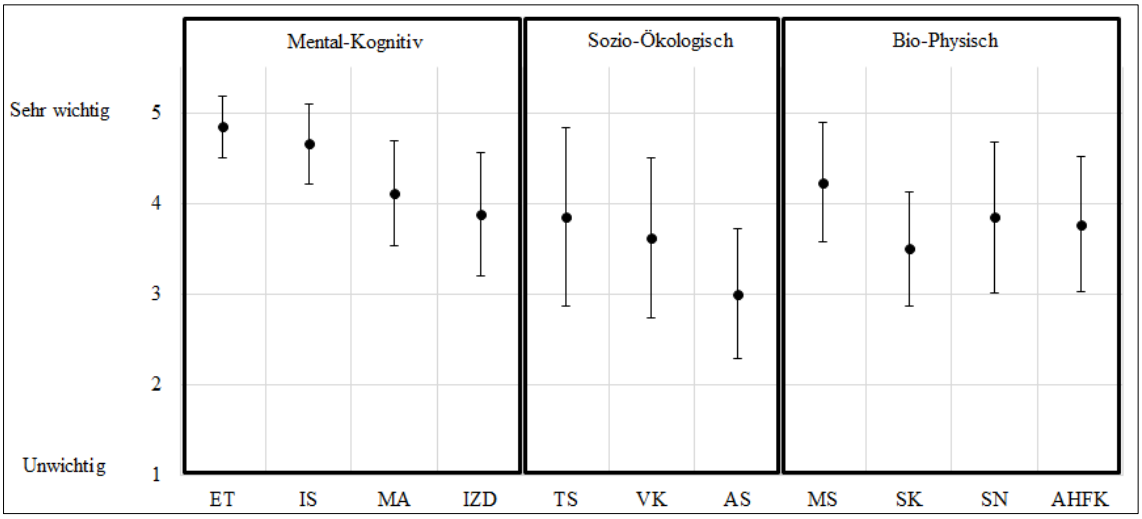


Abbildung 10: Anforderungsprofil mit Mittelwerten und Standardabweichungen (*N* = 26).

„Entscheidungen treffen (ET)“ (*M* = 4,85; *SD* = 0,34) und „Informationen selektieren (IS)“ (*M* = 4,65; *SD* = 0,45) stellen die wichtigsten Kompetenzen dar. In Verbindung mit „Mehrfachtätigkeiten ausführen (MA)“ (*M* = 4,12; *SD* = 0,58) und „in Zusammenhängen denken (IZD)“ (*M* = 3,88; *SD* = 0,68) wird die „mental-kognitive“ als wichtigste Kategorie bewertet und lässt somit den hohen Stellenwert einer psychischen Belastbarkeit erahnen „Mehrfachbelastungen standhalten (MS)“ (*M* = 4,23; *SD* = 0,66) wurde als wichtigste bio-physische Kompetenz und als insgesamt drittwichtigste Kompetenz eingeordnet. Die anderen Kompetenzen dieser Kategorie wurden als weniger wichtig (Stabilität im Körperstamm (SK) *M* = 3,50; *SD* = 0,63; Nackenstabilität (SN) *M* = 3,85; *SD* = 0,83; Auge-Hand-Fuß-Koordination (AHFK) *M* = 3,77; *SD* = 0,75) eingestuft. Die sozio-ökologische Kategorie, die zur Überprüfung des Stellenwertes von sozialen Beziehungen bzw. Verhalten innerhalb einer Staffel dienen sollte, wurde sehr unterschiedlich eingestuft, was durch vergleichsweise hohe Standardabweichungen („Teamfähig sein (TS)“ *M* = 3,85; *SD* = 0,98; „Vertrauen können (VK)“ *M* = 3,62; *SD* = 0,89; „Aufgeschlossen sein (AS)“ *M* = 3,00; *SD* = 0,72) belegt werden kann. Die Kompetenz „Aufgeschlossen sein“ wird allgemein als unwichtigste Kompetenz (*M* = 3,00; *SD* = 0,72) bewertet.

Insgesamt betrachtet wird die mental-kognitive als wichtigste der drei zu Grunde liegenden Kategorien bewertet. Die bio-physische schließt sich der mental-kognitiven an, wobei die sozio-ökologische als unwichtigste Kategorie eingestuft wird.

Tabelle 9: Merkmalausprägungen der befragten Kampfpiloten mit Mittelwerten und Standardabweichungen (N = 26).

Item	Beschreibung	*M*	*SD*
ET	Entscheidungen treffen	4,85	0,34
IS	Informationen selektieren	4,65	0,45
MA	Mehrfachtätigkeit ausführen	4,12	0,58
IZD	In Zusammenhängen denken	3,88	0,68
TS	Teamfähig sein	3,85	0,98
VK	Vertrauen können	3,62	0,89
AS	Aufgeschlossen sein	3,00	0,72
MS	Mehrfachbelastungen standhalten	4,23	0,66
SK	Stabilität im Körperstamm aufrechterhalten	3,50	0,63
SN	Nackenstabilität aufrechterhalten	3,85	0,83
AHFK	Auge-Hand-Fuß Koordination aufrechterhalten	3,77	0,75

Die mental-kognitive Kategorie deckt sich von den Inhalten und der Bewertung hinsichtlich Wichtigkeit und Eintrittshäufigkeit weitgehend mit denen der kognitiv-mentalen Kategorie von Buld (2000). Die sozio-ökologische Kategorie beinhaltet drei Schlüsselkompetenzen, welche weitgehend mit denen der emotionalen- und sozialen Kategorien von Buld (2000) gleichgesetzt werden können. Die Beurteilung hinsichtlich Wichtigkeit und Eintrittshäufigkeit sind vergleichbar. Der größte Unterschied liegt in den Inhalten der biophysischen- bzw. energetischen Kategorie. Buld (2000) wählte sehr allgemein formulierte Anforderungen („Körperlichen Anforderungen standhalten (KA)“, Durchhalten müssen (DM)“, „Monotonie ertragen (MO)“), welche in ihrer nicht näher erläuterten Akzeptanzanalyse mit hohen Standardabweichungen bewertet wurden. Die oben beschriebene Spezifikation der Anforderungen („Mehrfachbelastungen standhalten (MS)“, „Stabilität im Körperstamm aufrechterhalten (SK)“, „Nackenstabilität aufrechterhalten (SN)“, „Auge-Hand-Fuß Koordination aufrechterhalten (AHFK)“) brachte eine höhere Bewertung der Kompetenzen/Anforderungen hinsichtlich deren Wichtigkeit mit sich. Die „biophysische“ Kategorie stellt nun, anders als bei Buld (2000), die zweitwichtigste Kategorie dar. Sie reiht sich hinter der „mental-kognitiven“ Kategorie und vor der „sozio-ökologischen“ ein. Würde man die emotionalen- und sozialen Anforderungen von Buld (2000) zu einer Kategorie zusammenfassen, so würden die energetischen Kompetenzen sogar als unwichtigste Kategorie bewertet werden. Durch eine Spezifikation von Kompetenzen/Anforderungen wurde eine erhöhte Bewertung der physischen Kategorie erzielt. Ein weiterer Grund für die veränderte Priorisierung könnte zudem im Wechsel des Luftfahrzeugs liegen.

Nach der Einführung des Waffensystems Eurofighter hat die Bedeutung an psychischer und physischer Leistungsfähigkeit zugenommen. Mit einer Manövrierfähigkeit von bis zu +9 G_z ist der Eurofighter weitaus wendiger als frühere Muster, wie beispielsweise die F-4 Phantom (+6 G_z) und verlangt eine dementsprechend höhere psycho-physische Leistungsfähigkeit. Das vorliegende Anforderungsprofil stellt eine Groborientierung der zu trainierenden Fähigkeiten und Fertigkeiten dar.

3 STAND DER FORSCHUNG

In folgendem Kapitel geht es um die Aufarbeitung relevanter Studien und Untersuchungen, die mit grundlegenden Konstrukten der vorliegenden Arbeit zusammenhängen. Suchkriterien wie „Fighter Pilot“, „Aerial Combat“, „Air Force“, „Aviator“, „Spaceflight“, „Flight Performance” wurden im Verbund mit „Muscle Strain“, „Neck Pain“, „Back Pain“, „Developments“, sowie mit „Assessment“, „Training Performance“, „Muscle Strength“, „Mental Strength“, „Cognitive Abilities and Performance“, „Personality Norms and Traits“, „Mental Workload” und „Muscle Activation“, „G_z Exposure“, „G Force“ in den Literaturdatenbanken von PubMed, Google Scholar und Cochrane gesichtet.

Der erste Abschnitt beschäftigt sich mit fluginduzierten Schmerzen, welche während- oder nach dem Flug auftreten und soll mögliche Prädiktoren herausstellen. Der zweite Abschnitt widmet sich Screening- und Interventionsmaßnahmen sowie deren Effekte hinsichtlich physischer- und psychischer Leistungsfähigkeit. Im dritten Abschnitt werden technologische Errungenschaften und deren Einflüsse auf die Leistungsfähigkeit der Piloten dargestellt und diskutiert. Nach einer kurzgefassten Einleitung in die Thematik des jeweiligen Abschnittes folgt die Darstellung der relevanten Studien mit den wesentlichen Befunden und angewandten Messmethoden bzw. -instrumenten. Nachdem ein tabellarischer Überblick der zugrundeliegenden Studien dargestellt wurde, folgt eine Beschreibung der relevanten Studien. Jede Forschungskategorie wird zusammengefasst und Forschungsdefizite werden herausgestellt.

3.1 Fluginduzierte Nackenschmerzen und Prädiktion

Eines der größten Probleme bei der Einführung von High-Performance-Aircrafts ist die Überlastung der cervikalen Muskulatur der Kampfpiloten (vgl. Yacavone & Bason, 1992; Kikukawa, Techibana & Yagura, 1995; Wagstaff, Jahr & Rodskier, 2012). Schwere Fliegerhelme, Nachtsichtgeräte, unnatürliche Sitzpositionen und vor allem die erhöhten Beschleunigungskräfte von bis zu +9 G_z erfordern ausgeprägte Muskelstrukturen im Bereich der Wirbelsäule. Spinale Degenerationen stehen in der Gesamtbevölkerung in Zusammenhang mit zunehmendem Alter, körperlichen Haltungsfehlern oder sich wiederholenden Bewegungen (vgl. Farmer & Wisensky, 1994; Andersen, Kaergaard, Frost, Thomsen

& Bonde, 2002). Bei Kampfpiloten kann diese altersbedingte Degeneration, vor allem im Bereich der Halswirbelsäule, durch regelmäßige Einwirkung von G_z-Kräften verstärkt werden (vgl. Coackwell, Bloswick & Moser, 2004).

Der folgende Abschnitt beschäftigt sich mit fluginduzierten Nackenschmerzen und deren beeinflussenden Faktoren wie Alter, Flugstunden oder Luftfahrzeugmuster und den zugrundeliegenden Prädiktionen (vgl. Tabelle 10). Die dargestellten Studien wurden zwischen den Jahren 2011 und 2017 durchgeführt. Die Untersuchungsdesigns gründeten vorwiegend auf einer querschnittlichen Datenerhebung mit einem Testzeitpunkt. Eine Studie basierte auf längsschnittlichen Design mit einem Erhebungszeitraum von zwölf Wochen. Die Stichprobenumfänge betrugen zwischen 54 und 1003 Teilnehmern (0x $N < 20$; 4x $N = 20$-100; 5x $N = 100$-1000; 1x $N > 1000$). Neben eigens erstellten Fragebögen kamen zur Erfassung der fluginduzierten Nackenschmerzen bereits bewährte Fragebögen zum Einsatz: In fünf Studien wurde die „Visual Analogue Scale“ und in zwei die „Numerical Pain Rating Scale“ angewandt. Weiterhin verwendete eine Studie den „Occupational Back Pain Epidemiological Questionnaire“ und eine den „Neck Disability Index Questionnaire“. Bei sieben Untersuchungen wurde zudem ein eigens erstellter Fragebogen verwendet. Drei Untersuchungen beinhalteten körperliche Tests (Fahrradergometrie, Maximalkraft, aktive Beweglichkeit und U.S. Air Force Fitnesstest).

Die Forschungsarbeiten werden nachfolgend tabellarisch dargestellt, die wichtigsten Erkenntnisse zusammengefasst, die einzelnen Studien beschrieben und anschließend hinsichtlich Forschungsdefiziten zusammengefasst. Die Arbeiten werden absteigend nach Erscheinungsjahr dargestellt, beginnend mit der aktuellsten.

Kelley, MacDonnell, Grigley, Campbell und Gaydos (2017) evaluierten Rückenbeschwerden von Piloten der U.S. Army. Sie untersuchten Zusammenhänge hinsichtlich Luftfahrzeugmuster, Alter und Flugstunden. Die Piloten wurden mittels Fragebogen untersucht, welcher auf Grundlage des „Occupational Back Pain Epidemiological Questionnaire“ (vgl. Agius, Lloyd, Campbell, Hutchinson, Seaton & Soutar, 1994) erstellt und leicht angepasst wurde.

Tabelle 10: Überblick Forschungsstand fluginduzierte Nackenschmerzen und Prädiktion.

Autoren	Jahr	Inhalt	Untersuchungsdesign	Messinstrumente	Wesentliche Befunde
Kelley, A.M., MacDonnell, J., Grigley, D., Campbell, J. & Gaydos, S.J.	2017	Zusammenhänge von Rückenbeschwerden hinsichtlich Luftfahrzeugmuster, Alter und Flugstunden bei Piloten der U.S. Army	N=467 Querschnitt 1 Testzeitpunkt	Occupational Back Pain Epidemiological Questionnaire Schmerzintensität: Visual Analogue Scale (VAS)	Schmerzintensität vor Flug sign. geringer als nach dem Flug Signifikanz Schmerzintensität und Alter Keine Signifikanz Rückenschmerzen und Körpergröße, Gewicht Flugzeit, bevor erste Rückenschmerzen auftreten M = 67 (SD = 55) Minuten 85 % der Piloten berichteten von Rückenschmerzen seit Beginn ihrer Flugkarriere
Chumbley, E.M., Stolfi, A & McEachen, J.C.	2017	Untersuchung ausgewählter Risikofaktoren hinsichtlich auftretender Nackenschmerzen bei F-15C Piloten der Oregon Air National Guard	N=20 Längsschnitt 12 Wochen Beobachtung 3 Testzeitpunkte	Schmerzintensität: Numerical Pain Rating Scale NPRS Beweglichkeit: Cervikale ROM durch Physiotherapeut	Schmerzintensität vor Flug sign. geringer als nach dem Flug Schmerzintensität mit JHMCS sign. höher als bei anderen Helmsystemen Signifikanz Bewegungseinschränkung cervikale Extension und Nackenschmerzen Keine Signifikanz Nackenschmerzen und Alter, maximale G_z-Kräfte, Flugstunden, Flugdauer
Rintala, H., Häkkinen, A., Siitonen, S. & Kyröläinen, H.	2015	Zusammenhänge zwischen fluginduzierten, muskulären Beschwerden und der physischen Fitness, sowie der Trainingsintensität und Anzahl der Flugstunden bei Piloten der Finnish Air Force	N=195 Querschnitt 1 Testzeitpunkt Drei Gruppen: Kampfjets (KJ) Propellerflugzeuge (PF) Inaktive Piloten, welche Stabsarbeit leisten (HQ)	Fragebogen Ausdauerleistung: Fahrradergometrie (50 W Start, 25 W alle 2min) Allgemeine Fitness: Fitnesstest U.S. Air Force (Sit-ups, Liegestütze, Kniebeuge, Griffkraft)	Kampfjet-Piloten erzielen höchsten Fitness-Score Signifikanz Nackenschmerzen und Gesamtflugstunden bei Kampfjet-Piloten Das Risiko von muskulären Beschwerden im Bereich der Wirbelsäule steigt linear mit der täglichen Flugbelastung an Keine Signifikanz Nackenschmerzen und Trainingsintensität
Verde, P., Trivelloni, P., Angelino, G., Morgagni, F. & Tomao, E.	2015	Evaluierung von Häufigkeiten auftretender Nackenschmerzen bei F-16- und Eurofighter Typhoon Kampfpiloten der Italian Air Force.	N=70 Querschnitt 1 Testzeitpunkt Zwei Gruppen: F-16 Piloten (n=35) Eurofighter Piloten (n=35)	Fragebogen: Anthropometrie, Flugcharakteristika, Nackenschmerzen	Sign. mehr F-16 Piloten (47 %) litten in den vergangenen zwei Monaten an Nackenschmerzen als Eurofighter Piloten (6 %) Die Betroffenen 6 % der Eurofighter-Piloten flogen früher F-16 Eurofighter Piloten absolvierten sign. weniger Flugstunden auf dem aktuellen Muster als F-16 Piloten Sitzneigung im Cockpit möglicher Faktor (F-16 = 30°, Eurofighter = 13° Rücklehnung)

Tabelle 11: Überblick Forschungsstand fluginduzierte Nackenschmerzen und Prädiktion (Fortsetzung 1).

Autoren	Jahr	Inhalt	Untersuchungsdesign	Messinstrumente	Wesentliche Befunde
Lawson, B.K., Scott, O., Egbulefu, F.J., Ramos, R., Jenne, J.W. & Anderson, E.R	2014	Untersuchung demographischer- und berufsbedingter Prädikatoren sowie des Gesamtrisikos hinsichtlich auftretender Nackenschmerzen bei U.S. und NATO Piloten unterschiedlicher Luftfahrzeugmuster	N=470 Querschnitt 1 Testzeitpunkt Zwei Gruppen: ExG: Kampfjets (KJ), Transportflugzeuge (TF), Ausbildungsflugzeuge (AF) KG: Nicht-Piloten (NP)	Neck Disability Index Questionnaire NDI	Signifikanz Nackenschmerzen und Alter Berufspiloten leiden häufiger an Nackenschmerzen als NP KJ und TF leiden häufiger an Nackenschmerzen als AF KJ und TF stufen Schmerzen sign. intensiver (mittel-intensiv) ein als AF und NP Bei KJ und TF wird Freizeitaktivität und Schlafverhalten durch Nackenschmerzen gestört
Nagai, T., Abt, J.P., Sell, T.C., Clark, N.C., Smalley, B.W., Wirt, M.D. & Lephart, S.M.	2014	Vergleich von Helikopterpiloten der U.S. Army mit und ohne Nackenschmerzen hinsichtlich Anthropometrie, Flugcharakteristika, physischer Fitness, Propriozeption, Kraft, Beweglichkeit und Körperhaltung	N=54 Querschnitt 1 Testzeitpunkt Zwei Gruppen: Piloten, die mind. einmal Nackenschmerzen erfahren haben; Piloten, die noch nie Nackenschmerzen erfahren haben	Fragebogen: Flugcharakteristika, physische Fitness, Trainingshäufigkeit Schmerzintensität: Numerical Pain Rating Scale NPRS Bewegungserfassung: „Vicon Nexus" mit sechs Infrarotkameras Maximalkraft: „Lafayette Handheld Dynamometer" Aktive Beweglichkeit: „CROM 3"	Signifikanz Nackenschmerzen und Beweglichkeit der Halswirbelsäule Sign. geringere Beweglichkeit der Extension und Rotation bei Schmerzgruppe Schmerzintensität bei beiden Gruppen mittel (M = 4, SD = 1,7) Dauer bis zur Beschwerdefreiheit 1 bis 3 Tage (M = 1,5, SD = 1,7)
Grossman, A., Nakdimon, I., Chapnik, L. & Levy, Y.	2012	Vergleich unterschiedlicher Luftfahrzeugmuster hinsichtlich auftretender Rückenbeschwerden, deren Intensität und Lokalisation bei Piloten der Israeli Air Force	N=566 Querschnitt 1 Testzeitpunkt Vier Gruppen: Transportflugzeuge (TF) Transporthubschrauber (TH) Kampfjets (KF) Kampfhubschrauber (KH)	Fragebogen: Auftreten von Schmerzen; Lokalisation Schmerzintensität: Visual Analogue Scale (VAS)	KH und TH leiden sign. Häufiger an Rückenschmerzen (lumbal) als KF und TF KF berichten häufig von Nackenschmerzen (cervikal) KF, KH und TH stufen die Schmerzen intensiver ein als TF KF stufen Schmerzen am intensivsten ein („mittel-intensiv")

Tabelle 12: Überblick Forschungsstand fluginduzierte Nackenschmerzen und Prädiktion (Fortsetzung 2).

Autoren	Jahr	Inhalt	Untersuchungsdesign	Messinstrumente	Wesentliche Befunde
Wagstaff, A.S., Jahr, K.I. & Rodskier, S.	2012	Häufigkeiten, Eigenschaften und Ursachen fluginduzierter Schmerzen im Bereich der Halswirbelsäule und deren Zusammenhänge bei Kampfpiloten der Royal Norwegian Air Force	N=105 Querschnitt 1 Testzeitpunkt	Fragebogen (erstellt durch Expertengruppe): Physisches Training; Schmerzen allgemein; Schmerzen in den letzten zwölf Monaten Schmerzintensität: Visual Analogue Scale (VAS)	Signifikanz Nackenschmerzen und Trainingszeit Keine Signifikanz Nackenschmerzen und Gesamtflugstunden Kein Signifikanz Nackenschmerzen und Trainingsform Keine Signifikanz Nackenschmerzen und Fitnessscore 93 % der Nackenschmerzen gründen auf Rotationsbewegungen in der Halswirbelsäule
Tucker, B., Netto, K., Hampson, G., Oppermann, B. & Aisbett, B.	2012	Zusammenhänge zwischen personalen- und arbeitsplatzbezogenen Eigenschaften in Bezug auf Nackenbeschwerden während und nach dem Flug bei Kampfpiloten der Royal Australian Air Force	N=82 Querschnitt 1 Testzeitpunkt	Fragebogen: Anthropometrie, Flugcharakteristika, präventive Aktivitäten vor-, während- und nach dem Flug, Schmerzintensität, Trainingsumfang Schmerzintensität: Visual Analogue Scale (VAS)	Signifikanz Nackenschmerzen und Gesamtflugstunden Steigerung der Gesamtflugstunden um eine Stunde erhöht die Wahrscheinlichkeit von auftretenden Nackenschmerzen um Faktor 0,001 Signifikanz Nackenschmerzen und Trainingshäufigkeit Signifikanz Nackenschmerzen und Zeit am Schreibtisch Niedriger Zusammenhang zwischen Nackenschmerzen, Gesamtflugstunden und Alter
Kang, S., Hwang, S., Lee, E.T., Yang, S. & Park, J.	2011	Untersuchung fluginduzierter Beschwerden in Hinblick auf unterschiedliche G_z-Levels bei Piloten der Republic of Korea Air Force	N=1003 Querschnitt 1 Testzeitpunkt	Fragebogen: Anthropometrie, Lifestyle, Flugcharakteristika Schmerzintensität: Visual Analogue Scale (VAS)	Signifikanz Nackenschmerzen und G_z-Belastungen Die Schmerzintensität ist gering (1,5 von 10) Keine Signifikanz Nackenschmerzen und Lifestyle, Anthropometrie Oberhalb von + 6,4 G_z kein steigendes Verletzungsrisiko („Ceiling Effect of G_z Level“) Bei zweisitzigen Kampfjets Belastung für hinten sitzenden Piloten höher

Der Fragebogen beinhaltet 20 Items, die sich mit Fragen hinsichtlich demographischer Daten, Flugerfahrung, erlittener Rückenbeschwerden sowie Kompensationsstrategien beschäftigen. Des Weiteren sollten die Untersuchungsteilnehmer die Intensität der verspürten Rückenschmerzen vor und nach dem Flug auf einer zehnstufigen Skala einschätzen (0 = kein Schmerz; 10 = schlimmster Schmerz).

Die Gesamtstichprobe bestand aus 467 Piloten mit unterschiedlichen Voraussetzungen in Bezug auf Luftfahrzeugmuster, Alter und Flugstunden. 84,6 Prozent berichteten von aufgetretenen Rückenbeschwerden im Laufe ihrer bisherigen Karriere. 77,8 Prozent erfuhren binnen der vergangenen zwölf Monate fluginduzierte Rückenschmerzen und 8,6 Prozent der Piloten hatten schon vor Beginn ihrer fliegerischen Karriere Probleme im Bereich des Rückens. Die mittlere Flugzeit, bevor Rückenschmerzen auftraten, lag bei M = 67 (SD = 55) Minuten. Betrachtet man die Zeitspanne nach Beendigung des Fluges, in der die Schmerzen anhalten, so berichteten 29,9 Prozent von weniger als zwei Stunden, 24,55 Prozent von mehr als zwei Stunden und 23,77 Prozent von mehr als 24 Stunden. Die Untersuchungsteilnehmer schätzen die Intensität der verspürten Schmerzen vor dem Flug (M = 2,03, SD = 1,74) signifikant geringer ein als die nach dem Flug (M = 5,20, SD = 2,05). Körpergröße und Gewicht haben keinen signifikanten Einfluss auf Rückenschmerzen. Kelley et al. (2017) untersuchten mittels linearer Regression den Einfluss von Alter und Flugstunden auf verspürten Schmerzen während- und nach dem Flug. In beiden Fällen wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen Alter und Schmerzintensität gefunden.

Chumbley, Stolfi & McEachen (2017) untersuchten ausgewählte Risikofaktoren hinsichtlich auftretender Nackenschmerzen bei F-15C Piloten der Oregon Air National Guard. Ein Großteil der Studien, welche fluginduzierte Nackenschmerzen bei Kampfpiloten untersuchten, verwendeten retrospektive Fragebögen zur Einschätzung der Symptome und Schmerzen, welche unter Umständen schon Monate zurücklagen. Chumbley et al. (2017) hingegen untersuchten die Piloten vor- und nach jedem Flug mittels „Numerical Rating Scale“ Fragebogen hinsichtlich empfundener Nackenschmerzen über einen Zeitraum von zwölf Wochen. Sie untersuchten Zusammenhänge hinsichtlich dem Gebrauch verschiedener Helmsysteme, wie beispielsweise dem „Joint Helmet Mounted Cueing System JHMCS“ mit einem Gewicht von 2,2 Kilogramm (vgl. Lange, Torp-Svendsen &

Toft, 2011), und dem Auftreten fluginduzierter Nackenschmerzen hinsichtlich Verletzungsvorgeschichte, Kopfhaltung, G_z-Kräfte, Alter, Flugstunden und Flugdauer. Die Teilnehmer wurden zu Beginn, bei der Hälfte und am Ende der Studie von einem Physiotherapeuten untersucht, welcher die Bewegungsradien im cervikalen Bereich untersuchte.

Die Untersuchungsteilnehmer waren *M* = 38 (*SD* = 4) Jahre alt mit einer Gesamtflugerfahrung von *M* = 2338 (*SD* = 892) Stunden. Während sich die Intensität der fluginduzierten Schmerzen bei beiden Helmsystemen vor dem Flug nicht unterschied, erhöhte sich diese bei Gebrauch des JHMCS stärker als bei anderen Helmsystemen. Die Intensität mit JHMCS erhöhte sich um 0,73 auf der Numerical Rating Scale und um 0,52 bei anderen Helmsystemen. Bei Beiden handelte es sich um signifikante Steigerungen der Schmerzintensität. Zudem haben eingeschränkte Bewegungsumfänge der cervikalen Extension bei Benutzung des JHMCS erhöhte Schmerzintensitäten zur Folge. Chumbley et al. (2017) fanden keine Zusammenhänge zwischen fluginduzierten Nackenschmerzen und Alter, maximalen G_z-Kräften, Flugstunden sowie Flugdauer.

Der Gebrauch des JHMCS verschlimmert die nach dem Flug verspürten fluginduzierten Schmerzen signifikant. Die Kombination mit flektierten Kopfhaltungen, Extensionseinschränkungen im cervikalen Bereich sowie vorherigen Verletzungen führen zu Intensivierungen dieser Schmerzen. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken sind protektive Maßnahmen on vorm von körperlichem Training notwendig.

In der Finnish Air Force (FINAF) untersuchten Rintala, Häkkinen, Siitonen und Kyröläinen (2015) Zusammenhänge zwischen fluginduzierten, muskulären Beschwerden und der physischen Fitness, sowie der Trainingsintensität und Anzahl der Flugstunden bei Piloten. Untersuchungsteilnehmer waren 195 männliche Piloten, die den obligatorischen Fitness-Test für Piloten in den vergangenen sechs Monaten absolvierten. Die Probanden wurden hinsichtlich ihrer physischen Belastungen im Cockpit in drei Gruppen unterteilt. Die „High-G_z“-Gruppe bestand aus Piloten von „High Performance Aircrafts HPA“ (*n* = 113; Alter *M* = 30, *SD* = 5; BMI *M* = 24, *SD* = 1,8), die „Low-G_z“-Gruppe aus Piloten von propellergetriebenen Flugzeugen (*n* = 43; Alter *M* = 34, *SD* = 7; BMI *M* = 24,9, *SD* = 2,2) und die „Headquater HQ“-Gruppe aus inaktiven Piloten, welche Stabsarbeit leisten (*n* = 39; Alter *M* = 39, *SD* = 7; BMI *M* = 25,2, *SD* = 2,1).

Die maximale, anaerobe Kapazität wurde mittels Fahrradergometrie mit Stufenprotokoll untersucht. Das Protokoll begann mit einer Startleistung von 50 Watt und steigerte den Widerstand alle zwei Minuten um 25 Watt. Als Ausbelastungskriterien wurde eine respiratorische Austauschrate größer 1,05 und ein Wert größer 17 auf der Borg-Skala (vgl. Borg, 2004) beschrieben. Der physische Leistungszustand wurde zudem mittels Fitnesstest untersucht, welcher aus Sit-ups, Liegestütze, Kniebeuge und isometrischer Griffkraft besteht. Ziel war es, möglichst viele Wiederholungen binnen 60 Sekunden zu absolvieren, wobei zwischen den Disziplinen eine Pause von fünf Minuten einzuhalten war. Die durchgeführten Trainingseinheiten in den betrachteten sechs Monaten wurden in „Stunden der physischen Aktivität angegeben“.

93 Prozent der Piloten, welche das Einführungstraining für Kampfpiloten absolvierten, berichteten von muskulären Problemen, die auf den Flugdienst zurückzuführen waren. Die High-G_z-Gruppe zeigte hinsichtlich Ausdauerleistungsfähigkeit die höchste aerobe Kapazität und erzielte den höchsten Fitness-Score. Die fittesten Piloten dieser Stichprobe flogen die Flugzeugmuster mit der stärksten Beschleunigung. Sie berichteten von stärkeren, temporären, muskulären Schmerzen als Piloten anderer Muster, welche jedoch hinsichtlich ihrer physischen Leistungsfähigkeit immer noch im Durchschnitt lagen. Langfristig betrachtet litten die hoch trainierten jedoch an weniger Erkrankungen des Bewegungsapparates als ihre Mitstreiter.

Die Gesamtanzahl an Flugstunden der High-G_z-Gruppe hing signifikant mit dem Auftreten von flugdienstbezogenen, muskulären Problemen zusammen. Das Risiko von Beschwerden im Bereich der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule stieg linear mit der täglichen Flugbelastung an. Es wurde kein Zusammenhang zwischen Intensität des physischen Trainings, der Übungen oder Angewohnheiten wie beispielsweise rauchen von Zigaretten und den muskulären, flugdienstinduzierten Beschwerden gefunden.
Eine Kontrollgruppe ohne G_z-Belastungen war im Untersuchungsdesign nicht vorgesehen. Dennoch verdeutlichen die Ergebnisse den hohen Stellenwert eines physischen Trainings für Kampfpiloten hinsichtlich ständiger Einsatzbereitschaft.

Häufigkeiten auftretender Nackenschmerzen bei F-16- und Eurofighter Typhoon Kampfpiloten der Italian Air Force untersuchten Verde, Trivelloni, Angelino, Morgagni und Tomao (2015). Im Gegensatz zu Kampfpiloten des Eurofighter Typhoon fungierten

F-16 Piloten bereits häufiger als Untersuchungsteilnehmer von Studien hinsichtlich fluginduzierter Nackenbeschwerden. 50 bis 83 Prozent der untersuchten F-16 Piloten litten bereits mindestens einmal in ihrer Karriere an fluginduzierten Nackenschmerzen (vgl. Andersen, 1988; Hämäläinen, Vanharanta & Bloigu, 1994; Albano & Stanford, 1998).

Verde et al. verglichen mittels Fragebogen 35 männliche F-16- (Alter *M* = 32,54, *SD* = 4,71) mit 35 männlichen Eurofighter-Piloten (Alter *M* = 33,37, *SD* = 3,84). Der Fragebogen wurde von den Autoren erstellt und beinhaltete neben Fragen zur Anthropometrie und Flugcharakteristika eine Frage zu fluginduzierten Nackenschmerzen („Number of episodes of neck pain after flight in the last two months resulting in limitation of daily activities“). Keiner der Untersuchungsteilnehmer hatte zum Zeitpunkt der Untersuchung körperliche Beschwerden. Piloten der F-16 trugen während ihrer Flugmissionen einen 1582 Gramm schweren Helm (HGU-55) inklusive Sauerstoffmaske, Eurofighter Piloten einen etwas schwereren Helm (ACS), welcher inklusive Maske 1772 Gramm wog.

Die F-16-Piloten hatten *M* = 1488 (*SD* = 897) Gesamtflugstunden während Eurofighter-Piloten *M* = 1768 (*SD* = 746) Stunden zu verzeichnen hatten. Neun Eurofighter Piloten hatten Flugerfahrung auf der F-16, wobei keiner der F-16 Piloten Flugerfahrung auf dem Eurofighter vorweisen konnte. Alters- sowie Flugstundenunterschiede waren nicht signifikant. 48,6 Prozent der F-16 Piloten und 5,7 Prozent der Eurofighter Piloten gaben an, in den vergangenen zwei Monaten mindestens zweimal fluginduzierte Nackenschmerzen verspürt zu haben. Dabei ist anzumerken, dass beide betroffenen Eurofighter Piloten früher Piloten der F-16 waren. Die Eurofighter Piloten absolvierten signifikant weniger Flugstunden auf dem aktuellen Muster (*M* =216, *SD* = 187) als die F-16 Piloten (*M* = 563, *SD* = 292).

Um den Einfluss der Flugstunden auf die fluginduzierten Nackenschmerzen zu minimieren, wurden zwei weitere Subgruppen zu je 16 Piloten gebildet, die sich in Alter und Flugstunden nicht signifikant unterschieden. In diesen beiden Gruppen klagten 62,5 Prozent der F-16- und 12,5 Prozent der Eurofighter-Piloten an fluginduzierten Nackenschmerzen. Bei den F-16 Piloten wurden signifikante Zusammenhänge zwischen auftretenden Nackenschmerzen und Gesamtflugstunden, sowie zwischen Nackenschmerzen und Alter über 30 Jahren verzeichnet. Die Häufigkeiten fluginduzierter Nackenschmerzen von F-16-Piloten stimmen mit den Erkenntnissen früherer Studien überein (vgl.

Kikukawa, Tachibana & Yagura, 1995; Albano & Stanford, 1998; Wagstaff, Jahr & Rodskier, 2012).

Mutmaßliche Erklärungen für die signifikanten Unterschiede könnten die unterschiedlichen Sitzpositionen der beiden Flugzeugmuster liefern. Während der Sitz bei der F-16 30 Grad zurückgelehnt ist, wurde die Sitzposition im Eurofighter vertikaler ausgerichtet, bei lediglich 13 Grad Rücklehnung. Um die Sitzposition in der F-16 so auszugleichen, damit der Blick auf Ebene des Horizontes liegt, ist eine zusätzliche Nackenfllexion um 15 Grad erforderlich. Die Nackenmuskulatur ist folglich selbst unter +1 G_z unter hoher Spannung.

Lawson, Scott, Egbulefu, Ramos, Jenne und Anderson (2014) evaluierten demographische- und berufsbedingte Prädiktoren sowie das Gesamtrisiko hinsichtlich auftretender Nackenschmerzen bei U.S.- und NATO Piloten unterschiedlicher Luftfahrzeugmuster inklusive der Betrachtung von Passagier- und Ausbildungsflugzeugen. Die Untersuchungsteilnehmer setzten sich aus 333 U.S. Piloten, 68 NATO Piloten, zwölf Piloten unbekannter Herkunft und einer Kontrollgruppe von 57 Nicht-Piloten zusammen. 67 Prozent der Piloten flogen kleinere Trainerflugzeuge, 23 Prozent Kampfjets und sieben Prozent Transport- oder Passagierflugzeuge, wobei drei Prozent kein Luftfahrzeugmuster angaben. Alle Probanden bearbeiteten einen Fragebogen hinsichtlich auftretender Nackenschmerzen, welcher auf dem „Neck Disability Index Questionnaire NDI“ (vgl. Vernon & Mior, 1991) gründete. 92 Prozent aller Fragebögen wurden von den Berufspiloten bearbeitet, wobei die Kontrollgruppe eine Antwortrate von 100 Prozent aufwies. Die Analyse ergab, dass die Berufspiloten, unabhängig vom Luftfahrzeugmuster, häufiger an Nackenbeschwerden leiden als Nicht-Piloten. Piloten von Kampfjets und Transport- oder Passagierflugzeugen leiden häufiger an Nackenschmerzen als Piloten von Trainingsflugzeugen oder Nicht-Piloten. Weiterhin stellte das voranschreitende Alter der Probanden einen Prädiktor für auftretende Nackenschmerzen dar. Das Auftreten fluginduzierter Nackenschmerzen hing signifikant mit dem steigenden Alter zusammen, vor allem in der Altersgruppe 31-40 und 41-50 Jahre. Die Nationalität oder das Geschlecht standen in keinem Zusammenhang. In Hinblick auf die Intensität der Schmerzen berichten Kampfpiloten sowie Transport- und Passagierpiloten von moderaten bis schweren Schmerzen. Diese Einschätzung unterscheidet sich signifikant von denen der anderen Untersuchungsteil-

nehmer. Ab einem Alter von 30 Jahren steigen die berichteten Intensitäten der Nackenschmerzen an. Hinsichtlich Schlafverhalten geben 62,5 Prozent der Kampfpiloten sowie 46,3 Prozent der Transport- und Passagierpiloten schmerzbedingte Schlafstörungen von einer bis zu drei Stunden pro Nacht an. Weiterhin berichten Kampfpiloten (54,2 %) sowie Transport- und Passagierpiloten (32,1 %), dass ihre Freizeitaktivitäten durch die Schmerzen eingeschränkt wurden. Die Ergebnisse der Studie machen deutlich, dass der Beruf eines Piloten, unabhängig von Alter, Luftfahrzeug oder Flugstunden im Vergleich zu Nicht-Piloten ein erhöhtes Risiko für Nackenschmerzen darstellt, wobei das höchste Risiko bei Kampfpiloten und Transport- oder Passagierpiloten zu verzeichnen ist.

Im selben Jahr publizierten Nagai, Abt, Sell, Clark, Smalley, Wirt und Lephart (2014) eine Studie mit Helikopter-Piloten der U.S. Streitkräfte. Sie untersuchten Piloten mit und ohne Nackenschmerzen hinsichtlich Anthropometrie, Flugcharakteristika, physischer Fitness, Propriozeption, Kraft, Beweglichkeit und Körperhaltung. Aus einem Pool von 123 Helikopter-Piloten wurden zwei Gruppen zu je 27 Piloten gebildet. Die erste Gruppe setzte sich aus Piloten zusammen, die während ihrer Laufbahn mindestens einmal Nackenschmerzen erfahren haben (7x AH64 Apache, 6x UH60 Black Hawk, 1x CH47 Chinook, 13x OH58 Kiowa). Die zweite Gruppe bestand aus Piloten, die noch nie Nackenschmerzen zu beklagen hatten (9x AH64 Apache, 6x UH60 Black Hawk, 3x CH47 Chinook, 9x OH58 Kiowa). Um die Nackenschmerzen hinsichtlich ihrer Intensität zu operationalisieren, wurde die „Numerical Pain Rating Scale NPRS“ (0: no pain; 10: worst pain imaginable) verwendet (vgl. Cleland, Childs & Whitman, 2008). Alle Teilnehmer absolvierten mindestens 100 Flugstunden in den vergangenen zwölf Monaten vor Datenerhebung.

Die Körperhaltung und Nackenpropriozeption wurden durch Gelenkpositionsabweichungen mittels Bewegungserfassungssystem (Vicon Nexus) gemessen, welches mit sechs wandmontierten Infrarotkameras (Vicon Motion Systems, Centennial) synchronisiert wurde. Isometrische Maximalkraft im cervikalen Bereich (Flexion, Extension, Lateralflexion, Rotation) und Schulterblattmuskulatur wurden mittels Handmessgerät (Lafayette Handheld Dynamometer HHD) getestet. Die aktive Beweglichkeit im cervikalen Bereich wurde mithilfe CROM 3 (Performance Attainment Associates, Lindstrom) erfasst. Die Untersuchungsteilnehmer wurden darüber hinaus hinsichtlich Flugcharaktersitika (Flugerfahrung in Jahren, Flugstunden, Flugstunden mit Nachtsichtgeräten (NVG),

Flugstunden binnen der vergangenen zwölf Monate) physischer Fitness (Army Physical Fitness Test APFT: Push-ups, Sit-ups, 2-mile run) und Trainingshäufigkeiten untersucht. Äng und Harms-Ringdahl (2006) berichteten von verstärkt auftretenden Nackenschmerzen bei regelmäßigem Einsatz von NVGs. Bei Piloten, die wöchentlich mehr als eine Stunde Krafttraining absolvierten, reduzierte sich das Risiko fluginduzierter Nackenschmerzen signifikant. Das Krafttraining wurde von den Autoren nicht näher beschrieben.

Die Probanden der Gruppe, welche mindestens einmal Nackenschmerzen erfuhren, beschrieben eine Intensität von *M* = 4,0 (*SD* = 1,7) NPRS. Bis zur Beschwerdefreiheit vergingen *M* = 1,5 (*SD* = 1,7) Tage. Dieselben Probanden wiesen signifikant niedrigere Bewegungsumfänge der cervikalen Extension (*M* = 63,7°, *SD* = 8,5°) und Rotation (rechts *M* = 67,7°, *SD* = 8,8°); links (*M* = 67,4°, *SD* = 9,0°) auf als die schmerzfreie Untersuchungsgruppe (Extension: *M* = 68,3°, *SD* = 7,4°; Rotation rechts: *M* = 73,4°, *SD* = 7,4°; Rotation links: *M* = 72,9°, *SD* = 6,8°). Die anderen abhängigen Variablen unterschieden sich statistisch betrachtet nicht voneinander. Ist beim Fliegen eines Helikopters die cervikale Beweglichkeit eingeschränkt, sodass er nicht mehr in der Lage ist, die notwendigen Kopfdrehungen zu realisieren, wird die gesamte Flugsicherheit negativ beeinflusst.

Grossman, Nakdimon, Chapnik und Levy (2012) untersuchten Piloten unterschiedlicher Luftfahrzeugmuster der Israeli Air Force und verglichen diese hinsichtlich Intensität und Lokalisation von auftretenden, fluginduzierten Beschwerden. Dazu wurden die Muster in folgende Kategorien unterteilt: Kampfjets (F-15, F-16, Skyhawk), Kampfhubschrauber (Cobra, Apache), Transporthubschrauber (UH-60 Black Hawk, CH-53 Sea Stallion) und Transportflugzeuge (C130, Gulfstream, Boing 707). Der Fragebogen wurde von insgesamt 566 israelischen Piloten unterschiedlicher Muster bearbeitet und beinhaltete neben demographischen Daten auch Fragen bezüglich des Auftretens, der Lokalisation und Intensität von Rückenbeschwerden. Die Lokalisation der Rückenschmerzen wurde in drei Ebenen unterteilt (cervikal, thorakal, lumbal). Die Intensität sollte mittels subjektiver Einschätzung auf einer Skala von eins bis zehn erfolgen, wobei eins bis drei geringe Schmerzen, vier bis sieben mittlere Schmerzen und acht bis zehn intensive Schmerzen darstellten.

Die Untersuchungsteilnehmer waren *M* = 31,21 (*SD* = 8,1) Jahre alt und hatten einen BMI von *M* = 24,16 (*SD* = 2,48). Die wöchentlichen- und Gesamtflugstunden lagen bei *M* = 5,08 (*SD* = 5,38) und *M* = 1690 (*SD* = 1678) Stunden. 536, also 94,7 Prozent der

Befragten Piloten beantworteten die Frage nach der Lokalisation der Beschwerden. Beide Typen von Helikopterpiloten, sowohl Transport- (89,38 %) als auch Kampfhubschrauber (74,55 %), berichteten von signifikant mehr Vorkommnissen an Rückenschmerzen als Kampfjetpiloten (64,02 %) oder Transportflugzeugpiloten (47,47 %). Piloten von Kampfjets (47,2 %) und Transporthubschraubern (47,3 %) berichteten von mehr Beschwerden im cervikalen Bereich, wobei Hubschrauberpiloten allgemein häufiger an Schmerzen im lumbalen Bereich litten. Kampfjetpiloten (25,23 %) und Helikopterpiloten (Kampf 22,73 %, Transport 32,74 %) berichteten von mehr als einer Region, die Schmerzen verursacht. Bei Transportflugzeugpiloten waren es lediglich 9,09 Prozent. 541 (95,6 %) der Befragten beantworteten die Frage nach der Intensität von Nackenschmerzen. Kampfjet-, Kampfhubschrauber- und Transporthubschrauberpiloten stuften die Schmerzen intensiver ein als Transportflugzeugpiloten. 21 Prozent der Kampfjetpiloten stuften die Intensität als mittel bis intensiv ein. 542 (95,8 %) der Befragten beantworteten die Frage nach der Intensität von lumbalen Rückenschmerzen. Beide Typen von Hubschrauberpiloten, vor allem aber bei Transporthubschrauberpiloten (63,1 %) traten mittlere Schmerzen im Bereich des lumbalen Rückens signifikant häufiger auf als bei Kampfjet- (29,7 %) oder Transportflugzeugpiloten (16,5 %). Kampfjet- und Helikopterpiloten litten an mehr und intensiveren Rückenbeschwerden als Transportflugzeugpiloten. Bei Kampfflugzeugführern könnten hinsichtlich Häufigkeit und Intensität der Schmerzen, die hohe Last des Helmes, die Sitzposition und die hohen G_z-Belastungen als mögliche Gründe aufgeführt werden. Transporthubschrauberpiloten haben vergleichbare Helmlasten, sind jedoch geringeren G_z-Belastungen ausgesetzt. Gründe für die Häufigkeit und Intensität der Beschwerden könnten die starken Vibrationen in Verbindung mit langen Missionsdauern darstellen. Der hohe Stellenwert von präventiven, therapeutischen Interventionsprogrammen, welche das Auftreten von Beschwerden eindämmen sollen, wurde herausgestellt.

Shiri, Frilander, Sainio, Karvala, Sovelius, Vehmas und Viikari-Juntura (2015) stellten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich Häufigkeit an cervikalen- und lumbalen Schmerzen oder radiologischen Bandscheibenvorfällen zwischen Kampfpiloten, Helikopterpiloten, Transportpiloten oder nicht-fliegendem Personal fest. Bei diesen Ergebnissen gilt jedoch zu berücksichtigen, dass eine Hinzunahme von Kontrollgruppen in Form von freiwilligem Personal zu Schwierigkeiten in der Ergebnisinterpretation führen

kann. Allgemein sind Freiwillige gesünder als die Grundgesamtheit und beeinflussen dementsprechend das Ergebnis (vgl. Froom, Melamed & Kristal-Boneh, 1999).

Wagstaff, Jahr und Rodskier (2012) untersuchten bei Kampfpiloten der Royal Norwegian Air Force (RNoAF) Häufigkeiten, Eigenschaften und Ursachen fluginduzierter Schmerzen im Bereich der Halswirbelsäule und deren Zusammenhänge. Den retrospektiven Fragebogen, welcher von einer multidisziplinären Gruppe erstellt wurde (Fliegerarzt, Physiotherapeut, spezialisierter Assistent, aktiver Kampfpilot), beantworteten 105 Piloten. Der Fragebogen wurde in vier Kategorien unterteil: Allgemeine, personenbezogene Information mit Trainingsgewohnheiten; Schmerzen im Bereich der Halswirbelsäule allgemein und speziell in den vergangenen zwölf Monaten; Eigenschaften der auftretenden Schmerzen und operative Auswirkungen in Verbindung mit deren Behandlung und Prävention. Um die Intensität der Schmerzen zu operationalisieren wurde die „Visual Analogue Scale VAS“ angewandt.

72 Prozent der Teilnehmer gaben an, während ihrer aktiven Zeit als Pilot bereits fluginduzierte Nackenschmerzen erfahren zu haben, wobei 35 Prozent bereits an Rückenschmerzen litten. Betrachtet man ausschließlich die Fälle, welche binnen der vergangenen zwölf Monate auftraten, so berichteten 50 Prozent von Nackenschmerzen und 23 Prozent von Rückenschmerzen. In 93 Prozent der berichteten Nackenschmerzen wurde Rotation in der Halswirbelsäule unter G_z-Belastungen als auslösender Faktor beschrieben. 65 der betroffenen Piloten konnten exakt rekonstruieren, bei welcher G_z-Belastung die Schmerzen auftraten (im Mittel bei 6,7 G_z).

In Hinblick auf körperliches Training absolvieren 50 Prozent der Piloten eine Kombination aus Training mit eigenem Körpergewicht und Ausdauertraining. 9 Prozent beschränkten sich ausschließlich auf das Training mit eigenem Körpergewicht, 32 Prozent absolvierten ausschließlich Ausdauertraining wobei 9 Prozent angaben, kein körperliches Training durchzuführen. Ein Zusammenhang zwischen fluginduzierten Nackenschmerzen und der Trainingsform wurde nicht gefunden. Die Trainingszeit hingegen hängt signifikant mit dem Auftreten von Nackenschmerzen zusammen. Bei Piloten, die noch nie fluginduzierte Nackenschmerzen erfuhren, ist eine höhere Anzahl an Wochentrainingsstunden zu beobachten (3,9 h / Woche) als bei denen, die schon einmal an Nackenschmerzen litten (2,7 h / Woche). Jeder Pilot der RNoAF muss einen jährlichen Ausdauertest absolvieren, bei dem ein Ausdauerscore ermittelt wird. Dieser Score unterscheidet sich

bei Piloten, welche bereits fluginduzierte Nackenschmerzen erfahren haben nicht signifikant von denen, welche noch keine erfahren haben. Es besteht zudem kein signifikanter Zusammenhang zwischen Gesamtflugstunden und erlittenen Nacken- bzw. Rückenschmerzen. 70 Prozent der Befragten, die an Beschwerden im Bereich der Wirbelsäule litten, suchten keine ärztliche Hilfe auf. Sie tauschten lieber die zu fliegende Mission mit anderen Piloten oder suchten andere Wege, die nicht zu ihrem Nachteil ausgelegt werden konnten. Lediglich 2 Prozent wurden von einem Fliegerarzt untersucht und temporär Fluguntauglich geschrieben. Wagstaff et al. (2012) bekräftigen das Thema der aktiven Prävention von Kampfpiloten. Um die Teilnahme an Trainingsinterventionen zu ermöglichen empfehlen Wagstaff et al. (2012) die Aufnahme der Trainings in den wöchentlichen Dienstplan. Neben spezialisiertem Betreuungspersonal in Form von Physiotherapeuten werden ebenfalls ausgebildete Sportwissenschaftler gefordert.

Im Jahr 2012 publizierten Tucker, Netto, Hampson, Oppermann und Aisbett eine Studie hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen personalen- und arbeitsplatzbezogenen Eigenschaften in Bezug auf Nackenbeschwerden von Kampfpiloten der Royal Australian Air Force (RAAF) während und nach dem Flug. 82 männliche Piloten der RAAF wurden mittels retrospektivem Fragebogen untersucht. Die Untersuchungsteilnehmer waren M = 31 (SD = 7) Jahre alt, hatten M = 2013 (SD = 1570) Flugstunden und wogen M = 81,1 (SD = 8,6) Kilogramm bei einer Körpergröße von M = 180,6 (SD = 6,5) Zentimetern. Der Fragebogen beinhaltete 18 Items, die wiederum in sechs Kategorien eingeteilt wurden. Für die Untersuchung wurden vier dieser sechs Kategorien näher betrachtet. Die erste Kategorie beschäftigte sich mit allgemeinen, personalen Informationen des Probanden hinsichtlich Anthropometrie, Flugstunden und Luftfahrzeugmuster. Die Anzahl an präventiven Aktivitäten zur Vermeidung von Verletzungen im Nackenbereich während und nach dem Flug wurde in der zweiten Kategorie abgefragt. Die dritte beschäftigte sich mit fluginduzierten Nackenschmerzen und deren Intensität, wobei sich die vierte Kategorie der investierten Trainingszeit in spezifische Übungen zur Prävention von Nackenbeschwerden widmete.

Tucker et al. (2012) stellten heraus, dass die Anzahl an Gesamtflugstunden signifikant mit dem Auftreten von Nackenschmerzen mittlerer Intensität zusammenhängt. Eine Steigerung der Gesamtflugstunden um eine Stunde erhöht somit die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Nackenschmerzen um 0,1 Prozent. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen

Albano und Stanford (1998), welche einen niedrigen Zusammenhang zwischen Flugstunden und Nackenschmerzen nachwiesen. Im Gegensatz dazu berichteten De Loose, van den Oord, Burnotte, van Tiggelen, Stevens, Cagnie, Witvrouw und Danneels (2008), dass die Anzahl der Gesamtflugstunden keinem Zusammenhang mit dem Auftreten von Nackenschmerzen aufweist. Weiterhin stellten Tucker et al. (2012) einen signifikanten Zusammenhang zwischen auftretenden Nackenschmerzen nach dem Flug und der Häufigkeit an durchgeführten Nackentrainings heraus. Eine Reduzierung der Anzahl an Nackentrainings kann folglich zu vermehrtem Auftreten von Nackenschmerzen nach dem Flug führen. Ang, Monnier und Harms-Ringdahl (2009) kamen zu ähnlichen Ergebnissen, als sie 68 Helikopterpiloten der Swedish Air Force untersuchten, welche ein Interventionsprogramm zur Stärkung der Nackenmuskulatur absolvierten. Interessanterweise fanden Tucker et al. (2012) einen schwachen, positiven Zusammenhang zwischen der Dauer von temporärer Flugunfähigkeit aufgrund ärztlicher Krankschreibung und der Trainingshäufigkeit zur Stärkung der Nackenmuskulatur. Dies würde bedeuten, dass Piloten, welche häufiger Nackentrainings durchführen auch mehr Flugausfallzeiten zu beklagen haben. Andererseits könnte die steigende Zahl an Nackentrainings auch durch Rehabilitationsmaßnahmen zu erklären sein. Weiterhin wurde ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen nach dem Flug auftretenden Nackenschmerzen und der Zeit am Arbeitsplatz vor dem Computer herausgestellt. Piloten, welche mehr Zeit vor ihren Rechnern verbrachten, litten folglich häufiger an nach dem Flug auftretenden Nackenschmerzen.

Weder die Häufigkeit an Ausdauer- noch an Krafttrainingseinheiten hingen signifikant mit dem Auftreten von Nackenschmerzen oder den Arbeitsunfähigkeitstagen zusammen. Dieses Ergebnis ist im Vergleich zu denen von Albano und Stanford (1998), Sarig-Bahat (2003) oder Linton und van Tulder (2001), welche Ganzkörperkrafttraining als mögliche Präventivmaßnahme gegen Nackenbeschwerden beschreiben, widersprüchlich. Hämäläinen, Vanharanta und Bloigu (1993), Drew (2000) sowie Äng und Harms-Ringdahl (2006) sprechen sich für regelmäßiges Kraftausdauertraining zur Risikoreduktion von fluginduzierten Nackenschmerzen aus.

Tucker et al. (2012) beschrieben weiterhin einen niedrigen, positiven Zusammenhang zwischen fluginduzierten Nackenbeschwerden, der Anzahl an Flugstunden und dem Alter. Hämäläinen et al. (1994) sowie Kang, Hwang und Lee (2011) bestätigten diesen Zusammenhang, wohingegen vier andere Studien keinen Zusammenhang gefunden haben

(vgl. Äng, Linder & Harms-Ringdahl, 2005; De Loose et al., 2008; Lecompte, Maisetti & Guillaume, 2008; Wagstaff, Jahr & Rodskier, 2012). Turbedar, Yilmaz und Alan (1999) berichteten sogar von einem direkten Zusammenhang zwischen Flugstunden und Rückenschmerzen. Tucker et al. (2012) stellten zudem die Wichtigkeit von nackenspezifischen Trainingsinterventionen bei Piloten jedes Alters heraus.

In der Republic of Korea Air Force (ROKAF) untersuchten Kang, Hwang, Lee, Yang und Park (2011) den Zusammenhang zwischen fluginduzierten Beschwerden und G_z-Levels. Eingesetzt wurde ein Fragebogen, welcher drei unterschiedliche Kategorien abbildete: physische Eigenschaften (Größe, Gewicht, BMI, Alter), Lifestyle (Rauchen, Alkohol, Sport) und fliegerische Eigenschaften (maximale, erfahrene G_z-Belastung „G_{zmax}“, Anzahl G_{zmax}, Dauer G_{zmax}, Luftfahrzeugtyp, Flugstunden auf aktuellem Muster, Gesamtflugstunden). Die Fragestellungen beschäftigten sich im Schwerpunkt damit, ob der Pilot je fluginduzierte Nackenschmerzen erfahren hat; wie oft diese Schmerzen erfahren wurden und wie intensiv diese Schmerzen waren. Die Intensität der Schmerzen sollte auf einer Skala von eins bis zehn beurteilt werden.

1003 männliche Piloten der Republic of Korea Air Force bearbeiteten den Fragebogen. 48,8 Prozent der Kampfpiloten haben bereits fluginduzierte Nackenschmerzen während oder nach dem Flug erfahren. Die Häufigkeit des Auftretens von Nackenschmerzen im Laufe der Pilotenkarriere schwankt in der Literatur zwischen 37,9 und 89,1 Prozent (vgl. Hämäläinen, Vanharanta & Bloigu, 1994; Kikukawa, Tachibana & Yagura, 1995; Hermes, Webb & Wells, 2010). 463 der 1003 Piloten beantworteten die Fragen hinsichtlich der Häufigkeit von Nackenschmerzen. 52,5 Prozent verspürten weniger als einmal pro Woche Schmerzen, bei 36,5 Prozent traten die Schmerzen einmal oder mehrmals auf, jedoch nicht alltäglich, wobei 11 Prozent über nahezu tägliche Schmerzen klagten. Die Häufigkeit der erfahrenen G_z-Belastungen hing signifikant mit der Häufigkeit von auftretenden Nackenschmerzen zusammen. Der subjektive Schmerzscore lag bei $M = 1{,}5$ ($SD = 2{,}1$) und war somit als eher gering einzuschätzen. Privater Lifestyle und physische Eigenschaften, ausgenommen BMI, standen in keinem Zusammenhang mit auftretenden Nackenschmerzen. Bei zweisitzigen Kampfflugzeugen waren die fluginduzierten Belastungen für den hinten sitzenden Piloten höher als für den vorne sitzenden. Dies könnte damit zusammenhängen, dass der vordere Pilot das Flugzeug steuert und der hintere sich nur bedingt auf schnell wechselnde Flugmanöver einstellen kann.

Oberhalb einer Belastung von +6,4 G_z waren keine Unterschiede hinsichtlich Auftreten von Nackenschmerzen erkennbar. Die Autoren beschrieben dieses Phänomen als „ceiling effect of G level“, also einen Deckeneffekt, oberhalb dessen das Risiko von fluginduzierten Nackenmerzen nicht weiter zunimmt und so kein erhöhtes Verletzungsrisiko mehr besteht. Die Häufigkeit und Dauer der erfahrenen G_z-Belastungen hatten einen größeren Einfluss auf das Auftreten von Nackenschmerzen als das G_z-Level. Andere Eigenschaften, die mit körperlichen Voraussetzungen oder Lifestyle zusammenhängen, hatten einen weitaus geringeren Einfluss auf Nackenschmerzen als G_z-Belastungen.

Zusammenfassend berichten Kelley, MacDonnell, Grigley, Campbell und Gaydos (2017), genau wie Lawson, Scott, Egbulefu, Ramos, Jenne und Anderson (2014) sowie Tucker, Netto, Hampson, Oppermann und Aisbett (2012) von einem signifikant positiven Zusammenhang zwischen steigendem Alter und auftretenden Nackenschmerzen. Von einem signifikant positiven Zusammenhang zwischen Gesamtflugstunden und Nackenschmerzen berichten Rintala, Häkkinen, Siitonen und Kyröläinen (2015) und Tucker et al. (2012), wohingegen Chumbley, Stolfi und Mc Eachen (2017) sowie Wagstaff, Jahr und Rodskier (2012) keinem signifikanten Zusammenhang zwischen Gesamtflugstunden und Nackenschmerzen herausstellen konnten.

Von allen untersuchten Luftfahrzeugmustern litten Piloten von Kampfjets häufiger an fluginduzierten Nackenschmerzen als Transportflugzeug- oder Hubschrauberpiloten (vgl. Lawson et al., 2014; Grossman, Nakdimon, Chapnik & Levy, 2012). Während Rintala et al. (2015) und Grossmann et al. (2012) herausstellten, dass Jetpiloten höhere Fitnessscores als alle anderen Luftfahrzeugpiloten aufweisen und gleichzeitig am häufigsten an Nackenschmerzen leiden, berichteten Wagstaff et al. (2012) von keinem Zusammenhang zwischen Fitnessscore und Nackenschmerzen. Tucker et al. (2012) und Wagstaff et al. (2012) stellten einen signifikant positiven Zusammenhang zwischen Trainingshäufigkeit und fluginduzierten Nackenschmerzen heraus, wobei die Trainingsform zweitrangig war (vgl. Wagstaff et al., 2012).

Nagai, Abt, Sell, Clark, Smalley, Wirt, und Lephart (2014) beschrieben einen signifikant positiven Zusammenhang zwischen Beweglichkeit in der Halswirbelsäule und auftretenden Nackenschmerzen. Kelley et al. (2017) stellten vor dem Flug signifikant geringere Schmerzintensitäten als nach dem Flug fest. Anthropometrische Eigenschaften wie

Körpergröße oder Gewicht, sowie Angewohnheiten wie Rauchen oder Alkoholkonsum hängen nicht signifikanten mit dem Auftreten von Nackenschmerzen zusammen (vgl. Kelley et al., 2017; Kang, Hwang, Lee, Yang & Park, 2011). Mögliche Prädiktoren der Häufigkeit- und Intensität fluginduzierter Schmerzen stellen die Sitzneigung im Cockpit (vgl. Verde, Trivelloni, Angelino, Morgagni und Tomao, 2015) und die verbrachte Arbeitszeit am Schreibtisch dar (vgl. Tucker et al., 2012). Kang et al. (2011) beschrieben zudem einen „Ceilling Effect of G_z Level“ welcher besagt, dass oberhalb einer Belastung von +6,4 G_z das Risiko von Verletzungen nicht weiter ansteigt.

Ein Großteil der relevanten Studien sind querschnittlich angelegt und beinhalten nur einen Testzeitpunkt. Die Daten wurden durch die Beantwortung retrospektiver Fragebögen erhoben. Lediglich eine Studie umfasste drei Testzeitpunkte innerhalb eines zwölfwochen Zeitraums. Die dargestellten Publikationen offenbaren ein Forschungsdefizit hinsichtlich der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen fluginduzierten Nackenschmerzen und körperlicher- sowie psychischer Leistungsfähigkeit, welche über einen längeren Zeitraum aktiv beeinflusst wird.

3.2 Diagnostik, Intervention und Effekte

Der folgende Abschnitt beschäftigt sich mit der Darstellung verschiedener diagnostischer Verfahren und Interventionen, sowie den daraus resultierenden Effekten. Physische- und psychische Leistungsfähigkeit werden dabei getrennt voneinander betrachtet.

3.2.1 Physische Leistungsfähigkeit

Die Halswirbelsäule von Kampfpiloten stellt eine der fragilsten Struktur während intensiven Luftkämpfen dar. Die hohe Frequentierung und Intensität der G_z-Belastungen wirken direkt auf die Halswirbelsäule bei Extensions-, Flexions-, Lateralflexions- und Rotationsbewegungen (vgl. Knudson, McMillan, Doucette & Seidel, 1988; Hämäläinen, Vanharanta & Kuusela, 1993). Die am häufigsten auftretenden Beschwerden wurden als leichte Muskelschmerzen beschrieben. Schwerwiegendere Verletzung stellen in diesem Zusammenhang Frakturen, Bandrupturen, Nervenkompressionen oder Bandscheibenverletzungen dar (vgl. Schall, 1989; Levoska & Keinänen-Kiukaanniemi, 1993; Mason, Harper & Shannon, 1996; Hämäläinen, Toivakka-Hämäläinen & Kuronen, 1997).

Der folgende Abschnitt beschäftigt sich mit Diagnostik, Interventionen und Effekten hinsichtlich physischer Leistungsfähigkeit von Piloten und Soldaten. Neben Screeningverfahren werden verschiedene Betreuungsarten, Trainingsformen- und methoden, sowie Maßnahmen zur Belastungskompensation dargestellt und deren Einflüsse auf die fliegerische Leistung diskutiert.

Die relevanten Studien wurden zwischen den Jahren 1998 und 2015 durchgeführt. Von insgesamt acht Untersuchungen gründeten drei auf einer querschnittlichen Datenerhebung mit einem Testzeitpunkt und fünf auf einer längsschnittlichen mit zwei Testzeitpunkten. Die Stichprobenumfänge betrugen zwischen neun und 4.863 Teilnehmern (2x $N < 20$; 3x $N = 20\text{-}100$; 1x $N = 100\text{-}1000$; 1x $N > 1000$; 1x N= n. a.). Eine Studie verwendete zur Operationalisierung von muskulären Beschwerden den Fragebogen „Standardised Questionnaire for the Analysis of Musculoskeletal Symptoms“ wohingegen zwei weitere Studien unbestimmte Fragebögen benutzten. In sechs Studien wird die Maximalkraft erfasst. Drei davon verwendeten spezielle Großgeräte zur Messung wobei die anderen drei Studien behelfsmäßige Vorrichtungen anwendeten. Die Ausdauerleistungsfähigkeit wurde in drei dieser Studien durch Fahrradergometrie und Feldtests untersucht. Andere konditionelle Fähigkeiten, wie Koordination, Beweglichkeit und Schnelligkeit werden in einer Untersuchung operationalisiert. Weiterhin werden in zwei der acht Studien Experteninterviews geführt.

Die Forschungsarbeiten werden nachfolgend tabellarisch dargestellt, die wichtigsten Erkenntnisse zusammengefasst, die einzelnen Studien beschrieben und anschließend hinsichtlich Forschungsdefiziten zusammengefasst. Die Arbeiten werden absteigend nach Erscheinungsjahr dargestellt, beginnend mit der aktuellsten.

Rohde, Rüther und Leyk (2016) beschrieben die zunehmenden Leistungsanforderungen von Soldaten der Bundeswehr und erörterten eine streitkräftegemeinsame Überprüfungsmöglichkeit der körperlichen Leistungsfähigkeit, welche sich an aktuellen Einsatzbelastungen orientieren sollte. Die besonderen, militärtypischen Anforderungen an die körperliche Leistungsfähigkeit stellen für die Personalgewinnung eine zunehmende Herausforderung dar. Gleichzeitig sind die Belastungen der Soldaten und Soldatinnen durch die Vielzahl an Einsätzen und die umfangreichere Ausrüstung in den vergangenen zwei Jahrzehnten stetig gestiegen. Zudem stehen durch den demographischen Wandel und die

positive, wirtschaftliche Entwicklung weniger potentielle Bewerber zur Verfügung. Zunehmenden Leistungsanforderungen steht somit ein allgemein abnehmendes individuelles Leistungsvermögen gegenüber (vgl. Rohde, Rüther & Leyk, 2016). Charakteristische Merkmale zahlreicher militärtypischer Tätigkeiten sind dynamische Handlungen unter Zeitdruck (schnelles Bewegen im Gelände) mit hohen Lasten (Schutzweste, Waffe). Ohne ein gezieltes Training der körperlichen Leistungsfähigkeit sind die soldatischen Befähigungen kaum realisierbar. Streitkräftegemeinsame Grundlage zur Überprüfung der körperlichen Leistungsfähigkeit ist die „Weisung zur Ausbildung, zum Erhalt der individuellen Grundfertigkeiten und zur körperlichen Leistungsfähigkeit“ (vgl. BMVg GenInsp, 2013).

Die Leistungsfähigkeit wird als Konstrukt aus vier aufeinander aufbauenden Stufen definiert. Die ersten beiden Stufen „Basis-Fitness“ und „Soldaten-Grundfitness“ sind als streitkräftegemeinsam zu betrachten. Für diese Stufen werden einheitliche Testverfahren zur Leistungsüberprüfung eingesetzt. Die darauffolgenden Ebenen „Funktions-fitness“ und „Einsatz-fitness“ orientieren sich an den besonderen körperlichen Anforderungen und spezifischen Aufgaben der bestimmten Dienstposten. Der BFT, welcher seit 2010 bundeswehrweit eingesetzt wird, stellt das konditionelle Fundament der körperlichen Leistungsfähigkeit dar (vgl. BMVg, 2013) und bildet die „Basis-Fitness“ ab. Festgelegte Mindestleistungen sind von jedem Soldaten einmal jährlich zu erfüllen. Die „Soldaten-Grundfitness“ baut auf der „Basis-Fitness“ auf und soll eine streitkräftegemeinsame Grundlage für die weiterführenden Stufen bilden. Bislang existierten keine Verfahren, welche die Überprüfung der „Soldaten-Grundfitness SGT“ abbilden könnten.

Leyk, Dobmeier, Hackfort und Sievert (2011) entwickelten in einer Verbundforschung des Departments für Sportwissenschaft der Bundeswehruniversität München, dem Zentralen Institut des Sanitätsdienstes der Bundeswehr Koblenz und der Deutschen Sporthochschule Köln ein Konzept zur Quantifizierung relevanter, psycho-physischer Leistungsparameter („Psycho-physische Leistungsfähigkeit und militärische Fitness vor dem Hintergrund der Einsatzerfordernisse und des Leistungszustandes der Soldatinnen und Soldaten“).

Tabelle 13: Überblick Forschungsstand Diagnostik, Intervention und Effekte physischer Leistungsfähigkeit.

Autoren	Jahr	Inhalt	Untersuchungsdesign	Messinstrumente	Wesentliche Befunde
Rohde, U., Sievert, A., Rüther, T., Witzki, A. & Leyk, D.	2015	Untersuchung eines neu entwickelten, militärischen Fitnesstest der Bundeswehr hinsichtlich Durchführbarkeit und Differenzierbarkeit	N=122 Querschnitt 1 Testzeitpunkt	Maximalkraft: Einseitige Messung: Ellbogen Flexion, Knie Extension, Griffkraft Körperfett: Harpenden Skinfold Caliper	Weibliche Untersuchungsteilnehmer benötigten sign. mehr Zeit als die männlichen für das Absolvieren des Tests Große Zeitdifferenzen bei Modul B, C und D Soldaten verfügten über sign. höhere, magere Körpermasse als Soldatinnen Soldaten verfügten über sign. mehr Kraft in allen untersuchten Bewegungen als Soldatinnen
Bartz, O. & Jäschner, A.	2015	Evaluation sportwissenschaftlicher Methoden in der Betreuung von Eurofighter-Piloten der Bundeswehr	N=13 Längsschnitt 2 Testzeitpunkte Retrospektive Trainingshäufigkeit 29 Einheiten pro Jahr	Maximalkraft: Schnell Diagnos Med (untere Extremität) Ausdauer: 30-min-Feldtest nach Schnurr Gleichgewicht: Einbeinstand Mobilität: FMS Koordination: Koordinations-Platte	Pre-Test: Möbilitätsdefizite in Schulter und Hüfte Stabilitätsdefizite im Körperstamm Kraftdefizite im cervikalen Bereich Post-Test: Verbesserung der Mobilität und Kraftfähigkeit der cervikalen- und lumbalen Bereiche
Scott, J.M., Hackney, K., Down, M., Guined, J., Ploutz-Snyder, R., Fiedler, J., Cunningham, D. & Ploutz-Snyder, L.	2014	Vergleich hochintensiver Trainingsmethoden auf der Internationalen Raumstation (ISS) hinsichtlich Energiebilanz und Muskelatrophie	N=9 Längsschnitt 2 Testzeitpunkte 2 Wochen Intervention, 6 Einheiten Ausdauer und 3 Einheiten Kraft pro Woche	Kraft: Advanced Resistive Exercise Device ARED Ausdauer: Fahrradergometer (50W Start, 25W Steigerung pro Minute)	Sign. höherer Energieverbrauch bei Kraft- oder kontinuierlichem Ausdauertraining als bei Intervalltraining Training mit 2-min-Ausdauerintervallen verbrauchte sign. weniger Energie als alle anderen Trainingsformen Keine sign. Unterschiede beim Körpergewicht
Leyk, D., Witzki, A., Gorges, W., Rohde, U., Lison, A., Rondé, M., Wömpener, H., Schlattmann, A., Dobmeier, H., Rüther, T. & Wunderlich, M.	2010	Evaluierung der Ergebnisse des Basis-Fitness-Test (BFT) von Bundeswehrsoldaten hinsichtlich leistungsrelevanter Körpermaße (Größe, Gewicht, Taillenumfang, Body-Mass-Index) und ausgewählter Angaben zu Gesundheit, Arbeit und Freizeit	N=4.863 Querschnitt 1 Testzeitpunkt	Fragebogen: Ernährung, sportliche Aktivität, Art der beruflichen Tätigkeit Basis-Fitness-Test	Signifikanz Gewichtsstatus und Testergebnis Übergewichtsindikator BMI bester Prädiktor für Testergebnis 82 % der Soldaten und 67 % der Soldatinnen absolvierten den Test erfolgreich „Besteher“ und „Nicht-Besteher“ unterscheiden sich deutlich hinsichtlich sportlicher Aktivität Mehr „Nicht-Besteher“ arbeiten am Bildschirm, gehen einer sitzenden Tätigkeit nach und arbeiten nicht im Freien Basis-Fitness-Test wesentlich effizienter als Physical-Fitness-Test

Tabelle 14: Überblick Forschungsstand Diagnostik, Intervention und Effekte physischer Leistungsfähigkeit (Fortsetzung).

Autoren	Jahr	Inhalt	Untersuchungsdesign	Messinstrumente	Wesentliche Befunde
Panovsky, I.	2010	Untersuchung von präventiven Maßnahmen zur Belastungskompensation im Bereich der Halswirbelsäule bei Eurofighter-Piloten des österreichischen Bundesheeres	N= n.a. Querschnitt 1 Testzeitpunkt	Experteninterviews: Biometrische Daten, physiologisches Anforderungsprofil, Beschwerdebilder, Training	Trainingsinterventionen für Piloten des Eurofighter Typhoon sind unumgänglich Moderates- bis intensives Krafttraining, propriozeptive Kontrolle, lokale und globale Koordination und geringe Anteile Ausdauertraining zentrale Trainingsinhalte Fachkompetente Betreuung notwendig
Burnett, A.F., Naumann, F.L., Price, R.S. & Sanders, R.H.	2005	Vergleich unterschiedlicher Krafttrainingsmethoden zur Steigerung der cervikalen Maximalkraft bei Piloten der Royal Australian Air Force	N=36 Längsschnitt 2 Testzeitpunkte Drei Gruppen: ExG 1 (MCU, n=12) ExG 2 (THER, n=12) KG (n=12) 10 Wochen Intervention mit 2 Trainings pro Woche	Maximalkraft: Multi-Cervical Unit (Flexion, Extension, Lateralflexion)	ExG 1 verzeichnete den größten Zuwachs an Maximalkraft (Flexion + 64 %, Extension + 63 %, Lateralflexion + 51 %) ExG 1 sign. höhere Maximalkraft als KG ExG 2 verzeichnete keine sign. Kraftzuwächse (Flexion + 42 %, Extension + 30 %, Lateralflexion + 28 %) KG verzeichnete minimale Kraftzuwächse Training zur Steigerung der cervikalen Maximalkraft ist an spezifischen Trainingsgeräten am effektivsten
Alricsson, M., Harms-Ringdahl, K. Larsson, B., Linder, J. & Werner, S.	2004	Vergleich von Maximalkraft und Kraftausdauer der Nackenmuskulatur, sowie Beschwerden im Bereich der Halswirbelsäule hinsichtlich unterschiedlicher Betreuungsformen bei Kampfpiloten der Swedish Air Force	N=40 Längsschnitt 2 Testzeitpunkte Zwei Gruppen: ExG (n=20) KG (n=20) 6-8 Monate Intervention	Maximalkraft und Kraftausdauer: Behelfsmäßige Messvorrichtung (cervikale Extension und Flexion) Fragebogen: Beschwerden in den vergangen drei Monaten	Sign. Steigerung der cervikalen Maximalkraft bei ExG Sign. Steigerung der cervikalen Kraftausdauer der Extensoren bei ExG Sign. Reduktion der Maximal- und Kraftausdauer bei der KG Keine sign. Veränderungen hinsichtlich Nackenbeschwerden bei ExG und KG
Hämäläinen, O., Heinijoki, H. & Vanharanta, H.	1998	Vergleich zweier unterschiedlicher Trainingsmethoden für die cervikale Muskulatur hinsichtlich nackenschmerzbedingter Krankheitstage und ärztlich angeordneter G_z-Beschränkungen bei Kampfpiloten der Finnish Air Force	N=20 Längsschnitt 4 Testzeitpunkte Zwei Gruppen: ExG 1: Dynamisches Nacken- und Schultertraining mit Handgewichten ExG 2: Geführtes Training mit Fliegerhelmen 12 Monate Intervention bei 3 Trainings pro Woche	Standardised Questionnaire for the Analysis of Musculoskeletal Symptoms Maximalkraft Passive Beweglichkeit	Maximalkraft erhöhte sich in beiden Gruppen ohne sign. Unterschiede ExG 2 verzeichnete mehr Flugausfallzeiten aufgrund von Nackenschmerzen oder ärztlich angeordneter G_z Beschränkungen

Die Studie sah als ersten Schritt eine systemische Anforderungsanalyse und Bewertung relevanter psycho-physischer Leistungskomponenten (Kraft, Ausdauer, Koordination, Reaktionsvermögen) sowie charakteristische Rahmenbedingungen (Traglasten, Wegstrecken, Zeitprofile) vor. Durch Vor-Ort-Analysen in Verbindung mit Experteninterviews, portablen Messeinrichtungen sowie Auswertung vorliegender Daten und Erkenntnisse, wurden Leistungsanforderungen definiert und hinsichtlich Belastungs-/Beanspruchungszusammenhänge operationalisiert. Die „Basis-Fitness“ soll dabei durch fähigkeitsorientiertes Grundlagentraining erzielt werden. Durch fertigkeitsorientiertes Aufbautraining soll „Soldaten-Grundfitness“ erreicht werden. „Funktions-Fitness“ soll durch funktionsorientiertes-, „Einsatz-Fitness“ durch einsatzorientiertes Leistungstraining abgebildet werden. Das Testkonzept soll als valides Tool zur Verfügung stehen und das Aufbautraining zur „Advanced Military Fitness“ unterstützen.

Rohde, Rüther und Leyk (2016) entwickelten das Tool weiter und beschreiben es als „Soldaten-Grundfitness-Tool (SGT). Das SGT soll mit Arbeitsaufgaben modellhaft und fähigkeitsorientiert, ein leistungsphysiologisches Anforderungsprofil abbilden. Allgemeinmilitärische Belastungen sollen möglichst realitätsnah dargestellt werden. Dazu wurde das SGT in vier Module unterteilt. Modul A befasst sich mit der Simulation eines Feuerkampfes, bei dem der Soldat Richtungs-, Lage- und Geschwindigkeitswechsel über 130 Meter absolvieren muss. Im Modul B zieht der Soldat eine Last von 50 Kilogramm über 40 Meter und simuliert somit eine Personenrettung. Materialtransport wird mit Hilfe von zweimal 18 Kilogramm Kanistern über 100 Meter im Modul C geprüft. Modul D befasst sich mit dem Heben und Absetzen von Lasten, bei dem der Soldat eine Last von 24 Kilogramm fünfmal auf 1,25 Meter Höhe heben muss. Das SGT wurde nicht als Test konzipiert, bei dem man durchfallen kann, sondern vielmehr als Überprüfungsinstrument um im Rahmen der einsatzvorbereitenden Ausbildung physische Leistungsdefizite zu identifizieren. Die Bundeswehr wird mit Einführung des SGT erstmals die körperliche Leistungsfähigkeit unter einsatztypischen Anforderungen valide und effizient überprüfen können.

Rohde, Sievert, Rüther, Witzki und Leyk (2015) untersuchten den neu entwickelten, militärischen Fitnesstest der Bundeswehr (SGT) hinsichtlich Durchführbarkeit und Differenzierbarkeit. 122 Soldaten unterschiedlicher Werdegänge (Infanterie, Militärisches

Nachrichtenwesen, Logistikkräfte, Führungskräfte, Sanitätspersonal) nahmen an der Untersuchung teil. 104 Soldaten (*M* = 30, *SD* = 8,4 Jahre) und 18 Soldatinnen (*M* = 28,5, *SD* = 6,6 Jahre) der Bundeswehr absolvierten das SGT. Die Untersuchungsteilnehmer wurden über den Zweck der Studie informiert und willigten in die Teilnahme ein. Die angewandten Methoden wurden von der Ethikkommission der Sporthochschule Köln genehmigt. Neben den anthropometrischen Daten, wie Köpermasse (Bizerba 350/353), Körpergröße (Martin Anthropometer) und BMI, wurde der Körperfettanteil (Harpenden Skinfold Caliper) bestimmt. Die magere Körpermasse wurde mittels Körpermasse und Körperfettanteil berechnet. Als Referenzwert wurden Maximalkraftmessungen in drei unterschiedlichen Bewegungen gemessen (Griffkraft, Ellbogen Flexion, Knie Extension). Die Untersuchungsteilnehmer sollten binnen 15 Sekunden das Maximum an willentlicher Kontraktionsfähigkeit der favorisierten Seite rekrutieren.

Alle Untersuchungsteilnehmer absolvierten den Test ohne Unfälle oder Verletzungen. Bei weiblichen Probanden zeigte sich eine signifikant geringere, magere Körpermasse und eine entsprechend niedrigere Muskelmasse sowie Maximalkraft als bei männlichen Probanden. In Hinblick auf die Zeitdauer zum Absolvieren des SGT benötigten die weiblichen Untersuchungsteilnehmer signifikant mehr Zeit (*M* = 259,2, *SD* = 44 Sekunden) als die männlichen (*M* = 150, *SD* = 21,1 Sekunden), insbesondere bei den Modulen B bis D, bei denen mit zusätzlichen Lasten gearbeitet werden musste.

Bartz und Jäschner (2015) befassten sich mit der Evaluation von sportwissenschaftlichen Methoden in der Betreuung von Eurofighter-Piloten. Die Untersuchungsteilnehmer waren Eurofighter-Piloten eines Geschwaders der Deutschen Luftwaffe (*N* = 23). Alle Piloten absolvierten einen Eingangstest, um so den aktuellen, physischen Leistungsstand zu ermitteln. Der Eingangstest bestand aus sportwissenschaftlichen Tests und sollte die Mobilität, Stabilität, Gleichgewicht, Kraft und Ausdauer erfassen. Weiterhin sollten die Tests dazu dienen, einen Behandlungs- und/oder Trainingsplan hinsichtlich Dringlichkeit und Wichtigkeit zu erstellen. Nach den Eingangstests wurden Trainings zur Steigerung der physischen Leistungsfähigkeit in Kleingruppen durchgeführt, welche nicht näher erläutert wurden. Nach einem Jahr absolvierten 13 der ursprünglich 23 getesteten Piloten den Re-Test.

Die Ergebnisse der Eingangstests offenbarten Defizite hinsichtlich Mobilität in Schulter und Hüfte, Stabilität im Körperstamm, sowie Kraftfähigkeit im cervikalen Bereich und Körperstamm. Weiterhin zeigte sich bei 50 Prozent der Untersuchungsteilnehmer eine unterdurchschnittliche Gleichgewichtsfähigkeit. Die ganzheitliche Bewertung des Gesundheits- und Leistungszustandes wurde bei 90 Prozent der Piloten als „gut“ bewertet. Die Probanden absolvierten im Durchschnitt 29 Trainingseinheiten pro Jahr, welche meist in Form von „High Intensive Intervall“ oder „Curcuit Training“ durchgeführt wurden. Die Ergebnisse des Re-Tests (n = 13) beschreiben eine Verbesserung hinsichtlich Mobilität und Kraft in den cervikalen- und lumbalen Bereichen.

Scott, Hackney, Down, Guined, Ploutz-Snyder Fiedler, Cunningham und Ploutz-Snyder (2014) untersuchten hochintensive Trainingsmethoden auf der Internationalen Raumstation (ISS) hinsichtlich Energiebilanz und Muskelatrophie. Auf der Internationalen Raumstation (ISS) wurde bis dato ausschließlich moderates, physisches Training durchgeführt, um der voranschreitenden Muskelatrophie entgegenzuwirken. Aufgrund trainingswissenschaftlicher Erkenntnisse (vgl. Wisløff, U., Støylen, A., Loennechen, J. P., Bruvold, M., Rognmo, Ø., Haram, P. M., Tjønna, A.E., Helgerud, J., Slørdahl S.A., Lee, S.J., Videm, V., Bye, A., Smith, G.L., Najjar, S.M., Ellingsen, Ø. & Skjærpe, T., 2007) wurde die Raumstation mit neuen Trainingsgeräten ausgestattet. Mit einem Laufband wurden Intervalltrainings mit höchster Intensität ermöglicht. Ein anderes Trainingsgerät (Advanced Resistive Exercise Device ARED) erlaubt die Durchführung von Krafttrainings mit hohen Widerständen. Durch ein solch hochintensives Training könnte die Energiebilanz der Astronauten ins Negative fallen, was eine erhöhte Muskelatrophie und Gewichtsverlust zur Folge hätte. Acht Männer und eine Frau (Alter M = 34,5, SD = 8,2 Jahre; Größe M = 1,77, SD = 0,05 Meter; Gewicht M = 75,2, SD = 10,1 Kilogramm) nahmen an der Untersuchung teil. Ploutz-Snyder, Downs, Ryder, Hackney und Scott (2014) beschrieben im Vorfeld ein anzuwendendes Untersuchungsdesign. Der Aufenthalt auf der ISS wurde durch 14 Tage Bettruhe simuliert. Vor Beginn der Studie bekamen die Untersuchungsteilnehmer an fünf Stunden pro Woche über 14 Tage hinweg die Möglichkeit, sich mit der Ausrüstung und den Trainingsgeräten vertraut zu machen. Während der Untersuchungsphase musste die Teilnehmer die 14-tägige Bettruhe strengstens unter Überwachung einhalten. Alltägliche Aktivitäten wie Lesen, Fernsehen, Computerarbeiten oder die Pflege der Hygiene wurden in Rückenlage durchgeführt.

Um die Trainingsintensität der Ausdauereinheiten zu bestimmen, absolvierten die Probanden einen Stufentest auf einem Fahrradergometer (Londe, Groningen) mit einer Anfangsbelastung von 50 Watt und einer minütlichen Steigerung um 25 Watt bis zur Erschöpfung. Die Trainingsintensität der Krafteinheiten wurden durch eine Reihe von Maximalkrafttests festgelegt. Während der Untersuchungsphase absolvierten die Teilnehmer an sechs Tagen pro Woche Ausdauereinheiten und an drei Tagen pro Woche Krafteinheiten. Die Krafttrainings setzten sich aus vier Übungen zusammen, welche aus drei Sätzen und zwölf Wiederholungen bestanden (Kniebeuge in Rückenlage, Beinpresse in Rückenlage, Fersenheben in Rückenlage, Flexion im Kniegelenk in Bauchlage). Die Ausdauereinheiten hatten einen Umfang von 30 Minuten auf einem Ergometer in Rückenlage bei einer Intensität von 80 Prozent VO_{2peak}. Weiterhin wurden drei unterschiedliche Formen von Intervalltraining angewandt. Die Erste bestand aus 6 x 2 Minuten Stufen bei 70, 80, 90, 100, 90 und 80 Prozent VO_{2peak} mit zwei Minuten Pause. Die Zweite setzte sich aus 8 x 30 Sekunden maximaler Anstrengung mit 15 Sekunden Pause zusammen wobei die Dritte aus 4 x 4 Minuten bei 85 Prozent VO_{2peak} mit drei Minuten Pause bestand. Die Nahrungsaufnahme während der Testphase war täglich um 07:00, 12:00 und 17:00 Uhr und setzte sich aus 55 Prozent Kohlenhydraten, 30 Prozent Fett und 15 Prozent Proteinen zusammen.

Hinsichtlich der täglichen Energieaufnahme gab es keine signifikanten Unterschiede. Die durchschnittliche Energieaufnahme betrug M = 2710 (SD = 262) Kilokalorien. An Trainingstagen mit Kraft- oder kontinuierlichen Ausdauereinheiten konnte ein signifikant höherer Energieverbrauch (M = 2879, SD = 280 kcal) als bei Intervalltrainings (2 Minuten Intervalle: M = 2390, SD = 237 kcal; 30 Sekunden Intervalle: M = 2501, SD = 264 kcal; 4 Minuten Intervalle: M = 2546, SD = 264 kcal) nachgewiesen werden. Das Körpergewicht vor Beginn der Untersuchung (M = 75,2, SD = 10,1 kg) unterschied sich nicht signifikant von dem nach der Untersuchung (M = 75,2, SD = 9,6 kg). Die Trainingsform der zwei Minuten Ausdauerintervalle verbrauchten im Vergleich zu allen anderen Trainingsmethoden signifikant weniger Energie.

Diese Erkenntnisse unterstreichen die Bedeutung einer ausgewogenen Energiebilanz für Langzeitastronauten. Hochintensive Intervalle sind folglich die effektivste Methode, um mit möglichst geringem Energieverbrauch der Muskelatrophie entgegenzuwirken.

Leyk, Witzki, Gorges, Rohde, Lison, Rondé, Wömpener, Schlattmann, Dobmeier, Rüther und Wunderlich (2010) evaluierten die Ergebnisse des Basis-Fitness-Test (BFT) von Bundeswehrsoldaten hinsichtlich leistungsrelevanter Körpermaße (Größe, Gewicht, Taillenumfang, Body-Mass-Index) und ausgewählter Angaben zu Gesundheit, Arbeit und Freizeit.

Der BFT wurde im Rahmen zivil-militärischer Forschung als einfach durchzuführender Leistungstest für die Bundeswehr entwickelt. Durch die Integrierung in ein datengebundenes Qualitätsmanagementsystem sind quer- und längsschnittlich angelegte, anonymisierte Beurteilungen der körperlichen Leistungsfähigkeit möglich. Die BFT-Ergebnisse von 4.863 Bundeswehrsoldatinnen und –soldaten im Alter von 18 bis 35 Jahren wurden analysiert. Die bundesweite Datenerhebung erfolgte über Sportlehrer der Bundeswehr, welche zuvor im Zentralen Institut des Sanitätsdienstes Koblenz geschult wurden. Die Ethikkommission der Deutschen Sporthochschule Köln genehmigte die Untersuchungen im Vorfeld. Der BFT setzt sich aus drei sportmotorischen Tests (11 x 10 Meter Sprinttest, Klimmhang, 1000-Meter-Lauf) zusammen. 4.385 (90,2 %) der insgesamt 4.863 Untersuchungsteilnehmer absolvierten den BFT erfolgreich. Die Mindestanforderungen wurden von 232 (4,8 %) Probanden nicht erfüllt, wobei weitere 246 (5,1 %) nicht alle drei Teildisziplinen absolvierten. Während 91,6 Prozent der männlichen Soldaten den BFT erfolgreich durchführten, gelang dies 67,1 Prozent der weiblichen Teilnehmer. Der Anteil übergewichtiger, beziehungsweise adipöser Probanden betrug 34,7 und 8,8 Prozent bei den Männern; bei den Frauen 23,8 und 4,7 Prozent. Die weiterführenden Analysen wurden aufgrund der geringen Anzahl an weiblichen Probanden (5,7 %) nur mit Daten der männlichen Untersuchungsteilnehmer durchgeführt.

Aufgrund der Angaben zu Ernährung, sportlicher Aktivität und der Art der beruflichen Tätigkeit konnten relevante Charakteristika von Soldaten, welche den BFT erfolgreich absolvierten, abgeleitet werden. Deutliche Differenzen ergaben sich zwischen „Bestehern“ und „Nicht-Bestehern“ hinsichtlich Einschätzungen zur sportlichen Aktivität. Beide Gruppen unterschieden sich in Bezug auf ihre Selbsteinstufung als Sportler und die Sporthäufigkeit. Hinsichtlich der Arbeitsbedingungen waren mehr „Nicht-Besteher“ in den Personengruppen vertreten, die vor PCs arbeiteten, sitzenden Tätigkeiten nachgingen und nicht im Freien arbeiteten. Der Gewichtsstatus steht in einem signifikanten Zusammenhang mit dem BFT-Ergebnis.

Der Übergewichtsindikator BMI stellte in vorliegender Untersuchung den besten Prädiktor der BFT-Note heraus, gefolgt von sportlicher Betätigung, Arbeitsbedingungen und Raucher-Status. Der BFT wurde als zeitökonomischer- und organisatorisch wesentlich effizienterer Test als der Physical-Fitness-Test (vgl. BMVg, 2006), mit dem die Leistungsfähigkeit in der Vergangenheit überprüft wurde, beschrieben.

Panovsky (2010) untersuchte im österreichischen Bundesheer, inwieweit Belastungen der Halswirbelsäule durch trainingsphysiologische Interventionsmaßnahmen als kompensierbar betrachtet werden können und wie darüber hinaus derartige kompensatorische Maßnahmen aussehen könnten. Zum Zeitpunkt dieser Studie stand das österreichische Bundesheer vor der Beschaffung des Kampfflugzeuges Eurofighter Typhoon und den in Verbindung stehenden Trainingsgeräten. Panovsky (2010) verglich bestehende Studien zur konkreten Thematik der Belastung von militärischen Einsatzpiloten, um die grundsätzliche Notwendigkeit, Effekte und Möglichkeiten von Trainingsinterventionen für Piloten des österreichischen Bundesheeres aufzeigen zu können. Weiterhin wurde mit alle österreichischen Piloten, welche bereits Flugerfahrung auf dem Eurofighter Typhoon aufweisen konnten, Experteninterviews durchgeführt. Die Interviews setzten sich aus vier Kategorien zusammen (Biometrische Daten, Physiologisches Anforderungsprofil, Beschwerdebilder, Training). Aufgrund der hohen Belastungen erscheinen Trainingsinterventionen für Kampfpiloten des Eurofighter Typhoon unumgänglich. Die Interventionen wurden in der Regel als moderat-intensives Krafttraining beschrieben, wobei detaillierte Ausführungen zu Umfängen, Intensitäten und Übungsformen meist nicht genannt wurden. Die Maximalkraft wurde vorwiegend mittels isometrischem Kraftmaximum in verschiedenen Gelenken bestimmt oder indirekt über EMG Referenzwertmessungen während realer Übungsflüge ermittelt. Panovsky (2010) beschrieb Trainingsformen des Krafttrainings, der propriozeptiven Kontrolle, der lokalen und globalen Koordination sowie geringe Anteile des Ausdauertrainings als zentrale Inhalte der Trainingsintervention für Kampfpiloten. Die Interventionen bedürfen einer fachkompetenten, sportwissenschaftlichen Betreuung über den gesamten Zeitraum hinweg. Weiterführende Ergebnisse wurden nicht dargestellt.

In der Royal Australian Air Force (RAAF) untersuchten Burnett, Naumann, Price und Sanders (2005) die Effekte zweier unterschiedlicher Krafttrainingsmethoden zur Steigerung der cervikalen Maximalkraft. 36 Kampfpiloten wurden randomisiert in zwei Experimentalgruppen und eine Kontrollgruppe mit jeweils zwölf Piloten eingeteilt. Die erste Experimentalgruppe trainierte mittels Multi-Cervical Unit „MCU“, die zweite mittels Thera-Bändern „THER“, während die Kontrollgruppe „CTRL“ kein Training durchführte. Alle Piloten waren zum Zeitpunkt der Messungen Beschwerdefrei und haben bis dato noch keine fluginduzierten Nackenbeschwerden erfahren. Pre- und Post Test bestand für alle Gruppen in der Messung isometrischer Maximalkraft mittels „Multi-Cervical Unit“. Die betrachteten Massenbewegungen setzten sich aus Flexion, Extension und beidseitiger Lateralflexion zusammen. Es folgte ein zehnwöchiges, angeleitetes Krafttraining mit zwei Einheiten pro Woche. Das Training setzte sich jeweils aus 15 Minuten Aufwärmen, 30 Minuten Training und 15 Minuten Cool Down zusammen. Bei der MCU Trainingsgruppe wurde das Prinzip der progressiven Überlastung angewandt. Die Trainingsintensität orientierte sich an der Maximalkraft und überstieg diese in den letzten beiden Einheiten. Bei der THER Trainingsgruppe wurde mit Therabändern unterschiedlicher Stärken und Längen trainiert. Zum Zeitpunkt der ersten Maximalkraftmessung bestand kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

Die MCU Trainingsgruppe verzeichnete den größten Zuwachs hinsichtlich isometrischer Maximalkraft (Flexion +64,4 %, Extension +62,9 %, Lateralflexion links +53,3 %, Lateralflexion rechts +49,1 %). Diese Ergebnisse wurden im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant. Die THER Trainingsgruppe konnte einen Zuwachs vorweisen, welcher jedoch geringer als jener der MCU Gruppe und nicht signifikant war (Flexion +42,0 %, Extension +29,9 %, Lateralflexion links +26,7 %, Lateralflexion rechts +24,1 %). Die Kontrollgruppe verzeichnete ebenfalls leichte Zuwächse, welche auf einen möglichen Lerneffekt zurückgeführt wurden. Ein Training zur Steigerung der Maximalkraft der cervikalen Muskulatur war an spezifischen Trainingsgeräten am effektivsten. Diese Trainingsgeräte sind in der Anschaffung sehr teuer und bedürfen eines ausgebildeten Trainers bzw. Physiotherapeuten. Binnen relativ kurzer Zeit war es möglich, die Nackenmuskulatur signifikant zu steigern, um somit zukünftigen Verletzungen vorzubeugen. Die Prävention von Nackenbeschwerden durch Stärkung der cervikalen Muskulatur wurde sowohl im nicht-fliegenden Sektor (vgl. Leggett, Graves, Pollock, Shank, Carpenter, Holmes &

Fulton, 1991; Highland, Dreisinger, Vie & Russell, 1992; Berg, Berggren & Tesch, 1994; Jordan, Mehlsen, Bulow, Osergaard & Danneskiold-Samsoe, 1999) als auch im fliegenden Sektor bestätigt (vgl. Kikukawa, Tachibana & Yagura, 1995; Albano & Stanford, 1998; Seng, Lam & Lee, 2003; Alricsson, Harms-Ringdahl, Larsson, Linder & Werner, 2004).

Burnett et al. (2005) empfehlen für jeden angehenden Piloten ein zehnwöchiges, spezifisches Training der cervikalen Muskulatur, bevor dieser zum ersten Mal in ein High Performance Aircraft (HPA) steigt. In der Swedish Air Force wurden unterschiedliche Formen der Trainingsbetreuung von Kampfpiloten untersucht. Alricsson, Harms-Ringdahl, Larsson, Linder und Werner (2004) verglichen die Unterschiede in Bezug auf Maximalkraft und Kraftausdauer der Nackenmuskulatur, sowie Beschwerden im Bereich der Halswirbelsäule hinsichtlich der Betreuungsform. Die Experimentalgruppe (n = 20) wurde aktiv durch einen erfahrenen Kampfpiloten und einen Physiotherapeuten betreut, welche für Gespräche, aktive Trainingsmotivation und Überprüfung der Trainingstagebücher verantwortlich waren. Die Kontrollgruppe (n = 20) war an einem anderen Standort mit ähnlichen infrastrukturellen Voraussetzungen stationiert. Sie erfuhren keine aktiven Interventionen durch Betreuungspersonal, sondern bekamen ausschließlich schriftliche Trainingsinstruktionen zur Verfügung gestellt. Alle Teilnehmer bearbeiteten zu Beginn und zu Ende der Studie einen Fragebogen, welcher die aufgetretenen Beschwerden binnen der vergangenen drei Monate im Bereich der Halswirbelsäule, Schultern und Brustwirbelsäule abfragte. Dem Fragebogen lag eine vierstufige Antwortskala zugrunde (0 = never; 1 = once/a few times over the previous 3 mo; 2 = once/a few times per month; 3 = once/a few times per week). Isometrische Maximalkraftmessung der cervikalen Extensoren und Flexoren sowie submaximale Kraftausdauermessung der cervikalen Extensoren wurden mit behelfsmäßigen Messinstrumenten durchgeführt, welche laut Autoren reliabel waren. Das Training wurde über einen Zeitraum von sechs bis acht Monaten durchgeführt. Der Fokus des Trainings lag in der Erhöhung des Belastungswiderstandes im Nackenbereich. Dazu wurden Gewichte (1 bis 4 kg) direkt am Kopf oder an einem dafür konstruierten Trainingshelm befestigt.

Die Trainingsperiode von sechs bis acht Monaten führte bei der Experimentalgruppe zu einem signifikanten Anstieg der cervikalen Maximalkraft und zu einer signifikanten Steigerung der Kraftausdauer der cervikalen Extensoren. Bei der Kontrollgruppe war sowohl bei der Maximalkraft, als auch bei der Kraftausdauer eine signifikante Reduzierung zu verzeichnen. Es wurden keine signifikanten Veränderungen hinsichtlich Häufigkeit aufgetretener Nackenbeschwerden festgestellt.

Anzumerken bleibt jedoch, dass die Kontrollgruppe bei den Maximalkrafttests vor Beginn der Trainingsperiode einen signifikant höheren Ausgangswert als die Experimentalgruppe hatte. Folglich hatten die Kampfpiloten der Experimentalgruppe ein höheres Potenzial zur Steigerung der Maximalkraft als die Kontrollgruppe. Weiterhin berichtete ein Pilot der Kontrollgruppe während der Durchführung der Post-Tests von auftretenden Schmerzen im Nackenbereich, woraufhin die nachfolgenden Piloten möglicherweise vorsichtiger bei den Maximalkrafttests agierten und somit nicht die volle Kraft operationalisiert wurde. Es besteht lediglich ein individueller Zusammenhang von Maximalkraft, Kraftausdauer und auftretenden Beschwerden im Bereich der Halswirbelsäule, der von Pilot zu Pilot unterschiedlich ist. Folglich empfehlen Alricsson et al. (2004) eine auf den Kampfpiloten eigens zugeschnittene Trainingssteuerung.

Hämäläinen, Heinijoki und Vanharanta (1998) evaluierten die Effekte zweier unterschiedlicher Trainingsmethoden für die cervikale Muskulatur hinsichtlich nackenschmerzbedingter Krankheitstage und ärztlich angeordneter G_z-Beschränkungen bei Kampfpiloten der Finnish Air Force. 20 Piloten wurden in zwei Experimentalgruppen zu je zehn Teilnehmern unterteilt. Beide Gruppen absolvierten drei Trainings pro Woche in einem Gesamtzeitraum von einem Jahr. In den ersten drei Monaten wurde jede Trainingseinheit angeleitet, in den darauffolgenden eine von dreien. In den letzten sechs Monaten führten die Untersuchungsteilnehmer das Training eigenständig durch. Experimentalgruppe 1 absolvierte dynamische Nacken- und Schultertrainings mit Handgewichten. Experimentalgruppe 2 hingegen führte Trainings mit Fliegerhelmen durch, wobei diese mit Zusatzgewichten beschwert wurden. Ärztlich angeordnete G_z-Beschränkungen oder Krankheitstage wurden zu Beginn und am Ende der Studie mittels Fragebogen (Standardised Questionnaire for the Analysis of Musculoskeletal Symptoms) erhoben. Isometrische Maximalkrafttests und passive Beweglichkeitstests wurden von einem erfahrenen Physiotherapeuten an vier Testzeitpunkten (0, 3, 6, 12 Monate) durchgeführt.

Die isometrische Maximalkraft der Nackenmuskulatur erhöhte sich in beiden Gruppen ohne signifikante Unterscheidung. Piloten, welche das dynamische Nacken- und Schultertraining absolvierten, wiesen während des Trainingsjahres weniger Flugausfallzeiten aufgrund von Nackenschmerzen und weniger ärztlich angeordneter G_z-Beschränkungen auf als die Helmtrainingsgruppe. Aufgrund der Abwesenheit einer Kontrollgruppe in Verbindung mit der geringen Anzahl an Untersuchungsteilnehmern ist eine Trainingsempfehlung nur bedingt möglich. Um fluginduzierte Nackenschmerzen und die daraus resultierenden Limitierungen im Flugbetrieb so gering wie möglich zu halten, sprechen sich Hämäläinen et al. (1998) für ein angeleitetes, dynamisches Training der Nackenmuskulatur aus.

Zusammenfassend beschrieben Alricsson, Harms-Ringdahl, Larsson, Linder und Werner (2004) einen signifikanten Zusammenhang zwischen Betreuungsform und Trainingserfolgen, wobei eine ständige Trainingsbetreuung im Gegensatz zu schriftlichen Anleitungen zu signifikanten Steigerungen der cervikalen Maximalkraft und Kraftausdauer führte. Diese Steigerungen führten zu keinen signifikanten Veränderungen hinsichtlich Auftreten und Intensität von fluginduzierten Nackenbeschwerden. Während Panovsky (2010) moderates- bis intensives Krafttraining, propriozeptives- und koordinatives Training sowie geringe Anteile an Ausdauertraining als zentrale Trainingsinhalte für Kampfpiloten herausstellte, beschrieben Burnett, Naumann, Price und Sanders (2005) Krafttraining an spezifischen Trainingsgeräten als effektivste Methode. Bartz und Jäschner (2015) erzielten mittels funktionellen- und hochintensiven Trainings Verbesserungen der Mobilität und Kraftfähigkeit der cervikalen- und lumbalen Bereiche. Hinsichtlich Intensität und Energieverbrauch beschrieben Scott, Hackney, Down, Guined, Ploutz-Snyder, Fiedler, Cunningham und Ploutz-Snyder (2014) Ausdauerintervalle als effizienteste Trainingsmethode für Austronauten. Intervalle mit einer Dauer von je zwei Minuten verbrauchten in diesem Zusammenhang signifikant weniger Energie als Kraft- oder kontinuierliche Ausdauertrainings. Leyk, Witzki, Gorges, Rohde, Lison, Rondé, Wömpener, Schlattmann, Dobmeier, Rüther und Wunderlich (2010) beschrieben einen signifikanten Zusammenhang zwischen Gewichtsstatus und Testergebnis eines Fitnesstests der Bundeswehr. Hinsichtlich dessen stellte der Übergewichtsindikator BMI den besten Prädiktor für das Test-

ergebnis dar. Rohde, Sievert, Rüther, Witzki und Leyk (2015) stellten bei der Entwicklung eines neuen, militärischen Fitnesstests der Bundeswehr heraus, dass Soldaten sowohl signifikant mehr Kraft, als auch eine signifikant höhere, magere Körpermasse als Soldatinnen aufwiesen.

Ob hohe Kraft- und Ausdauerleistungsfähigkeit die mit hohen G_z-Kräften in Verbindung stehenden akuten Beschwerden im Bereich der Halswirbelsäule verhindern können, wurde bisher noch nicht abschließend geklärt. Es erscheint jedoch vorstellbar, dass eine gute Kraftfähigkeit im Bereich der Wirbelsäule eine Schutzfunktion für die Wirbelsäule darstellen und auftretende Verletzungen verhindern könnte. Vor allem in der fragilen Struktur des cervikalen Bereichs, welcher das gesamte Gewicht von Kopf und Helm unter G_z-Belastungen stabilisieren muss. Gute Ausdauerfähigkeit könnte die Ermüdungstoleranz in Form von Aufrechterhaltung der Konzentration sowie Erholungsfähigkeit bei mehreren Sorties pro Tag oder längeren Missionsdauern verbessern.

3.2.2 Psychische Leistungsfähigkeit

Um in der Lage zu sein, ein Kampfflugzeug zu fliegen, bedarf es ausgeprägten, kognitiven Fähigkeiten und speziellen Persönlichkeitsmerkmalen (vgl. Gordon, Carmon & Shelef, 2017). Im Mittelpunkt steht dabei die Kompetenz, zeitkritische und angemessene Entscheidungen treffen zu können. Taktisches Flugtraining soll die Qualität und den Prozess der Entscheidungsfindung während des Fluges optimieren. Die primäre Aufgabe eines Piloten kann das Abfangen eines unbekannten Flugzeuges sein oder Waffen-, Ausrüstungs- und Truppentransporte. Das Fliegen an sich wird dabei häufig zu einer Nebenaufgabe. Für Piloten in feindlicher Umgebung werden die alltäglichen Gefahren des Luftverkehrs durch die Anwesenheit von feindlichen Kräften vervielfacht (vgl. Li & Harris, 2001).

In der Flugvorbereitungs- und vor allem während der Flugphase führen Fehler von Kampfflugzeugführern nicht nur schnell zu lebensgefährlichen Situationen für die Piloten selbst, sondern können zudem internationale Beziehungen und die nationale Sicherheit gefährden (vgl. Carretta, King, Ree, Teachout & Barto, 2016). Aufgrund dieses hohen Risikos ist die Operationalisierung von kognitiven- und Persönlichkeitseigenschaften sowohl in der Personalauswahl, als auch in der Wiedereingliederung von Piloten ein zentraler Prozess.

Der nachfolgende Abschnitt beschäftigt sich mit Methoden zur Erfassung und Intervention psychischer Leistungsfähigkeit von Piloten und deren Einfluss auf die fliegerische Leistung. Neben Screeningverfahren werden verschiedenen Trainingsprogramme und Einflussfaktoren dargestellt und diskutiert. Die relevanten Studien wurden zwischen den Jahren 2005 und 2017 durchgeführt. Von insgesamt acht Untersuchungen gründeten sechs auf einer querschnittlichen Datenerhebung mit einem Testzeitpunkt und zwei auf einer längsschnittlichen mit zwei Testzeitpunkten. Die Stichprobenumfänge betrugen zwischen 17 und 25.514 Teilnehmern (1x $N < 20$; 3x $N = 20\text{-}100$; 1x $N = 100\text{-}1000$; 3x $N > 1000$). Die fliegerische Leistung wurde in fünf Studien mittels Flugsimulator beurteilt. In einer dieser fünf Untersuchungen wurde zur detaillierteren Bewertung der Flugleistung der „2-Back Test“, „Reasoning Test“, „Wisconsin Card Sorting Test“ und „Spatial Stroop Test“ durchgeführt. Hauptsächlich wurden jedoch Fragebögen verwendet. Intelligenz wurde in vier der acht Studien mittels „Multidimensional Aptitude Battery II“, Lernfähigkeit in zwei mit dem „CogScreen“ operationalisiert. Persönlichkeitsmerkmale wurden in drei Studien mit dem „NEO Personality Inventory-Revised“ und in einer mittels „Minnesota Multiphasic Personality Inventory-2“ erfasst. In einer Studie wurde die Ängstlichkeit mittels „Trait-Anxiety“ und „State-Anxiety“ gemessen, wohingegen in einer anderen nur „State-Anxiety“ erfasst wurde. Stimmungszustände und Impulsivität wurden jeweils in einer Studie mittels „Profile of Mood States“ und „Barratt Impulsivity Scale“ erfasst. Eine Studie beschäftigte sich mit dem mentalen Workload der Piloten und verwendete zur Operationalisierung die „Subjective Workload Assessment Technique“. Die Forschungsarbeiten werden nachfolgend tabellarisch dargestellt, die wichtigsten Erkenntnisse zusammengefasst, die einzelnen Studien beschrieben und anschließend hinsichtlich Forschungsdefiziten zusammengefasst. Die Arbeiten werden absteigend nach Erscheinungsjahr dargestellt, beginnend mit der aktuellsten.

Gordon, Goren, Carmon und Shelef (2017) evaluierten kognitive Leistungsfähigkeiten von Piloten der Israeli Air Force und deren Vergleich mit Ergebnissen von U.S. Air Force Piloten. Die U.S. Federal Aviation Administration (FAA) initiierte die Entwicklung eines Screening-Tools zur Überprüfung der kognitiven Leistungsfähigkeit in der Personalauswahl von Pilotenbewerbern (vgl. Kay, 1995). Die Testbatterie wurde entwickelt, um zahlreiche Fähigkeiten zu messen, welche mit dem Fliegen in Verbindung stehen und Prädiktoren für die Flugleistung darstellen (vgl. Imhoff & Levine, 1986; Callister, King &

Retzlaff, 1996). Die Batterie (CogScreen) besteht aus elf computergestützten kognitiven Subtests (backward digit span, math, visual sequence comparison, matching to sample, mankin, divided attention, auditory sequence comparison, symbol digit coding, pathfinder, shifting attention, dual task). Jeder Subtest kann mit unterschiedlichen Variablen bewertet werden. Die üblichen Variablen sind Schnelligkeit (RTC) und Genauigkeit (ACC) der Aufgabenlösung, sowie die Anzahl korrekter Antworten pro Minute (PUT).

Callister et al. (1996) verglichen bereits Testergebnisse von U.S. Air Force (USAF) Flugschülern mit Ergebnissen von zivilen Piloten und berichteten signifikante Unterschiede. Diese Unterschiede waren jedoch auf den Altersunterschied (Alter USAF Piloten: 23,5 Jahre; Alter zivile Piloten: 44 Jahre) zurückzuführen und somit nur bedingt aussagekräftig. Taylor, O'Hara, Mumenthaler & Yesavage (2000) berichteten von signifikanten Zusammenhängen zwischen den Ergebnissen des CogScreen und der fliegerischen Leistung im Flugsimulator. Zudem wurden Erinnerungsvervögen, visuelles- und assoziatives Gedächtnis sowie motorische Koordination als Prädiktoren für Flugleistung eines Piloten beschrieben.

Gordon et al. (2017) führten zwischen 2011 und 2014 den CogScreen mit 318 Piloten der Israeli Air Force (IAF) durch und verglichen die Ergebnisse mit denen von Callister et al. (1996), welche 512 Piloten der U.S. Air Force untersuchten. Die IAF Piloten hatten ein Durchschnittsalter von M = 22,05 (SD = 1,32) Jahren, die USAF Piloten M = 23,5 (SD = 4,2) Jahre. 94 Prozent der IAF Probanden waren männlich; in der USAF Stichprobe waren es 95 Prozent. Hinsichtlich der untersuchten Vergleichsvariablen (Schnelligkeit, Genauigkeit, Anzahl korrekter Antworten pro Minute) erzielten die Piloten der IAF in 50 von 53 Parametern (94 %) signifikant höhere Scores als die Vergleichsgruppe der USAF. Die erfassten Unterschiede sollten jedoch vorsichtig betrachtet werden, da 17 Jahre zwischen den beiden Erfassungszeiträumen lag (1996 vs. 2013). Obwohl der CogScreen als Test unverändert blieb, können kulturelle und technologische Charakteristika, welche sich mit der Zeit verändern, den Ergebnisscore beeinflussen.

Tabelle 15: Überblick Forschungsstand Diagnostik, Intervention und Effekte psychischer Leistungsfähigkeit.

Autoren	Jahr	Inhalt	Untersuchungsdesign	Messinstrumente	Wesentliche Befunde
Gordon, S., Goren, C., Carmon, E. & Shelef, L.	2017	Evaluation kognitiver Leistungsfähigkeiten von Piloten der Israeli Air Force und deren Vergleich mit Ergebnissen von U.S. Air Force Piloten	1996 USAF (n=512) 2013 IAF (n=318) Querschnitt 2 Testzeitpunkte	Flugsimulator Multidimensional Aptitude Battery MAB CogScreen	Israeli Air Force Piloten erzielten in 94 % der untersuchten Parameter sign. höhere Scores als Piloten der U.S. Air Force
Carretta, T.R., King, R.E., Ree, M.J., Teachout, M.S. & Barto, E.	2016	Untersuchung zweier weit verbreiteter Tests zur Operationalisierung der kognitiven Leistungsfähigkeit und Persönlichkeit für Pilotenanwärter der U.S Air Force hinsichtlich Anpassung von Normwerten	MAB-II (n=25.514) NEO PI-R (n=12.702) Querschnitt 1 Testzeitpunkt	Multidimensional Aptitude Battery-2 MAB-II NEO Personality Inventory-Revised NEO PI-R	Die Ergebnisse der MAB-II von Piloten sind besser als die der Normstichprobe Piloten haben im Vergleich zur Normstichprobe erhöhte kognitive Fähigkeiten und kleinere Standardabweichungen IQ von Piloten um SD = 1,33 höher als Normstichprobe Keine sign. Unterscheidung beim NEO PI-R Score Für Leistungsbeurteilungen sind spezielle Referenzgruppennormen erforderlich
Carretta, T.R., Teachout, M.S., Ree, M.J., Barto, E.L., King, R.E. & Michaels, C.F.	2014	Untersuchung von Zusammenhängen zwischen kognitiven Testergebnissen, Persönlichkeitsmerkmalen und dem Ausbildungsstand von Pilotenanwärtern der U.S. Air Force	N=9.641 Querschnitt Drei Ausbildungsabschnitte: Primary Training Advanced T-38 Training Advanced T-1 Training	NEO Personality Inventory-Revised NEO PI-R Multidimensional Alptitude Battery MAB Minnesota Multiphasic Personality Inventory-2	Geringe Validität der Persönlichkeitstests 66 % der untersuchten Zusammenhänge zwischen kognitiven Testergebnissen und Ausbildungsstand waren im mittleren Bereich ($.3 \leq r \leq .5$)
Hackfort, G.	2014	Untersuchung von Zusammenhängen zwischen physischen und psychischen Aspekten der Belastbarkeit im Rahmen der Konzipierung eines Testverfahrens zur Erfassung der Ausdauerleistungsfähigkeit bei der Personalauswahl der Bundeswehr.	N=424 Querschnitt 1 Testzeitpunk	Tests Ausdauerleistung: 3000-m-Fahrrad Fahrrad-Rampe 1000-m-Lauf Lauf-Rampe Fragebogen: Emotionale Stabilität Psychische Belastbarkeit Neurotizismus-Skala Selbstwirksamkeit	Signifikanter Zusammenhang zwischen physischen Fitnessniveau und psychischer Belastbarkeit Ausdauerleistungsfähigkeit hat positiven Einfluss auf die psychische Belastbarkeit Gruppen mit unterschiedlichem Leistungsniveau unterschieden sich signifikant im Hinblick auf die Itemscores der Persönlichkeitsskalen emotionale Stabilität und Belastbarkeit Psychisch belastbare Personen schätzen sich selbstwirksamer ein als weniger psychisch belastbare Personen

Tabelle 16: Überblick Forschungsstand Diagnostik, Intervention und Effekte psychischer Leistungsfähigkeit (Fortsetzung 1).

Autoren	Jahr	Inhalt	Untersuchungsdesign	Messinstrumente	Wesentliche Befunde
Fornette, M.P., Bardel, M.H., Lefrancois, C., Fradin, J., El Massioui, F. & Amalberti, R.	2012	Vergleich von Effekten kognitiver Anpassungstrainings auf die Flugleistung und Stressmanagement bei Pilotenanwärtern der französischen Armée de l'air	N=21 Längsschnitt 2 Testzeitpunkte 6 Trainingseinheiten in 11 Wochen Vier Gruppen: Trainingsgruppe High Performance (TG-High) Trainingsgruppe Low Performance (TG-Low) Kontrollgruppe High Performance (CG-High) Kontrollgruppe Low Performance (CG-Low)	Trait-Anxiety State- Anxiety Profile of Mood States POMS Flugsimulator: In-flight performance: Scores von Fluglehrern	Keine sign. Verbesserung der Flugleistung zwischen TG und CG Sign. Verbesserung der Flugleistung TG-Low Sign. Verbesserung POMS Keine Verbesserungen Anxiety 80 % der TG veränderte ihre Stressmanagementstrategien, CG nur 27 %
Causse, M., Dehais, F., Arexis, M. & Pastor, J.	2011	Untersuchung der Auswirkungen des Alters von Piloten auf deren Flugleistung und Entscheidungsfähigkeit mittels Flugsimulator	N=32 Querschnitt 1 Testzeitpunkt	Barratt Impulsivity Scale BIS-10 Spielberger State Anxiety Inventory STAI Y-A 2-Back Test Reasoning Test Wisconsin Card Sorting Test WCST Spatial Stroop Test Flugsimulator	Signifikanz kognitive Fertigkeiten und Alter Sign. schlechtere Ergebnisse in Altersklasse 55 Jahre und älter Geistige Flexibilität nimmt mit steigendem Alter ab Keine Signifikanz Alter und Flugstunden
Li, W.C. & Harris, D.	2008	Evaluation von Effekten zweier Programme zur Verbesserung der luftfahrtspezifischen Entscheidungsfindungskompetenz bei Piloten der Republic of China Air Force	N=41 Längsschnitt 2 Testzeitpunkte Zwei Gruppen: ExG (n=21) KG (n=20)	Flugsimulator Leistungsbeurteilung durch beobachtenden Experten mit 9-Punkte Skala	Sign. Verbesserung des „Risikomanagements" bei ExG Erhöhung der „fliegerischen Leistung" bei ExG, jedoch nicht sign. Keine sign. Unterschiede bei „Reaktionszeit" und „Lagebeurteilung" zwischen ExG und KG

Tabelle 17: Überblick Forschungsstand Diagnostik, Intervention und Effekte psychischer Leistungsfähigkeit (Fortsetzung 2).

Autoren	Jahr	Inhalt	Untersuchungsdesign	Messinstrumente	Wesentliche Befunde
Boyd, J.E., Patterson, J.C. & Thompson, B.T.	2005	Untersuchung statistischer Unterschiede hinsichtlich psychologischer Testergebnisse beim „Medical Flight Screening MFS“ zwischen Kampfpiloten, Bomberpiloten und Tankerpiloten der U.S. Air Force	N=2.105 Querschnitt 1 Testzeitpunkt Drei Gruppen: Kampfpiloten (n=870) Bomberpiloten (n=159) Tankerpiloten (n=1076)	NEO Personality Inventory-Revised NEO PI-R Multidimensional Aptitude Battery MAB CogScreen	MAB: Alle drei Gruppen überdurchschnittlicher Score Kampfpiloten höchster Score, signifikant höher als Tankerpiloten NEO-PI-R: Kampfpiloten signifikant geringere „Agreeableness“ und signifikant höhere Conscientiousness“ als Tankerpiloten Kampfpiloten sind zielstrebig, willensstark , erfolgreich mit Tendenz zum Narzissmus
Colle, H.A. & Reid, G.B.	2005	Untersuchung der Auswirkungen von mentalem Workload auf die fliegerische Leistung bei Luft-Boden Operationen und die Schätzung einer Workloadgrenze, an welcher noch keine Leistungseinbußen zu verzeichnen sind	N=17 Querschnitt 1 Testzeitpunkt	Subjective Workload Assessment Technique SWAT Flugsimulator	Steigerung der fliegerischen Leistung vom ersten Tag (2,87 Zielbekämpfungen) zum zweiten Tag (3,47 Zielbekämpfungen) Bestätigung der Konsistenz einer Redline bei SWAT-Score von 40±10 Die mittleren SWAT-Scores lagen am ersten Tag bei 55 und am zweiten bei 39,9 Die geschätzten Workloadgrenzen lagen bei 46,6 (Tag 1) und 37,8 (Tag 2)

Carretta, King, Ree, Teachout und Barto (2016) untersuchten zwei weit verbreitete Tests zur Operationalisierung der kognitiven Leistungsfähigkeit und Persönlichkeit für Pilotenanwärter der U.S Air Force hinsichtlich Anpassung von Normwerten. Bevor Pilotenanwärter bei der U.S. Air Force eingestellt werden, absolvieren sie im Bewerbungsprozess eine Reihe von psychologischen Tests (vgl. King & Flynn, 1995). Die Testbatterie beinhaltet die „Multidimensional Aptitude Battery-2 MAB-II“ (vgl. Jackson, 1984) und das „NEO Personality Inventory-Revised NEO PI-R“ (vgl. Costa & McCrae, 1992) zur Erfassung der kognitiven Leistungsfähigkeit sowie Persönlichkeit. Thompson, Orme und Zazeckis (2004) veröffentlichten Normwerte für die zivile Bevölkerung, welche jedoch für spezialisierte Berufsbilder nur bedingt geeignet sind. Sie verglichen Scores von 5.617 Flugschülern der U.S. Air Force mit Normwerten einer unspezifischen Bevölkerungsschicht, wobei große Unterschiede deutlich wurden. Weitere Studien bestätigten Unterschiede der kognitiven Fertigkeiten zwischen Militärangehörigen und zivilen Arbeitnehmern (vgl. Hunter, 1983; Schmidt, Ones & Hunter, 1992; Jensen, 1998; Carrett, Ree & Teachout, 2016).

MAB-II und NEO PI-R wurden von U.S. Air Force Pilotenanwärtern innerhalb des Medical Flight Screening MFS bearbeitet. Da die Teilnahme an Testungen hinsichtlich Persönlichkeit zu Beginn der Einführung freiwillig war, die Operationalisierung der kognitiven Fertigkeiten jedoch Pflicht, kam es zu unterschiedlich großen Stichproben. So bearbeiteten 25.514 Probanden den MAB-II (91,2 % männlich) und 12.702 den NEO PI-R (92,9 % männlich) mit einem Durchschnittsalter von M = 23 (SD = 2,7) Jahren. Die Untersuchungen wurden an der USAF School of Aerospace Medicine und USAF Academy durchgeführt. Bei der MAB-II handelt es sich um einen breit angelegten Test der intellektuellen Fähigkeiten, welcher auf der „Wechsler Adult Intelligence Scale-Revised WAIS-R“ (vgl. Wechsler, 1981) basiert. Der Test besteht aus insgesamt 13 Subtests mit einer Bearbeitungsdauer von 90 Minuten (vgl. Jackson, 1984, 2003). Frühere Studien beschreiben, dass der Subtest „FSIQ“ in der Lage ist, die allgemeinen kognitiven Fertigkeiten in unterschiedlichen Altersgruppen zu messen (vgl. Wallbrown, Carmin & Barnett, 1989; Kanzler, 1991). Der NEO PI-R misst die fünf großen Persönlichkeitsmerkmale: Neuroticism, Extraversion, Openesss, Experience, Agreeableness, Conscientiousness. Er besteht aus insgesamt 240 Items, die mittels fünfstufiger Likert-Skala bewertet werden (1 = strongly disagree; 5 = strongly agree).

Die Ergebnisse der MAB-II weichen von denen der Normstichprobe ab. Der durschnittlich erfasste IQ lag bei den Pilotenanwärtern bei 120 und damit um 1,33 höher als bei der Normstichprobe. Cohen (1988) definierte die mittleren Scoreabweichungen, nach denen die Pilotenanwärter sich bei nahezu allen Subtests in hohem Maße von der Normalbevölkerung unterscheiden. Sie wiesen im Vergleich zur Normalbevölkerung erhöhte kognitive Fertigkeiten, gepaart mit niedrigeren Schwankungen auf. Hinsichtlich der Persönlichkeitsscores des NEO PI-R unterschieden sich beide Gruppen nicht voneinander.
Um genaue Einschätzungen über die Leistungsfähigkeit von Piloten treffen zu können, sind spezielle Referenzgruppennormen erforderlich, da sich diese deutlich von der Normalbevölkerung unterscheiden.

Zwei Jahre zuvor untersuchten Carretta, Teachout, Ree, Barto, King und Michaels (2014) die prädiktive Validität von Testverfahren zur Operationalisierung von kognitiven Fähigkeiten und Persönlichkeitsmerkmalen von Pilotenanwärtern der U.S. Air Force. Während der Eignungsauswahl absolvieren alle Pilotenanwärter das „Medical Flight Screening MFS“ (vgl. King & Flynn, 1995). Das MFS besteht neben ophthamalogischen- und kardiologischen Untersuchungen aus mehreren psychologischen Tests, wie der MAB (vgl. Jackson, 2003), dem NEO-PI-R (vgl. Costa & McCrae, 1985) und dem „Minnesota Multiphasic Personality Inventory-2“ (vgl. Butcher, Graham, Ben-Porath, Dahlstrom & Kaemmer, 2001). Die Untersuchungsteilnehmer waren 9.641 Pilotenanwärter, die zwischen 1995 und 2008 betrachtet wurden. Zum Testzeitpunkt waren die Probanden M = 24 (SD = 2,6) Jahre alt, wobei der Anteil an weiblichen Testpersonen bei vier Prozent lag. Die Analysen wurden in drei Ausbildungsabschnitten („Primary Training“, „Advanced T-38 Training“, „Advanced T-1 Training) in vier Standorten zwischen 1995 und 2008 durchgeführt. Die Ergebnisse der MAB stellten einen brauchbaren Prädiktor hinsichtlich Leistungen während des Flugtrainings dar. Die kognitiven Fähigkeiten korrelierten mit der Flugleistung des Pilotenanwärters (vgl. Ree & Carretta, 1996; Carretta & Ree, 2003; King, 2013).

Campbell, Castaneda und Pulos (2010), Hunter und Burke (1994) sowie Martinussen (1996) berichteten von mittlere Zusammenhängen zwischen Persönlichkeit und Trainingsleistung von Pilotenanwärtern. Campbell et al. (2010) verglichen 26 Studien, die den Effekt von Persönlichkeitsmerkmalen auf den Erfolg des Flugtrainings untersuchten. Sie berichteten von Korrelationen mit Neurotizismus (r = -.25), Extraversion (r = .17)

und Angst (r = -.14). Emotional stabile Personen, die extrovertiert sind, haben folglich den größten Erfolg in der fliegerischen Ausbildung. Sechs von neun untersuchten Zusammenhängen zwischen kognitiven Testergebnissen und dem Ausbildungsabschnitt waren im mittleren Bereich ($.3 \leq r \leq .5$). Die Validität der Persönlichkeitstest ist als gering zu betrachten. Frühere Studien belegen diese geringe Validität (vgl. Siem, 1992; Hunter & Burke, 1994; Martinussen, 1996; Campbell et al., 2010). Die Ergebnisse veranschaulichten die Konsistenz der erhobenen kognitiven Fertigkeiten und Persönlichkeitsmerkmalen hinsichtlich Leistungsfähigkeit der Pilotenanwärter bei der fliegerischen Ausbildung.

Im selben Jahr konzipierte Hackfort (2014) ein Verfahren zur Messung der Ausdauerleistungsfähigkeit, welches speziell im Rahmen der Personalauswahl der Bundeswehr eingesetzt werden sollte. Im Mittelpunkt stand dabei die Analyse der Wechselwirkungen und Zusammenhänge zwischen physischen und psychischen Aspekten der Belastbarkeit. Es sollte untersucht werden, inwieweit sich Personen mit unterschiedlichem physischen Leistungsniveau hinsichtlich des Persönlichkeitsmerkmals Psychische Belastbarkeit voneinander unterscheiden. Die Erfassung der physischen Belastbarkeit erfolgte anhand eines neu konzipierten Fahrradergometer-Tests, welcher die Ausdauerleistungsfähigkeit messen sollte. Dieses Testverfahren wurde im Rahmen einer Laborstudie durch Anwendung drei weiterer Testverfahren validiert. Die psychische Belastbarkeit sollte durch zwei Skalen eines berufsbezogenen Persönlichkeitsinventars erfasst werden, welche emotionale Stabilität und Belastbarkeit abdecken. 424 Probanden wurden in einer querschnittlichen Erhebung auf ihre Ausdauerleistungsfähigkeit und psychischen Belastbarkeit untersucht. Hackfort (2014) stellte dabei einen signifikanten Zusammenhang zwischen physischen Fitnessniveau und psychischer Belastbarkeit heraus, insbesondere hinsichtlich der Parameter Testzeit, VO_{2max}, Wattleistung und den Itemscores der Belastbarkeitsskalen. Die Ausdauerleistungsfähigkeit hat folglich einen Einfluss auf die psychische Belastbarkeit. Konkreter formuliert weisen Personen mit hoher Ausdauerleistung eine höhere psychische Belastbarkeit auf als Personen mit niedriger Ausdauerleistung. Die Gruppen mit unterschiedlichem Leistungsniveau unterschieden sich signifikant im Hinblick auf die Itemscores der Persönlichkeitsskalen emotionale Stabilität und Belastbarkeit. Hoch signifikante Unterschiede hinsichtlich psychischer Belastbarkeit finden sich beim Vergleich der physisch Leistungsstärksten und der physisch Leistungsschwächsten. Weiterhin

wurde beschrieben, dass sich psychisch belastbare Personen selbst als allgemein selbstwirksamer einschätzen als weniger psychisch belastbare Personen.

Fornette, Bardel, Lefrancois, Fradin, El Massioui und Amalberti (2012) untersuchten Effekte kognitiver Anpassungstrainings auf die Flugleistung und das Stressmanagement bei Pilotenanwärtern der französischen Armée de l'air. Durch das Training sollten die Teilnehmer für kognitive Prozesse sensibilisiert werden, welche sie in bestimmten Situationen anwandten. Diese reflektierten Prozesse sollten anschließend gefestigt und gestärkt werden. 21 Pilotenanwärter (20 männlich, 1 weiblich) im Alter von M = 22 (SD = 1,27) Jahren wurden in zwei Untersuchungsgruppen geteilt. Die Einteilung der Gruppen erfolgte aufgrund zuvor erhobener Erkenntnisse hinsichtlich „trait-anxiety" und „state-anxiety" (vgl. Spielberger, Gorsuch, Lushene, Vagg & Jacobs, 1983), „mood" (Profile of Mood States POMS, vgl. McNair, Lorr & Droppleman, 1971) sowie „in-flight performance", sodass beide Gruppen ähnliche Scores aufwiesen. Die Veränderungen im Stressmanagement wurden durch zwei geschlossene Fragen operationalisiert, welche durch „ja" oder „nein" zu beantworten waren („Did you manage stress in the same way since the beginning of the study?", „Did your perception of stress change between the start and the end of the study?"). Trainingsgruppe (TG) und Kontrollgruppe (CG) wurden weiter in zwei Subgruppen unterteilt. Aufgrund der erhobenen „in-flight performance" wurden Teilnehmer, welche einen höheren Score als den Median erzielten, als „high-performance" Gruppe und Teilnehmer, welche einen geringeren Score erzielten als „low-performance" Gruppe bezeichnet. TG-Low (n = 6), TG-High (n = 4), CG-Low (n = 5) und CG-High (n = 6) stellten die vier Subgruppen dar. Durch das kognitive Anpassungstraining sollten die kognitiven Fertigkeiten in den zwei Kategorien verbessert werden. Die erste Kategorie stellte das Bewältigen von simplen oder bekannten Situationen („automatic mental mode") dar, wobei sich die zweite mit komplexen, unbekannten Situationen befasste („adaptive mental mode"). Das Training bestand aus sechs Einheiten, mit einer Dauer von jeweils zwei Stunden binnen elf Wochen.

Die „in-flight performance" der TG-Low Gruppe verbesserte sich signifikant. Aufgrund dieser Verbesserung glich sich die durchschnittliche Leistung der TG-Low Gruppe der Leistung der CG-High Gruppen an. Während sich die Scores dieser beiden Gruppen beim Pre-Test (TG-Low: M = 13,33, SD = 0,67; CG-High: M = 14,34, SD = 0,66) noch signifikant unterschieden, waren beim Post-Test (TG-Low: M = 14,18, SD = 0,53; CG-

High: *M* = 14,33, *SD*= 0,59) keine signifikanten Unterschiede mehr zu verzeichnen. Die anderen Subgruppen verzeichneten keine signifikanten Effekte hinsichtlich „in-flight performance“. Die Pilotenanwärter verspürten nach der Trainingsphase weniger Anspannung, Ärger und Müdigkeit, was sich in der signifikanten Verbesserung im Bereich „mood“ niederschlug (Pre: *M* = 130,35, *SD* = 23,77; Post: *M* = 115,7, *SD* = 29,98). Im Bereich „anxiety“ wurden keine signifikanten Unterschiede verzeichnet. Hinsichtlich Veränderung des Stressmanagements gaben bei den Trainingsgruppen acht von zehn Teilnehmern nach der Trainingsphase an, ihre angewandten Methoden zum Stressmanagement verändert zu haben, wobei dies nur bei drei von elf Probanden der Kontrollgruppe der Fall war. Es konnten keine signifikanten Verbesserungen zwischen TG und CG verzeichnet werden. Die allgemeine, subjektive Meinung der Teilnehmer hinsichtlich des Trainings fiel weitgehend positiv aus. Als wichtigsten Punkt stellten diese das Erlernen von kognitiven Anpassungstechniken und Emotionsregulationen heraus. Der zeitliche Aufwand von zwei Stunden pro Training wurde negativ angemerkt.

Mit dem gleichen Fragebogen POMS untersuchten Kanas, Salnitskiy, Gushin, Weiss und Grund (2001) fünf Astronauten und acht Cosmonauten, die auf einer Mission mit einer Dauer von 189 Tagen waren, auf auftretende Astehnie. Als Kontrollgruppe dienten dabei 58 Mission-Controller. Die Untersuchungsteilnehmer führten neben Pre- und Post-Tests zudem wöchentliche Tests durch, wobei die Astro- und Cosmonauten „Vergesslichkeit“ und „Konzentrationsschwierigkeiten“ beim „Profile of Mood States POMS“ niedriger bewerteten als die Mission-Controller. Bei keiner der Gruppen waren Anzeichen für Asthenie zu verzeichnen.

Causse, Dehais, Arexis und Pastor (2011) untersuchten die Auswirkungen des Alters von Piloten auf deren Flugleistung und Entscheidungsfähigkeit mittels Flugsimulator. Durch die Altersregel der Federal Aviation Administration dürfen Berufspiloten bis zu einem Alter von 65 Jahren fliegen, wohingegen für zivile Piloten keine Altersbeschränkungen bestehen. Hardy und Parasuraman (1997) beschrieben ein steigendes Alter bei Privatpiloten, von denen nahezu die Hälfte älter als 50 Jahre sind. Die Untersuchungteilnehmer der Studie von Causse, Dehais, Arexis und Pastor (2011) waren 32 privatlizensierte Piloten im Alter von *M* = 47,28 (*SD* = 15,87) Jahren mit einer Flugerfahrung von *M* = 15,4 (*SD* = 2,25) Jahren. Die Flugstunden der Teilnehmer betrugen *M* = 1.545 Stun-

den unterschieden sich jedoch stark und reichten von 57 bis 13.000 Stunden. Der Entscheidungsprozess in Flugsituationen wurde durch Identifikation emotionaler Störungen hinsichtlich Impulsivitäts- und Angstbeurteilung mit der „Barratt Impulsivity Scale BIS-10“ (vgl. Bayle, F., Bourdel, M., Caci, H., Gorwood, P., Chignon, J., Ades, J. & Loo, H., 2000) und dem „Spielberger State Anxiety Inventory STAI Y-A (vgl. Bruchon-Schweitzer & Paulhan, 1993) operationalisiert. Das Flugszenario hatte eine Dauer von 45 Minuten und beinhaltete das Fliegen zu einem unbekannten Flugplatz bei auftretenden technischen Ausfällen und Wetterumschwüngen. Die zu betrachtenden Parameter waren dabei Abweichungen der Flugroute und das Verhalten bei Landung mit Seitenwind. Die Operationalisierung der kognitiven Fertigkeiten erfolgte durch „2-Back Test“ (vgl. Chen, Mitra & Schlaghecken, 2008), „Reasoning Test“ (vgl. Causse, Sénard, Démonet & Pastor, 2010), „Wisconsin Card Sorting Test WCST“ (vgl. Heaton, 1981; Eling, Derckx & Maes, 2008) und „Spatial Stroop Test“ (vgl. Desoto, Fabiani, Geary & Gratton, 2001).

Die Impulsivitäts- (M = 40,81, SD = 9,29) und Angstlevel (M = 36,42, SD = 7,6) aller Untersuchungsteilnehmer waren im normalen Bereich. Durch die hohen Unterschiede hinsichtlich Flugstunden war kein signifikanter Zusammenhang zwischen Alter und Flugstunden zu verzeichnen. Die Ergebnisse des „2-Back Test“, „Wisconsin Card Sorting Test WCST“ und „Spatial Stroop Test“ wurden mit steigendem Alter schlechter. Die kognitiven Fertigkeiten hingen signifikant mit dem Alter zusammen. Besonders bei Untersuchungsteilnehmern im Alter von 55 Jahren und älter wurden die schlechten Testergebnisse deutlich. Zehn von elf der über 55-Jährigen schnitten schlechter ab als alle jüngeren Teilnehmer. Diese Erkenntnisse bestätigten die Ergebnisse früherer Studien, welche von abnehmender geistiger Flexibilität bei älteren Menschen berichteten (vgl. Fristoe, Salthouse & Woodard, 1997; Ashendorf & McCaffrey, 2008).

Li und Harris (2008) analysierten die Effekte zweier Programme zur Verbesserung der luftfahrtspezifischen Entscheidungsfindungskompetenz bei Piloten der Republic of China Air Force. Die betrachteten Programme gehören zu einer Reihe von Strategien zur Verbesserung der „Aeronautical Decision Making ADM“ Fähigkeit. Die „SHOR“ Mnemonik (vgl. Wohl, 1981) wurde ursprünglich für taktische Kampfpiloten der U.S. Air Force entwickelt, welche in der Lage sein mussten, auch weitreichende Entscheidungen unter hohem Zeitdruck treffen zu können. Die „DECIDE“ Mnemonik (vgl. Murray, 1997)

wurde zusammen mit südafrikanischen Piloten entwickelt und basiert auf dem Konfliktheoriemodell (vgl. Janis & Mann, 1977). Ziel war es, die zugrundeliegende Situation genau zu verstehen und den Punkt ausfindig zu machen, an dem die schlechte Entscheidung beginnt. An diesem Punkt sollen bessere Lösungsmöglichkeiten gesucht werden, sodass der Prozess nicht in einer schlechten Entscheidung resultiert. 41 männliche Kampfpiloten wurden in zwei Gruppen unterteilt (Experimentalgruppe EG: n = 21; Kontrollgruppe KG: n = 20). Nach Theorieunterrichten zum Thema ADM führten alle Teilnehmer einen Pre-Test im Flugsimulator durch, wobei während der Flugmission Probleme auftraten, die nach schnellen Lösungen verlangten. Die Leistungen der Piloten wurden hinsichtlich Lagebeurteilung, Risikomanagement und Reaktionszeit bewertet. Nach der Pre-Test Phase nahmen die Teilnehmer der Experimentalgruppe an einem vierstündigen ADM Trainingsprogramm teil, wohingegen die Kontrollgruppe kein Training erfuhr. Danach folgten die Post-Tests auf Grundlage anderer Missionsszenarien im Simulator, um Lerneffekte minimieren zu können. Die bewertete Lagebeurteilung der Piloten unterschied sich bei keiner der Gruppen signifikant zwischen Pre- und Post-Test. Die Leistungen der EG erhöhten sich nach dem Training, jedoch nicht signifikant. Die Leistungen im Bereich Risikomanagement erhöhten sich bei der EG signifikant, während bei der KG kein Unterschied zu verzeichnen war. Das Risikomanagement bei den Post-Tests unterschied sich bei beiden Gruppen signifikant, wohingegen beim Pre-Test keine Unterschiede sichtbar waren. Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen hinsichtlich Reaktionszeit. Beide konnten keine Verbesserung zwischen Pre- und Post-Test aufweisen. Das ADM Training in Form von „SHOR“ und „DECIDE“ erhöhte die Leistungen im Bereich der Lagebeurteilung. Das Risikomanagement verbesserte sich durch das Training signifikant, wobei keine Veränderungen bei der Reaktionszeit zu verzeichnen waren.

Boyd, Patterson und Thompson (2005) untersuchten psychologische Unterschiede von Piloten verschiedener Luftfahrzeugmuster der U.S. Air Force. Weiterhin wurde untersucht, ob die angewandten, neuropsychologischen Tests des „Medical Flight Screening MFS“ einen Prädiktor darstellen, welches Luftfahrzeugmuster am besten zu dem untersuchten Pilotenanwärter passt. Die psychologischen Tests des MFS beinhalten vier Komponenten, bestehend aus „CogScreen“ (Lernfähigkeit), MAB (Intelligenz), NEO-PI-R und „Armstrong Laboratory Aviator Personality Survey ALAPS“ (vgl. Jackson, 1984;

Costa & McCrae, 1992; Kay, 1995; Retzlaff, King & Callister, 2002). Zahlreiche Psychologen und Fliegerärzte versuchten, bestimmte Persönlichkeitsmerkmale von Piloten herauszufiltern, auf deren Grundlage man Entscheidungen hinsichtlich der weiteren, fliegerischen Verwendung treffen könnte (vgl. Flanagan, 1942; Callister, King & Retzlaff, 1996; Callister, King, Retzlaff & Marsh, 1999).

Retzlaff und Gibertini (1988) sowie Picano (1991) beschrieben drei Typen von Persönlichkeiten hinsichtlich des Pilotenberufs. Der am weitesten verbreitete Persönlichkeitstyp (58 %) wurde als leistungsorientiert und dominant beschrieben. Diese wurden als „typische“ Militärpiloten bezeichnet und kennzeichneten sich durch strukturierte- und sachliche Problemlösungsfähigkeiten aus. Der zweite Typ (21 %) zeichnete sich durch ähnliche Eigenschaften aus, welche jedoch aggressiver und exhibitionistischer in Erscheinung traten. Der dritte Persönlichkeitstyp (21 %) wurde als vorsichtig, zwanghaft und sozial zurückgezogen beschrieben. Keine dieser Studien konnte bestätigen, dass es so etwas wie eine „Kampfpiloten“-Persönlichkeit gibt.

Boyd, Patterson und Thompson (2005) untersuchten statistische Unterschiede hinsichtlich der psychologischen Testergebnisse des MFS zwischen Kampfpiloten, Bomberpiloten und Tankerpiloten. Von den vier angewandten Tests wurden aufgrund der Testgüte lediglich die Ergebnisse des MAB und NEO-PI-R weiter betrachtet. Die 2.105 betrachteten Piloten der U.S. Air Force bestanden aus 870 Kampfpiloten (Fighter Pilots FP; Alter M = 23,3, SD = 2,3 Jahre), 159 Bomberpiloten (Bomber Pilots BP; Alter M = 23,5, SD = 2,1 Jahre) und Tankerpiloten (Airlift/Tanker Pilots AP, Alter M = 24, SD = 2,5 Jahre). Die MAB ist ein computergestützter Intelligenztest, welcher äquivalent zur Wechsler Adult Intelligence Scale ist (vgl. Jackson, 1984; Retzlaff, King & Callister, 1995). Der Score setzt sich aus einer verbalen Skala (Verständnis, Arithmetik, Vokabular) und einer Leistungsskala (räumliches Denken, Bildvervollständigung, Objektanordnung) zusammen. Der NEO-PI-R ist ein Persönlichkeitsfragebogen und besteht aus insgesamt 240 Items mit einer fünfstufigen Likert Skala (1 = strongly disagree, 5 = strongly agree). Die durchschnittlich erzielten MAB Scores der Kampfpiloten lagen bei M = 122 (SD = 6,3), die der Bomberpiloten bei M = 120,4 (SD = 6,9) und die der Tankerpiloten bei M = 119,6 (SD = 6,7). Die Kampfpiloten erzielten somit den höchsten Score bei gleichzeitig geringster Standardabweichung, was als Indiz der Homogenität interpretiert werden konnte. Kampfpiloten erreichten einen signifikant höheren IQ Score als Tankerpiloten.

Verglichen mit der Grundgesamtheit erreichten alle drei Gruppen einen überdurchschnittlichen Score. Die Ergebnisse des NEO-PI-R unterschieden sich signifikant zwischen Kampf- und Tankerpiloten hinsichtlich „Agreeableness“ (bei Kampfpiloten geringer) und „Conscientiousness“ (bei Kampfpiloten höher). Diese zwei Eigenschaften deuteten drauf hin, dass Kampfpiloten eine Tendenz zum Narzissmus haben, mit der Bereitschaft zu kämpfen, wenn dies notwendig erscheint. Sie sind zielstrebig, willensstark und erfolgreich. Die erzielten Scores der Kampfpiloten bei der MAB könnten als Prädiktor für Personalentscheidungen hinsichtlich der Auswahl des Luftfahrzeugmusters herangezogen werden. In diesem Fall würde der niedrigste, erzielte Score der vorliegenden Vergleichsgruppe als Minimum für Kampfpilotenanwärter interpretiert werden. Ein darunter liegender Score würde eine Verwendung als Kampfpilot ausschließen. Bei den Untersuchungsgruppen wurden jedoch zu geringe Unterschiede festgestellt, um ein solches Vorgehen als sinnvoll interpretieren zu können.

Colle und Reid (2005) befassten sich mit den Auswirkungen von mentalem Workload auf die fliegerische Leistung bei Luft-Boden Operationen und der Schätzung einer Grenze des Workloads, an der noch keine Leistungseinbußen zu verzeichnen sind. Um eine operationelle Daseinsberechtigung zu haben, muss sich das Redline Level des mentalen Workloads auf ein erwartetes Leistungsniveau beziehen. O’Donnell und Eggemeier (1986) bezogen den mentalen Workload mittels drei konzeptionellen Regionen auf die Leistung. In der Region A ist der mentale Workload gering bis moderat und die Leistung angemessen, ohne Leistungseinbußen. In Region B ist der mentale Workload hoch und es kommt zu teilweisen Leistungseinbußen. Innerhalb der Region C ist dieser sehr hoch und die Leistungseinbußen sind beträchtlich. Es sollte folglich eine Art Grenze (Redline Level) eingesetzt werden, welche zwischen Region A und B liegt. In der Region A werden keine Leistungsabnahmen erwartet, bis der mentale Workload eine undefinierte Grenze zu Region B erreicht. Das Überschreiten dieses Punktes ist der Beginn der Phase, in denen Fehler auftreten. Ziel ist die praktische und reliable Identifizierung der Übergangsphase von A zu B.

Die am häufigsten angewandten Methoden zur Messung des subjektiven, mentalen Workloads sind der „Task Load Index TLX“ (vgl. Hart & Staveland, 1988), die „Modified Cooper-Harper Scale MCH“ (vgl. Wierwille & Casali, 1983) und die „Subjective Workload Assessment Technique SWAT“ (vgl. Reid & Nygren, 1988).

Die Untersuchungsteilnehmer waren 14 Männer und drei Frauen im Alter von *M* = 21,2 Jahren (*SD* = 2,35) ohne fliegerische Erfahrung. Nachdem die Probanden durch ein Trainingsprogramm lernten, im F-16 Simulator zu fliegen, folgten zwei Experimentalflüge. Der erste stellte ein realistisches Flugszenario (RS) dar und der zweite ein Redline Experiment. Die Teilnehmer sollten den SWAT-Score (0 - 100) hinsichtlich der Variablen Zeit, Aufwand und Stress nach den Experimentalflügen (24 Waffenflüge, 4 Aufklärungsflüge) innerhalb von zwei Flugtagen einschätzen. Die Geschwindigkeit des Flugzeuges wurde durch die Testleiter konstant gehalten, wobei die Teilnehmer möglichst viele Ziele am Boden bekämpfen sollten.

Die fliegerische Leistung der Probanden steigerte sich am zweiten Tag im Mittel auf 3,47 bekämpfte Ziele, wobei am ersten Tag 2,87 bekämpft wurden. Die mittleren SWAT-Scores wurden am ersten Tag mit 55 und am zweiten mit 39,9 beurteilt. Die Sättigungspunkte der fliegerischen Leistung wurden mittels Regressionsgleichung berechnet und den SWAT-Scores zugewiesen. Die geschätzen Redlines lagen am ersten Tag bei 46,6 und am zweiten bei 37,8. Diese Ergebnisse bestätigten die Konsistenz einer Redline bei einem SWAT-Score von *M* = 40 (*SD* = 10), der bereits 1988 von Reid und Colle beschrieben wurde.

Zusammenfassend berichten Carretta, Teachout, Ree, Barto, King, und Michaels (2016) von erhöhten kognitiven Fertigkeiten mit geringeren Standardabweichungen von Piloten im Vergleich zur Normalbevölkerung. Zu ähnlichen Ergebnissen hinsichtlich Intelligenz kamen Boyd, Patterson und Thompson (2005). Sie beschrieben eine überdurchschnittliche Intelligenz von Piloten, wobei Kampfpiloten eine signifikant höhere aufwiesen als Piloten von Tankerflugzeugen. Während Carretta et al. (2016) keine Unterschiede hinsichtlich Persönlichkeitsmerkmalen zwischen Piloten und der Normalbevölkerung herausstellten, beschrieben Boyd et al. (2005) Kampfpiloten als zielstrebige, willensstarke und erfolgreiche Personen mit einer Tendenz zum Narzissmus. Sie berichteten zudem, dass Kampfpiloten signifikant geringere „Agreeableness (Verträglichkeit)“ und signifikant höhere „Conscientiousness (Gewissenhaftigkeit)“ als Tankerpiloten aufweisen. Einen signifikant negativen Zusammenhang zwischen Alter und kognitiven Fertigkeiten beschreiben Causse, Dehais, Arexis und Pastor (2011). Die geistige Flexibilität nimmt mit steigenden Alter, vor allem in der Altersklasse 55 Jahre und älter, ab. Fornette, Bardel,

Lefrancois, Fradin, El Massioui und Amalberti (2012) konnten durch kognitives Anpassungstraining zum Teil signifikante Verbesserungen der Flugleistung erzielen. Durch das Training wurde das Stressmanagement der Piloten verändert und eine signifikante Verbesserung der Stimmungslage/Befindlichkeit erzielt. Li und Harris (2008) berichten von signifikanten Verbesserungen im Bereich Risikomanagement aufgrund von Entscheidungstrainings, wobei diese keinen signifikanten Einfluss auf die fliegerische Leistung haben. Colle und Reid (2005) bestätigten die Konsistenz einer Redline hinsichtlich des mentalen Workloads.

Lediglich eine der dargestellten Studien untersuchte einen Zusammenhang zwischen physischen- und psychischen Parametern. Hackfort (2014) stellte in einer querschnittlichen Erhebung einen signifikanten Zusammenhang zwischen physischen Fitnessniveau und psychischer Belastbarkeit heraus. Zwischen Ausdauerleistungsfähigkeit und psychischer Belastbarkeit herrscht demnach eine Beziehung. Personen mit hoher Ausdauerleistung weisen eine höhere psychische Belastbarkeit auf als Personen mit niedriger Ausdauerleistung. Diese Erkenntnisse konnten bislang nicht durch eine längsschnittliche Studie mit mehreren Testzeitpunkten bestätigt werden. Dieses Forschungsdefizit soll durch vorliegende Arbeit aufgeklärt werden.

3.3 Technologischer Fortschritt und Muskelaktivitäten

Mehr als die Hälfte aller Kampfpiloten litten bereits an cervikalen oder lumbalen Beschwerden, welche häufig zu eingeschränkten Flugleistungen oder sogar zu Flugverboten geführt haben (Drew, 2000; De Loose et al., 2008; Wagstaff et al., 2012). Diese Beschwerden scheinen das Ergebnis des intensiven Arbeitsumfeldes zu sein, in dem Kampfpiloten mit hohen Beschleunigungskräften agieren und dabei schwere Ausrüstung in einer ungünstigen Sitzposition tragen (vgl. Hämäläinen, 1999, Sovelius, Oksa, Rintala, Huhtala & Siitonen, 2008). Die Entwicklung neuer Technologien soll die Leistungsfähigkeit des einzelnen Piloten, beispielsweise durch das Anbringen von Nachtsichtgeräten an Fliegerhelme, weiter steigern. Unbeachtet bleibt dabei das erhöhte Gewicht des Nachtsichtgerätes, welches zusätzlich zum Fliegerhelm die Nackenmuskulatur beansprucht (Thoolen & van den Oord, 2015). Die muskulären Belastungen, welche während eines Fluges auftreten, werden in einigen Studien mittels Elektromyographie gemessen. Diese Methode er-

laubt eine Messung der muskulären Aktivierung der zu betrachtenden Muskulatur, welche wiederum ins Verhältnis mit der maximal willentlichen Kontraktion gesetzt wird. Somit ist es beispielsweise möglich, Veränderungen der Belastungshöhen bei unterschiedlicher Ausrüstung zu erfassen und anschließen den Mehrwert dieser Ausrüstung gegen die daraus resultierende Erhöhung der Belastung abzuwägen.

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit den Auswirkungen von technologischen Entwicklungen und den daraus resultierenden Belastungen für Piloten. Dieses Themenfeld ist von großer Bedeutung, da alle Aspekte der Belastungen und deren Kompensationsmöglichkeiten berücksichtig werden müssen. Weiterhin werden Auswirkungen verschiedener Luftfahrzeugtypen, Erfahrungsstand der Piloten, Anti-G_z Manöver und visuelle Symptome hinsichtlich ihrer Belastungsmerkmale dargestellt und diskutiert.

Die relevanten Studien wurden zwischen den Jahren 1992 und 2017 durchgeführt. Von insgesamt sieben Untersuchungen gründeten sechs auf einer querschnittlichen Datenerhebung mit einem Testzeitpunkt und eine auf einer längsschnittlichen mit zwei Testzeitpunkten. Die Stichprobenumfänge betrugen zwischen sechs und 59 Teilnehmern (5x N < 20; 2x N = 20 - 100). Drei Studien erhoben die Daten bei realen Luftkämpfen, wohingegen drei andere im Flugsimulator stattfanden. Muskelaktivitäten wurden in fünf Untersuchungen mittels Elektromyographie erfasst. Die subjektive Belastungseinschätzung wurde in einer Studie mit dem „Dutch Musculosceletal Questionnaire“ und in einer anderen mit einem unbestimmten Fragebogen untersucht.

Die Forschungsarbeiten werden nachfolgend tabellarisch dargestellt, die wichtigsten Erkenntnisse zusammengefasst, die einzelnen Studien beschrieben und anschließend hinsichtlich Forschungsdefiziten zusammengefasst. Die Arbeiten werden absteigend nach Erscheinungsjahr dargestellt, beginnend mit der aktuellsten.

Die von Honkanen, Oksa, Mäntysaari, Kyröläinen und Avela (2017) durchgeführte Studie beschäftigte sich mit Unterschieden der Nacken- und Schultermuskulatur-Aktivität zwischen unerfahrenen- und erfahrenen Piloten während kontrollierten G_z-Belastungen. 29 Piloten der Finnish Air Force (FINAF) wurden in einer Zentrifuge auf die Intensität der auftretenden Muskelaktivitäten untersucht. Die betrachteten Muskeln waren linker und rechter Sternocleidomastoideus, linker und rechter Trapezius, sowie linker und rechter, Erector spinae im Bereich der Halswirbelsäule. Es wurden zwei Experimentalgruppen gebildet, wobei sich die Experimentalgruppe 1 aus freiwilligen, unerfahrenen

Pilotenanwärtern und die Experimentalgruppe 2 aus Piloten mit einjähriger Erfahrung auf High Performance Aircrafts (HPA) zusammensetzten. Der Zentrifugenlauf startete mit +1,4 G_z und endete nach 66 Sekunden bei +8 G_z. Um Verletzungen zu vermeiden, wurden die Testpersonen instruiert, unnötige Bewegungen des Kopfes zu vermeiden. Piloten ohne Erfahrung mit HPAs zeigten signifikant höhere Muskelaktivitäten in Bereich der Halswirbelsäulenflexoren und -extensoren in den letzten fünf Sekunden der betrachteten Belastung bei +7,4 G_z als die erfahrenen High Performance Piloten. Des Weiteren war bei den erfahrenen Piloten eine niedrigere Muskelaktivität zwischen +7,4 G_z und +7,9 G_z festzustellen, wobei der Aktivitätsverlauf davor nahezu identisch war. Die gleiche Flugmission kann folglich für einen unerfahrenen Piloten anstrengender und ermüdender sein als für erfahrene. Etwa 20 Prozent der Zeit in einem Luftkampf fanden bei über +2 G_z statt, wobei Spitzen von bis zu +9 G_z erreicht wurden. Es zeigte sich, dass die Muskelaktivitäten bei steigenden G_z-Belastungen linear anstiegen. Die Aktivität der Extensoren im Bereich des Nackens liegt bei 6, 16, und 38 Prozent der maximalen, willentlichen Kontraktion (MVC) bei +1 G_z, +4 G_z und +7 G_z. (vgl. Hämäläinen & Vanharanta, 1992; Oksa, Hämäläinen, Rissanen, Myllyniemi & Kuronen, 1996).

Die EMS-Aktivitäten anderer Muskelgruppen, wie beispielsweise der Bauch- oder Rückenmuskulatur, liegen bei unter 10 Prozent der MVC. Bei Luftkämpfen wurden Aktivitäten der HWS-Muskulatur erfasst, die über 50 Prozent MVC lagen. Oksa, Hämäläinen, Rissanen, Myllyniemi und Kuronen (1996) konnten beweisen, dass erfahrene Piloten in der Lage sind, die Muskulatur während eines Luftkampfes synchroner anzuspannen, als es unerfahrene während Anti-G_z Manövern taten. Honkanen et al. (2017) fanden heraus, dass erfahrene Piloten bei einer G_z-Belastung zwischen +7,4 G_z und +7,9 G_z eine niedrigere Muskelaktivität aufweisen als unerfahrene, wobei der Aktivitätsverlauf davor nahezu identisch war. Die gleiche Flugmission kann folglich für einen unerfahrenen Piloten anstrengender und ermüdender sein als für einen erfahrenen. Thoolen und van den Oord (2015) untersuchten Kampfpiloten der Royal Netherlands Air Force (RNLAF). Ziel dieser Studie war die Erfassung der Veränderungen berichteter Häufigkeiten von Schmerzen im Bereich der Hals- und Lendenwirbelsäule zwischen 2007 und 2014 in Hinblick auf neue technologische Entwicklungen im Cockpit und der Leistungsfähigkeit der Piloten.

Die RNLAF Piloten wurden an zwei Zeitpunkten (2007, *N* = 49; 2014, *N* = 59) mittels „Dutch Musculoskeletal Questionnaire“ (vgl. Hildebrandt, Bongers, van Dijk, Kemper & Dul, 2001) untersucht. Der Fragebogen beinhaltete 97 Items, unterteilt in vier Kategorien: Individual Factors (Alter, Geschlecht, Körpergröße, Körpergewicht), Health Factors (allgemeine Gesundheit, physische und psychische Beschwerden, physisches Training), Flight Factors (Flugerfahrung, präventive Strategien, Gründe für flugdienstbezogene Beschwerden) und Neck and Back Pain Factors (Gründe der Beschwerden, Charakteristika, Verlauf der Schmerzen). Alle Fragen bezogen sich auf Beschwerden, die innerhalb des vergangenen Jahres auftraten. Die Häufigkeit an regelmäßigen Beschwerden im Bereich der Halswirbelsäule nahm zu. 2007 berichteten 12 Prozent der Probanden von Schmerzen in diesem Bereich, 2014 waren es 22 Prozent. Weitere 37 Prozent litten an gelegentlichen, temporären Schmerzen in oben genannten Bereichen. 2007 schrieben 33 Prozent der Betroffenen diese Beschwerden der Arbeitssituation des Fliegens zu, 2014 waren es 62 Prozent.

Flugdienstbezogene Beschwerden resultierten vorwiegend aus dem Fliegen mit dem Helm System „Joint Helmet Mounted Cueing System JHMCS“ (88 %), dem Fliegen mit Nachtsichtgeräten „Night Vision Goggles NVG“ (88 %), der Missionsart (63 %) und der Sitzposition (50 %). Der technologische Fortschritt resultiert in einem steigenden Trend an Beschwerden im Bereich der Hals- und Lendenwirbelsäule. Schwere Helme, Nachtsichtgeräte und Sitzposition führen zu einer Zunahme an Beschwerden. Die zukünftigen technologischen Entwicklungen werden das Gewicht, welches auf die Wirbelsäule der Piloten wirkt, zusätzlich erhöhen. Um diesem Trend entgegenzuwirken, sollten Piloten kontinuierlich untersucht werden und Interventionsmaßnahmen in Form von körperlichem Training und Physiotherapeutischer Betreuung erfahren. 50 Prozent der Piloten schlugen präventive Maßnahmen in Form von körperlichem Training vor, um der Entwicklung entgegenzuwirken.

Tabelle 18: Überblick Forschungsstand Technologischer Fortschritt und Muskelaktivitäten.

Autoren	Jahr	Inhalt	Untersuchungsdesign	Messinstrumente	Wesentliche Befunde
Honkanen, T., Oksa, J., Mäntysaari, M.J., Kyröläinen, H. & Avela, J.	2017	Vergleich der Elektromyographie Aktivität der Nacken- und Schultermuskulatur zwischen unerfahrenen- und erfahrenen Piloten der Finnish Air Force während kontrollierten G_z-Belastungen in einer Zentrifuge	N=29 Querschnitt 1 Testzeitpunkt 2 Gruppen: ExG 1: Piloten mit einem Jahr Erfahrung (n=15) ExG 2: Air Force Cadets ohne Flugerfahrung (n=14)	Zentrifuge Elektromyographie	Keine sign. Unterschiede der Muskelaktivität bei beiden Gruppen bis + 7,4 G_z Ab 7,4 G_z sign. höhere Muskelaktivitäten der cervikalen Extensoren und Flexoren bei den unerfahrenen Piloten Erfahrene Piloten spannen Muskulatur unter Belastungen synchroner an als unerfahrene
Thoolen, S.J.J. & van den Oord, M.H.	2015	Untersuchung der Veränderungen berichteter Häufigkeiten von Schmerzen im Bereich der Hals- und Lendenwirbelsäule zwischen 2007 und 2014 in Hinblick auf neue, technische Entwicklungen im Cockpit und der körperlichen Leistungsfähigkeit bei Kampfpiloten der mission	Jahr 2007 (N=49) Jahr 2014 (N=59) Längsschnitt 2 Testzeitpunkte	Dutch Musculoskeletal Questionnaire	2014 berichteten sign. mehr Piloten (22 %) von regelmäßigen Schmerzen im Bereich der Wirbelsäule als 2007 (12 %) 2014 wurden die Beschwerden sign. häufiger (62 %) der Arbeitssituation zugeschrieben als 2007 (33 %) Fluginduzierte Beschwerden resultieren vorwiegend aus dem Fliegen mit schweren Helmen (88 %), Nachtsichtgeräten (88 %), der Missionsart (63 %) und der Sitzposition (50 %)
Stevenson, A.T. & Scott, J.P.R.	2014	Auswirkungen von Muskelanspannungen der unteren Extremität auf die individuelle G_z-Toleranz und visuelle Symptome bei technischem Ausfall der Anti-G_z Hose	N=10 Querschnitt 1 Testzeitpunkt	Zentrifuge Elektromyographie	Durch Muskelanspannungen sign. Erhöhung der individuellen G_z-Toleranz Nach techn. Ausfall der Anti-G_z Hose konnte die Sehkraft noch sechs Sekunden aufrechterhalten werden Erste visuelle Symptome nach 1,8 Sekunden, erste Symptome Tunnelblick nach 1,5 Sekunden nach techn. Ausfall Hose
Balldin, U.I. & Gibbson, J.A.	2014	Vergleich eines Standard Anti-G_z Anzugs mit einem neu entwickelten Anzug mit elektrischer Muskelstimulation bei G_z-Belastungen in einer Zentrifuge bei Piloten der U.S. Air Force	N=9 Querschnitt 1 Testzeitpunkt: EMS Anzug (Tag 1) Standard Anzug (Tag 2)	Zentrifuge Blutdruckmanschette Pulsmesser 4 Testprofile: GOR RORrel RORstr SACM	Mit dem Standard Anzug konnten in allen Testprofilen sign. höhere G_z-Belastungen gezogen werden als mit dem EMS Anzug Mit dem Standard Anzug konnte der simulierte Luftkampf sign. länger geführt werden als mit dem EMS Anzug Der Belastungspuls war beim Standard Anzug sign. niedriger als beim EMS Anzug

Tabelle 19: Überblick Forschungsstand Technologischer Fortschritt und Muskelaktivitäten (Fortsetzung).

Autoren	Jahr	Inhalt	Untersuchungsdesign	Messinstrumente	Wesentliche Befunde
Green, N.D.C. & Brown, L.	2004	Bestimmung der Kopfpositionen während eines realen Luftkampfes verbunden mit Messungen der Muskelaktivitäten bei Kampfpiloten der britischen Royal Air Force	N=6 Querschnitt 1 Testzeitpunkt	Fragebogen: Aufgetretene Nackenschmerzen Elektromyographie Videokamera Flugschreiber	Extensions- und Rotations-Extensions Bewegungen im cervikalen Bereich waren die häufigsten Bewegungen während eines realen Luftkampfes In 67 % der Zeit befand sich der Kopf außerhalb der Neutralstellung Cervikaler Erector Spinae und Sternocleidomastoideus unter G_z-Belastungen 40-80 % der MVC
Oksa, J., Hämäläinen, O., Rissanen, S., Myllyniemi, J. & Kuronen, P.	1996	Operationalisierung der mittleren- und Spitzenbelastungen der Muskulatur während realen Luftkampfübungen mittels Elektromyographie Messung bei Kampfpiloten der Finnish Air Force	N=6 Querschnitt 1 Testzeitpunkt	Elektromyographie Flugschreiber	Signifikanz G_z-Level und Muskelaktivität Keine Signifikanz Muskelaktivität und Tageszeit, Anzahl der Flüge Relativ geringe mittlere Muskelaktivitäten zwischen 5 und 20 % MVC Oberschenkel- und Bauchmuskelaktivität unter 10% MVC Seitliche Nackenmuskulatur mit >50 % MVC höchste Aktivität Spitzenbelastungen dauerten M = 3,6 (SD = 0,6) Sekunden Belastungen bei realem Luftkampf von 36 min: 4 G_z (8 min), 5 G_z (5 min), 6 G_z (2 min), 7 G_z (1 min)
Hämäläinen, O., & Vanharanta, H.	1992	Belastungsmessung der cervikalen Nackenmuskulatur bei realen Flugmissionen mittels Elektromyographie Messungen bei Kampfpiloten der Finnish Air Force	N=10 Querschnitt 1 Testzeitpunkt	Elektromyographie Flugschreiber	Die mittlere Belastung war bei +4 G_z 2,4-fach und bei 7 G_z 5,9-fach höher als bei 1 G_z Während Extensionsbewegungen im Nacken bei +4G_z wurden im Mittel 55,8 % MVC rekrutiert, bei Rotationsbewegungen sogar 79,5 %. Bei Loopings lag die Muskelbelastung bei 15,8 % MVC Höchste Belastung auf die cervikale Muskulatur bei rotierter Kopfposition mit gleichzeitiger Extension (Check-Six)

Thoolen und van den Oord (2015) sprachen sich für das Aufnehmen von Trainingsstunden in den Dienstplan aus. Dies würde der Sensibilisierung im Bereich Prävention dienen und den Piloten die Teilnahme an den Interventionsmaßnahmen ermöglichen.

Stevenson und Scott (2014) untersuchten die Auswirkungen von Muskelanspannungen der unteren Extremität auf die individuelle G_z-Toleranz und visuelle Symptome bei technischem Ausfall der Anti-G_z-Hose. Anti-G_z-Hosen erhöhen die individuelle G_z-Toleranz um bis zu 3 G_z. In Kombination mit Masken, die eine Überdruckatmung ermöglichen, ist eine Steigerung um bis zu 4,6 G_z realisierbar (vgl. Eiken, Kölegärd, Bergsten & Grönkvist, 2007). Die Untersuchungen wurden mit zehn männlichen Piloten der Finnish Air Force in einer Zentrifuge durchgeführt. Die Probanden waren M = 32 (SD = 6) Jahre alt und wogen M = 85 (SD = 11) Kilogramm bei einer Körpergröße von M = 1,78 (SD = 0,1) Metern. Die drei zu untersuchenden Zentrifugenläufe wurden auf zwei Tage aufgeteilt. Am ersten Tag wurde die individuelle G_z-Toleranz der Piloten ermittelt, indem diese ohne Anti-G_z-Hose und bestimmte Muskelanspannungen beschleunigten, bis visuelle Symptome auftraten. Am zweiten Tag wurden die Zentrifugenläufe mit Anti-G_z-Hose durchgeführt. Nach jeweils fünf und 30 Sekunden Belastungsdauer wurde ein technischer Defekt der Anti-G_z-Hose simuliert. Die Piloten sollten beim ersten Durchlauf auf Muskelanspannungen verzichten (5R: 5 Sekunden, relaxte Muskulatur; 30R: 30 Sekunden, relaxte Muskulatur) wohingegen sie beim zweiten bewusst Oberschenkel und Bauchmuskulatur anspannen sollten, um den G_z-Belastungen entgegenzuwirken (5MT: 5 Sekunden, angespannte Muskulatur; 30MT: 30 Sekunden, angespannte Muskulatur). Die G_z-Beschleunigung wurde so weit gesteigert, bis visuelle Symptome auftraten. Die Muskelaktivitäten von Bauch und Oberschenkel wurden mittels kabellosem EMG-System (Myon 320, Myon-Prophysics AG) aufgezeichnet.

Die individuelle G_z-Toleranz ohne Anti-G_z-Hose lag bei +4,07 G_z. Durch bewusste Anti-G_z Manöver, wie das Anspannen der Bauch- und Oberschenkelmuskulatur erhöhte sich die individuelle G_z-Toleranz im Mittel um 0,53 G_z. Nach simuliertem Ausfall der Anti-G_z-Hose konnte die Sehkraft noch etwas mehr als sechs Sekunden aufrechterhalten werden. Erste visuelle Symptome traten bereits bei 1,8 Sekunden, erste Symptome eines Tunnelblickes nach 1,5 Sekunden auf.

Der technische Ausfall einer Anti-G_z-Hose kann nur kurzzeitig, bedingt kompensiert werden, bevor der G_z-bedingte Bewusstseinsverlust (G-induced loss of conciousness „G-LOC“) eintritt. Ein Ausfall bei einer Beschleunigung von 9 G_z hätte einen direkten G-LOC zur Folge (vgl. Stoll, 1956; Eiken & Grönkvist, 2013).

Im selben Jahr publizierten Balldin und Gibbson (2014) Unterschiede zwischen einem Standard Anti-G_z-Anzug und einem neu entwickelten Anzug mit elektrischer Muskelstimulation bei G_z-Belastungen in einer Zentrifuge der U.S. Air Force. Anti-G_z Manöver, in Form von Kontraktionen der Oberschenkel- und Bauchmuskulatur sowie Überdruckbeatmung durch die Maske helfen Kampfpiloten, höhere Beschleunigungskräfte zu ertragen, bevor ein möglicher Bewusstseinsverlust eintritt. Mit diesen Techniken sind die Piloten in der Lage, ihre G_z-Toleranz um drei bis vier G_z zu erhöhen. Die Kombination aus Muskelkontraktionen und Atemtechniken zur Steigerung der G_z-Toleranz führt zu einer Erhöhung von Puls und Blutdruck (vgl. Green, 1999). Diese Technik ist sehr anstrengend und erfordert gute Antizipationsfähigkeiten des Piloten, sodass dieser dem Absacken des Blutes in die unteren Extremitäten entgegenwirken kann (vgl. Balldin, Werchan, French & Self, 2003). Die beschriebenen Anti-G_z-Manöver können mit speziellen Anti-G_z-Anzügen kombiniert werden, welcher bei G_z-Belastungen bestimmte Segmente des Körpers durch Luftpolster komprimieren, umso das Absacken des Blutes zu verhindern (vgl. Glaister & Prior, 1999; Green, 1999). In vorangegangenen Studien berichteten Balladin, Annicelli, Gibbson und Kisner (2008) von ähnlichen Blutdrücken bei Benutzung eines Anzuges mit elektrischer Muskelstimulation im Vergleich zu einem Standard-Anti-G_z-Anzug. Der durchschnittliche Blutdruck bei +1 G_z lag ohne Anzug bei M = 125 (SD = 15), Standard-Anti-G_z-Anzug bei M = 150 (SD = 12) und mit dem elektrischen Stimulationsanzug bei M = 143 (SD = 15) mmgH.

Der Anzug mit elektrischen Muskelstimulationen (EMS) sowie die Elektroden wurden von der Firma Prizm Medical Inc. in Duluth hergestellt. Die Elektroden waren an den unteren- und oberen Bereichen der Waden und Oberschenkel, sowie am Gesäß und Bauch positioniert. Die Untersuchungsgruppe setzte sich aus neun Männern mit einem Alter von M = 30 (SD = 5,2) Jahren und einem Körpergewicht von M = 81 (SD = 7,3) Kilogramm bei einer Körpergröße von M = 1,75 (SD = 0,2) Meter zusammen. Alle Untersuchungsteilnehmer absolvierten vor Beginn der Studie medizinische Untersuchungen im Rahmen

der U.S. Air Force Class II/III Standards. Am Tag vor Beginn der Untersuchungen wurden körperliche Aktivitäten sowie das Ess- und Trinkverhalten dokumentiert.

Die Testprofile wurden am ersten Tag mit dem EMS-Anzug und am zweiten Tag mit dem Standard-Anzug durchgeführt, wobei zwischen den Testungen mindestens 23 Stunden lagen. Der Standard-Anzug wurde automatisch ab einer Belastung von +2 G_z aktiviert und steigerte den Druck linear bis zu 525 mmHg bei +9 G_z. Der EMS wurde bei +4 G_z aktiviert und konnte durch einen außenstehenden Testleiter gesteuert werden. Das Untersuchungsdesign beinhaltete vier Testprofile. Beim ersten Testprofil (GOR) trugen die Probanden keinen der beiden Anzüge und sollten bewusst auf Muskelkontraktionen und Atemtechniken verzichten. Bei Eintreten eines Tunnelblickes stoppten die Probanden den Durchlauf durch Loslassen des Beschleunigungssssticks. Das zweite Testprofil (RORrel) beinhaltete weiterhin die entspannte Haltung. Ab +4 G_z wurde die Belastung pro Runde um +1 G_z bis +9 G_z erhöht bei einer maximalen Testdauer von 15 Sekunden. Das dritte Testprofil (RORstr) war hinsichtlich Set-Up gleichzusetzen mit dem des zweiten Testprofils, wobei die Probanden nun aktiv die Oberschenkel kontrahieren sollten. Beim vierten Testprofil (SACM) wurde ein Luftkampf mit Manövern zwischen +5 G_z und +9 G_z und einer Dauer von zehn Sekunden simuliert.

Die erreichten G_z-Level während GOR lagen bei M = 7,1 (SD = 1,5) G_z mit dem Standard- und bei M = 6,0 (SD = 1,2) G_z mit dem EMS Anzug. Bei RORrel lagen diese bei M = 6,0 (SD = 0,9) G_z und M = 4,5 (SD = 0,8) G_z. Die erreichten G_z-Level bei RORstr lagen bei M = 8,3 (SD = 0,9) G_z und M = 6,3 (SD = 1,1) G_z. Die Unterschiede sind signifikant und favorisieren den Standard Anzug. Den simulierten Luftkampf absolvierten die Piloten mit Standard-Anzug M = 80 (SD = 16) Sekunden lang, was einem signifikanten Unterschied im Vergleich zum EMS-Anzug M = 34 (SD = 14) Sekunden entsprach. Ein weiterer signifikanter Unterschied lag im durchschnittlichen Puls während der Luftkämpfe (Standard: M = 126, SD = 25 bpm; EMS: M = 149, SD = 13 bpm). Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass der entwickelte EMS-Anzug in keinem der Testprofile den Anforderungen des aktuellen Standard Anti-G_z-Anzug entsprach und somit eine Verwendung unzweckmäßig macht.

Green und Brown (2004) analysierten die Positionen des Kopfes während eines realen Luftkampfes bei Kampfpiloten der britischen Royal Air Force (RAF) verbunden mit Messungen der Muskelaktivitäten. Fünf Kampfpiloten und ein Waffensystemoffizier wurden

bei Luftkämpfen mit dem Trainingsjet Hawk T1 untersucht. Die zu betrachtenden Muskelaktivitäten wurden mittels EMG-Elektroden (Delsys Inc.) an vier Stellen im cervikalen Bereich (Sternocleidomastoideus rechts, Sternocleidomastoideus links, Erector Spinae links, Erector Spinae links) erhoben. Vor den Flügen wurden für die entsprechenden Muskeln die maximal willentliche Kontraktion (MVC) erfasst und als Referenzwert dargestellt. Während der 50-minütigen Flüge wurden vier Aufeinandertreffen der Kampfflugzeuge mit einer Dauer von je drei bis fünf Minuten herbeigeführt. Die Bewegungen des Kopfes wurden mittels Videokamera aufgezeichnet und ausgewertet. Die Kopfpositionen wurden in drei Kategorien eingestuft, welche auf der Neutralstellung des Kopfes gründen (small: 5-30°, moderate: 31-60°, large: 61°-maximum der Beweglichkeit). Nach dem Flug füllten die Untersuchungsteilnehmer einen Fragebogen hinsichtlich aufgetretener Nackenschmerzen und angewandter, protektiver Strategien während des Fluges aus.

Es wurden 22 Luftkämpfe mit einer mittleren Dauer von 03:50 Minuten und Beschleunigungskräften von -0.4 G_z bis +7.5 G_z untersucht. 67,4 Prozent der Zeit befand sich der Kopf außerhalb der Neutralposition. Die dominanten Bewegungen stellten Extension (30,1 %) und Rotation verbunden mit Extension (30,3 %) dar. Reine Rotationsbewegungen fanden ausschließlich bei geringen G_z statt. Bei Nackenextension unter G_z-Belastungen wurde beim Erector Spinae eine Muskelaktivität von 40 bis 80 Prozent MVC gemessen. Ähnliche Aktivität wurde beim Sternocleidomastoideus festgestellt, welche während des Lumpfkampfes bei einem Viertel der Gesamtzeit über 40 Prozent MVC lag. Green und Brown (2004) beschrieben Extensions- und Rotations-Extensions Bewegungen im cervikalen Bereich als die häufigsten Bewegungen während eines realen Luftkampfes. Die hohen Muskelaktivitäten unter G_z-Belastungen gaben Aufschlüsse über die Beanspruchungen der Strukturen.

Oksa, Hämäläinen, Rissanen, Myllyniemi und Kuronen (1996) untersuchten sechs Kampfpiloten der Finnish Air Force „Satakunta Wing“ mittels EMG Messungen während realer Luftkämpfe. Ziel dieser Studie war die Operationalisierung der mittleren- und Spitzenbelastungen der Muskulatur von Kampfpiloten während realen Luftkampfübungen (One-to-one dogfight) mittels EMG Messung. Betrachtet wurden die Muskelaktivitäten von Oberschenkel, Bauch, Rücken und seitlichem Hals. Die Piloten flogen mit einer „Hawk MK 51“ zwei Luftkampfübungen pro Tag, eine vormittags, die andere nachmit-

tags. Die Aufgabe bestand in einem eins-zu-eins Luftkampf mit einer Tiefenbeschränkung von 300 Meter über Grund. Die mittlere Flugdauer betrug 36 Minuten, bei dem die zwei Piloten fünf bis sieben Mal für etwa drei Minuten aufeinandertrafen. Das G_z-Profil des jeweiligen Fluges wurde aufgezeichnet. Die fluginduzierten Muskelaktivitäten wurden durch ein portables, vier Kanal EMG Gerät des Herstellers Mega Electronics Ltd (Modell ME3000P) in vier Muskeln aufgezeichnet (m. rectus femoris, m. rectus abdominis, m. erector spinae, m. sternocleidomastiodeus). Vor jedem Flug wurde die maximale, willentliche Kontraktion (MVC) der betrachteten Muskeln in Verbindung zu den EMG erfassten Muskelaktivitäten gesetzt. Jede Messung wurde dreimal wiederholt, wobei der beste Versuch als MVC interpretiert wurde. Diese Messungen wurden mit den während des Fluges aufgezeichneten Messungen verglichen und als Prozentwert der MVC angegeben (% MVC). Muskelaktivitäten, welche 50 Prozent der MVC überstiegen und länger als eine Sekunde andauerten, wurden als Spitzenbelastung dargestellt. Die mittlere Muskelbelastung aller betrachteten Muskeln war relativ gering und lag zwischen 5,2 und 19,8 Prozent MVC, wobei die Belastung der seitlichen Nackenmuskulatur am größten war. Im Bereich von Oberschenkel und Bauch lagen die Belastungen meist unter 10 Prozent MVC. Spitzenbelastungen von über 50 Prozent MVC traten ausschließlich beim Auftreffen auf den Feind und dann vor allem im Bereich der seitlichen Nackenmuskulatur auf. Die Spitzenbelastungen traten M = 6,9 (SD = 0,9) Mal bei einer durchschnittlichen Dauer von M = 3,6 (SD = 0,6) Sekunden auf. Die G_z-Belastungen während der gesamten Dauer der Mission überschritten für 08:16 Minuten 4 G_z, für 04:56 Minuten 5 G_z, für 02:06 Minuten 6 G_z und für 48 Sekunden 7 G_z.

Oksa et al. (1996) beschrieben einen hohen Zusammenhang zwischen Muskelaktivität und G_z-Level, wobei keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Tageszeit, und ob es sich um den ersten oder zweiten Flug handelt, vorlagen. Die MVC wurde in einigen Fällen sogar um 200 Prozent übertroffen, was ein hohes potenzielles Risiko für Verletzungen darstellte. Vier Jahre zuvor untersuchten Hämäläinen und Vanharanta (1992) Belastungen der cervikalen Nackenmuskulatur bei realen Flugmissionen der Finnish Air Force mittels EMG-Messungen. Die Studie wurde in drei Teiluntersuchungen unterteilt. Der erste Teil beschäftigte sich mit Belastungen bei festgelegten G_z-Kräften (-1,5 G_z, +1 G_z, +4 G_z, +7 G_z). Der zweite Teil evaluierte die Belastungen bei +4 G_z und zeitgleich durchgeführten Kopfbewegungen (Extension, Flexion, Rotation), wobei sich der dritte

Teil mit alternierenden G_z-Belastungen während eines Loopings beschäftigte. Die EMG Messungen wurden mit „Muscle Tester ME 3000“ der Firma Mega Electronics durchgeführt. Um die Messung in Relation setzen zu können, wurde zunächst die maximale, willentliche Kontraktion der Muskeln gemessen (MVC), welche dann als Referenzwert für 100 Prozent angenommen wurde.

Zehn Kampfpiloten der Finnish Air Force, absolvierten zuvor festgelegte Flugmanöver unter realen Bedingungen. Die Belastung der cervikalen Nackenmuskulatur nahm von -1.5 G_z bis hin zu +7 G_z stetig zu. Die mittlere Belastung war bei +4 G_z 2,4-fach und bei +7 G_z 5,9-fach höher als bei +1 G_z. +4G_z verursachten eine Belastung von 15,7 Prozent MVC, +7 G_z eine Belastung von 37,9 Prozent MVC. Während Extensionsbewegungen im Nacken bei +4 G_z wurden im Mittel 55,8 Prozent MVC rekrutiert, bei Rotationsbewegungen sogar 79,5 Prozent MVC. Während geflogenen Loopings lag die Muskelbelastung bei 15,8 Prozent MVC.

Die Studie beschrieb die höchste Belastung auf die cervikale Rückenmuskulatur bei einer rotierten Kopfposition mit gleichzeitiger Extension. Diese Bewegung entspricht dem sogenannten „Check-Six“ Blick. Bei allen Flugmanövern muss die Muskulatur rund um die Wirbelsäule enormen Belastungen standhalten. Die cervikale Muskulatur ist stets damit beschäftigt, den Kopf entgegen der wirkenden G_z-Belastungen in einer aufrechten Position zu halten. Beträgt die Masse des Kopfes zusammen mit dem Helm etwa sechs Kilogramm, wirken bei +8 G_z eine Gesamtlast von 48 Kilogramm auf die cervikale Muskulatur. Befindet sich der Kopf zudem in einer rotierten Position, verlängert das den Hebelarm und die Belastung nimmt weiter zu. (vgl. Hämäläinen & Vanharanta, 1992).

Knudson et al. (1988) beschrieben, dass sich in den meisten Fällen fluginduzierter Verletzungen im Nackenbereich der Kopf des Kampfpiloten in einer rotierten Position befindet. Aho, Hämäläinen & Vanharanta (1990) beschrieben zudem einen hohen Zusammenhang zwischen auftretenden, akuten Nackenschmerzen und der Anzahl an Flugstunden in HPAs. Die Schmerzen traten stets erst ab +4 G_z auf, wobei sich der Kopf in 97 der Fälle in einer rotierten Position befand.

Zusammenfassend berichten Oksa, Hämäläinen, Rissanen, Myllyniemi und Kuronen (1996) von einem signifikant positiven Zusammenhang zwischen G_z-Level und Muskelaktivität bei realen Luftkämpfen. Hämäläinen und Vanharanta (1992) stellten heraus, dass die mittlere Belastung bei +4 G_z 2,4-fach und bei +7 G_z 5,9-fach höher ist als bei +1 G_z. Die häufigsten Bewegungen während eines Luftkampfes sind Extensions- und Rotations-Extensionsbewegungen im cervikalen Bereich (vgl. Green & Brown, 2004). Hämäläinen und Vanharanta (1992) berichteten bei +4 G_z von mittleren Belastungen im Nacken bei Extensionsbewegungen von 56 % MVC, bei Rotationsbewegungen sogar von 80 % MVC. Zu vergleichbaren Ergebnissen kamen Oksa et al. (1996) sowie Green und Brown (2004), welche cervikale Belastungen von 40 – 80 % MVC beschrieben. Oksa et al. (1996) berichteten weiterhin von geringen Muskelaktivitäten in Oberschenkel und Bauch, welche unter 10 % MVC lagen und unabhängig von Tageszeit oder Anzahl der Flüge war. Im Vergleich zwischen erfahrenen- und unerfahrenen Piloten stellten Honkanen, Oksa, Mäntysaari, Kyröläinen und Avela (2017) heraus, dass bis zu einer Belastung von +7,4 G_z keine Unterschiede hinsichtlich Muskelaktivitäten zu verzeichnen waren. Oberhalb dieser Belastung spannten erfahrene Piloten die Muskulatur kontrollierter und synchroner an als unerfahrene. Stevenson und Scott (2014) berichteten von signifikanten Erhöhungen der individuellen G_z-Toleranz durch willentliche Muskelanspannungen. Diese G_z-Toleranz wurde durch einen speziellen, mit Pressluft betriebenen, Anzug signifikant erhöht. Ein neu entwickelter Anzug mit elektrischer Muskelstimulation führte im Vergleich zum Standard Anzug bei Zentrifugentests zu signifikant geringeren G_z-Levels und einem signifikant erhöhten Belastungspuls (vgl. Balldin & Gibbson). Die hohe cervikale Muskelaktivität während den fliegerischen Belastungen in Verbindung mit der Häufigkeit an Extensions- und Rotations-Extensionsbewegungen verdeutlichen den Stellenwert einer ausgeprägten cervikalen Muskulatur. Vorliegende Arbeit soll aufklären, ob eine Steigerung der Kraftfähigkeit und Beweglichkeit im cervikalen Bereich in einer Reduzierung der fluginduzierten Nackenschmerzen resultiert.

3.4 Darstellung der Interventionsprogramme

Im folgenden Kapitel sollen die Interventionsprogramme der relevanten Studien hinsichtlich Zeitraum, Dauer und Inhalt dargestellt werden. Nach Aufzeigen der Interventionsprogramme zur Steigerung der physischen Leistungsfähigkeit werden die Programme zur Steigerung der psychischen Leistungsfähigkeit dargestellt.

3.4.1 Interventionsprogramme physische Leistungsfähigkeit

Alricsson et al. (2004) untersuchten die Effekte unterschiedlicher Betreuungsformen bei Kampfpiloten der Swedish Air Force hinsichtlich Kraftfähigkeit und Beschwerden. Das Interventionsprogramm wurde über eine Dauer von sechs bis acht Monaten durchgeführt, wobei mit einem Trainingshelm trainiert wurde, an dem Gewichte befestigt waren. Während die KG nur schriftliche Trainingsinstruktionen erfuhr, wurde die Einheiten der EG von Fachpersonal betreut. Das Programm führte bei der EG zu einem signifikanten Anstieg der cervikalen Maximalkraft und zu einer signifikanten Steigerung der Kraftausdauer der cervikalen Extensoren. Die Kontrollgruppe verzeichnete sowohl bei der Maximalkraft, als auch bei der Kraftausdauer eine signifikante Reduktion. Es wurden keine signifikanten Veränderungen hinsichtlich Häufigkeit aufgetretener Nackenbeschwerden festgestellt. Das Interventionsprogramm wurde nicht weiter ausgeführt. Alricsson et al. (2004) bekräftigten eine eigens auf Kampfpiloten zugeschnittene Trainingssteuerung.

Burnett et al. (2005) untersuchten Krafttrainingsmethoden zur Steigerung der cervikalen Maximalkraft bei Piloten der Royal Australian Air Force. Das Interventionsprogramm wurde über eine Dauer von zehn Wochen mit je zwei angeleiteten Kraft-Trainings pro Woche durchgeführt. Jede Einheit hatte eine Dauer von 60 Minuten und setzte sich aus 15 Minuten Aufwärmen, 30 Minuten Training und 15 Minuten Cool Down zusammen. EG 1 trainierte an einem speziellen Großgerät nach dem Prinzip der progressiven Überlastung und verzeichnete den größten Zuwachs hinsichtlich isometrischer Maximalkraft. EG 2 trainierte mit Therabändern in unterschiedlichen Stärken und verzeichnete einen geringen Zuwachs der isometrischen Maximalkraft. Die KG trainierte selbstverantwortlich und verzeichnete minimale Kraftzuwächse. Die Interventionsprogramme wurden nicht weiter ausgeführt. Burnett et al. (2005) stellten heraus, dass ein Training zur Steigerung der cervikalen Maximalkraft an spezifischen Trainingsgeräten am effektivsten ist.

Scott et al. (2014) untersuchten hochintensive Trainingsmethoden auf der Internationalen Raumstation hinsichtlich Energiebilanz und Muskelatrophie. Das Interventionsprogramm erstreckte sich über einen Zeitraum von zwei Wochen mit sechs Ausdauer- und drei Kraft-Trainings pro Woche. Die Kraft-Trainings setzten sich aus vier Übungen zusammen, welche aus drei Sätzen und zwölf Wiederholungen bestanden. Ausdauer-Trainings hatten einen Umfang von 30 Minuten auf einem Ergometer in Rückenlage bei einer Intensität von 80 Prozent VO_{2peak}. Weiterhin wurden drei unterschiedliche Formen von Intervalltraining angewandt. Die Erste bestand aus 6 x 2 Minuten Stufen bei 70, 80, 90, 100, 90 und 80 Prozent VO_{2peak} mit zwei Minuten Pause. Die Zweite setzte sich aus 8 x 30 Sekunden maximaler Anstrengung mit 15 Sekunden Pause zusammen und die Dritte aus 4 x 4 Minuten bei 85 Prozent VO_{2peak} mit drei Minuten Pause. Scott et al. (2014) stellten heraus, dass hochintensive Ausdauer-Intervalle die effektivste Methode sind, um mit möglichst geringem Energieverbrauch der Muskelatrophie entgegenzuwirken.

Bartz und Jäschner (2015) untersuchten sportwissenschaftliche Methoden bei Eurofighter-Piloten. Das Interventionsprogramm beinhaltete Trainings zur Steigerung der physischen Leistungsfähigkeit und wurde in Kleingruppen durchgeführt. Nach einem Jahr absolvierten 13 der ursprünglich 23 getesteten Piloten den Re-Test. Die Probanden absolvierten in diesem Jahr durchschnittlich 29 Trainingseinheiten, welche meist in Form von „High Intensity Intervall-“ oder „Curcuit-“ Training durchgeführt wurden. Die Intervention führte zu Mobilitätsverbesserungen und Kraftsteigerung im cervikalen- und lumbalen Bereich. Das Interventionsprogramm wurde nicht weiter ausgeführt.

3.4.2 Interventionsprogramme psychische Leistungsfähigkeit

Fornette et al. (2012) untersuchten Effekte kognitiver Anpassungstrainings auf die Flugleistung und das Stressmanagement. Das Interventionsprogramm erstreckte sich über elf Wochen und beinhaltete sechs Trainingseinheiten mit einer Dauer von je zwei Stunden. Während die KG keine Veränderungen verzeichnete, verbesserte sich die EG im Bereich der Flugleistung und des Stimmungszustandes signifikant. Weiterhin veränderten 80 Prozent der EG ihre Stressmanagementstrategien. Das kognitive Anpassungstraining wurde nicht weiter ausgeführt.

Li und Harris (2008) analysierten die Effekte zweier Programme zur Verbesserung der luftfahrtspezifischen Entscheidungsfindungskompetenz bei Piloten der Republic of China

Air Force. Das Interventionsprogramm bestand aus einem vierstündigen Seminar, welches die Inhalte der „SHOR“ (vgl. Wohl, 1981) und „DECIDE“ Mnemonik (vgl. Murray, 1997) vermittelte. Die EG verzeichnete signifikante Verbesserungen im Bereich Risikomanagement. Das Interventionsprogramm wurde nicht weiter ausgeführt.

3.5 Darstellung der Messmethoden

Nachfolgend werden die verwendeten Messinstrumente der relevanten Studien mit Häufigkeiten dargestellt.

Tabelle 20: Übersicht der verwendeten Messinstrumente.

Messparameter	Messinstrument
Nackenschmerzen	▪ Visual Analogue Scale (5x) ▪ Eigens erstellt (4x) ▪ Numerical Pain Rating Scale (2x) ▪ Neck Disability Index Questionnaire (1x) ▪ Occupational Back Pain Epidemiological Questionnaire (1x)
Allgemeine Beschwerden	▪ Eigens erstellt (2x) ▪ Standardised Questionnaire for the Analysis of Musculoskeletal Symptoms (1x)
Persönlichkeitsmerkmale	▪ Multidimensional Aptitude Battery (4x) ▪ NEO Personality Inventory-Revised (3x) ▪ CogScreen (2x) ▪ Minnesota Multiphasic Personality Inventory-2 (1x) ▪ NEO Fünf-Faktoren-Inventar (1x) ▪ Profile of Mood States (1x) ▪ Barratt Impulsivity Scale (1x) ▪ Spielberger State Anxiety Inventory (1x) ▪ Wisconsin Card Sorting Test (1x) ▪ Subjective Workload Assessment Technique (1x)

Tabelle 21: Übersicht der verwendeten Messinstrumente Fortsetzung.

Messparameter	Messinstrument
Kraft	▪ Behelfsmäßige Messvorrichtung (3x) ▪ Schnell Dignos Med (1x) ▪ Multi-Cervical Unit (1x) ▪ Advanced Resistive Exercise Device (1x) ▪ Lafayette Handheld Dynamometer (1x)
Ausdauer	▪ Fahrradergometrie (2x) ▪ 30 Minuten Feldtest nach Schnurr (1x) ▪ Laufbandergometrie (1x)
Mobilität	▪ Passive Beweglichkeitsmessung (2x) ▪ Aktive Beweglichkeit Performance Attainment Associates CROM 3 (1x) ▪ Vicon Nexus mit sechs Infrarotkameras (1x) ▪ Funktionelle Bewegungsmuster(1x)
Fitness	▪ Bundeswehr Basis-Fitness-Test (1x) ▪ Army Physical Fitness Test (1x)
Koordination	▪ Koordinationsplatte (1x)
Gleichgewicht	▪ Einbeinstand (1x)
Körperfett	▪ Harpenden Skinfold Caliper (1x)

4 FRAGESTELLUNGEN UND HYPOTHESEN

Die nachfolgenden Fragestellungen und Hypothesen sollen im Schwerpunkt neue Forschungsfelder beleuchten, wobei auch bereits bestehende Ergebnisse bestätigt werden sollen. Nach einer kurzen Sensibilisierung für den Stellenwert des Forschungsschwerpunktes werden die Fragestellungen und Hypothesen dargestellt und erläutert.

Yacavone und Bason (1992), Kikuawa et al. (1995), sowie Wagstaff et al. (2012) beschrieben als eines der zentralen Probleme bei der Einführung von High-Performance-Aircrafts die Überlastung der cervikalen Muskulatur der Kampfpiloten. Kelley et al. (2017) erweiterten dieses Spektrum und verdeutlichten, dass 85 Prozent der Piloten bereits seit Beginn ihrer Flugkarriere an Rückenschmerzen leiden. Thoolen und van den Oord (2015) beschäftigten sich mit den Auswirkungen des technischen Fortschritts in Form von schwerer werdenden Helmen sowie NVGs und berichteten von einer alarmierenden Entwicklung hinsichtlich des Auftretens regelmäßiger Schmerzen im Bereich der Wirbelsäule. Wie in Kapitel 3 dargestellt wurde, beschäftigen sich die meisten Untersuchungen in diesen Kontexten überwiegend mit Muskelaktivität, Alter, Flugstunden, Schmerzskalen und G_z-Levels. Vorliegende Arbeit soll bestehende Forschungsergebnisse bestätigen und im Schwerpunkt neue Erkenntnisse liefern. Folglich lautet die erste Fragestellung:

F1: Inwieweit unterscheidet sich die physische und psychische Leistungsfähigkeit von Kampfpiloten und Nicht-Piloten?

Forschungsergebnisse hinsichtlich dem Vergleich physischer Leistungsfähigkeit zwischen Kampfpiloten und anderen Personengruppen sind überschaubar. Beispielsweise stellten Rintala et al. (2015) heraus, dass Kampfflugzeug-Piloten im Vergleich zu Piloten propellergesteuerter Flugzeuge und inaktiven Piloten den höchsten Fitness-Score aufwiesen. Die physisch leistungsfähigsten Piloten dieser Untersuchung flogen die Flugzeugmuster mit der stärksten Beschleunigung (vgl. Kapitel 3.1).

Da die zu untersuchenden Eurofighter-Piloten bereits seit mehreren Jahren Zugang zu Interventionen im Rahmen von HPE haben, lautet die Arbeitshypothese:

H1: Kampfpiloten weisen eine höhere physische und psychische Leistungsfähigkeit auf als Nicht-Piloten.

Die zweite Fragestellung beschäftigt sich mit der Leistungsentwicklung beider Gruppen während des Untersuchungszeitraums. Eine Vielzahl der relevanten Forschungen (vgl. Kapitel 3.2) beschäftigten sich im Schwerpunkt mit der Kraftsteigerung im cervikalen Bereich. Interventionsansätze, welche sich über mehrere Kriterien erstrecken sind kaum vorhanden. Aus diesem Grund stellt sich die Frage:

F2: Unterscheidet sich die physische und psychische Leistungsentwicklung bei Kampfpiloten und Nicht-Piloten in Abhängigkeit von einem Treatment (Interventionsprogramm HPE)?

Bartz und Jäschner (2015) stellten in einem interdisziplinären Ansatz Problemfelder bei Eurofighter-Piloten dar. Neben Mobilitätsdefiziten im Schulter- und Hüftbereich wurden Stabilitätsdefizite im Körperstamm sowie Kraftdefizite im cervikalen Bereich herausgestellt. Mit einem nicht näher beschriebenen funktionellen- und hochintensiven Intervalltraining über etwa zwölf Monate wurden Verbesserungen der Mobilität und Kraftfähigkeit in den cervikalen- und lumbalen Bereichen erzielt (vgl. Kapitel 3.2.1). Panovsky (2010) hingegen beschrieb moderates- bis intensives Krafttraining als zweckmäßig für Eurofighter-Piloten. Weiterhin wurden Trainings der propriozeptiven Kontrolle, der lokalen- und globalen Koordination sowie geringe Anteile Ausdauertraining als zentrale Trainingsinhalte beschrieben (vgl. Kapitel 3.2.1)

Auch die psychischen Anforderungen sind abhängig vom Tätigkeitsbild, welches sich bei diesen beiden Gruppen stark unterscheidet. In vorliegender Arbeit wird die psychische Leistungsfähigkeit als psychische Widerstandsfähigkeit und allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung definiert (vgl. Kapitel 2.3.4). Aus dem Forschungsstand geht hervor, dass die Piloten stärker und öfter psychischen Anforderungen standhalten müssen als Nicht-Piloten (vgl. Kapitel 3.2.2). Carretta et al. (2016) stellten heraus, dass Piloten erhöhte

kognitive Fähigkeiten und kleinere Standardabweichungen im Vergleich zur Normstichprobe aufwiesen. Boyd et al. (2005) kamen zu ähnlichen Ergebnissen und bekräftigten die überdurchschnittliche Intelligenz von Piloten. Dabei wiesen Kampfpiloten eine signifikant höhere Intelligenz vor als Piloten von Tankerflugzeugen. Während Caretta et al. (2016) keine Unterschiede hinsichtlich Persönlichkeitsmerkmalen zwischen Piloten und der Normalbevölkerung herausstellten, beschrieben Boyd et al. (2005) Kampfpiloten als zielstrebige, willensstarke und erfolgreiche Personen mit einer Tendenz zum Narzissmus.

Li und Harris (2008) beschäftigten sich mit der „Aeronautical Decision Making“ Fähigkeit von Piloten. Durch ein Trainingsprogramm zur Entscheidungsfindung konnte das Risikomanagement signifikant verbessert werden. Beim Vergleich von Effekten kognitiver Anpassungstrainings auf die Flugleistung und das Stressmanagement konnten Fornette et al. (2012) keine signifikante Verbesserung der Flugleistung feststellen (vgl. Kapitel 3.2.2).

Da die zu untersuchenden Eurofighter-Piloten wie zuvor beschrieben bereits seit mehreren Jahren Zugang zu Interventionen im Rahmen von HPE haben und somit ein erhöhtes Leistungsniveau vorliegen könnte, würde sich eine weitere Steigerung unter Umständen abgeflacht äußern. Die Ergebnisse der relevanten Interventionsstudien können die Wirksamkeit von Interventionsprogrammen im psycho-physischen Kontext nicht abschließend klären. Dennoch deutet sich aus diesen Erkenntnissen eine Tendenz zur Wirksamkeit von Interventionsprogrammen im fliegerischen Kontext an, weshalb die Arbeitshypothese wie folgt lautet:

H2: Die physische und psychische Leistungsfähigkeit erhöht sich im Untersuchungsverlauf in Abhängigkeit eines Treatments (Interventionsprogramm HPE) bei Kampfpiloten stärker als bei Nicht-Piloten.

Innerhalb des HPE-Programms ist keine psychische Intervention vorgesehen. Lediglich Gespräche mit einem assignierten Flugpsychologen können quartalsweise auf freiwilliger Basis in Anspruch genommen werden (vgl. Kapitel 2.4.2).

Die dritte Fragestellung beschäftigt sich demnach mit etwaigen Interdependenzen zwischen psychischer und physischer Leistungsfähigkeit.

F3: Inwieweit korrelieren physische und psychische Leistungsparameter?

Hackfort (2014) beschäftigte sich mit einer ähnlichen Fragestellung und stellte in seinen Untersuchungen heraus, dass die Ausdauerleistungsfähigkeit mit der psychischen Belastbarkeit korreliert (vgl. Kapitel 3.2.1). Personen mit hoher Ausdauerleistung wiesen dabei eine höhere psychische Belastbarkeit auf. Weiterhin wurde beschrieben, dass sich psychisch belastbare Personen selbst als allgemein selbstwirksamer einschätzen als weniger psychisch belastbare Personen. Aus den Erkenntnissen des Forschungsstandes ergibt sich folgende Arbeitshypothese:

H3: Die physischen Leistungsparameter korrelieren mit den psychischen Leistungs-parametern.?

Eine weitere Fragestellung der vorliegenden Arbeit beschäftigt sich mit dem Einfluss verschiedener Variablen auf die verletzungsbedingte Flugausfallzeit. Der wirtschaftliche Schaden des Ausfalls einer Flugstunde beläuft sich auf 30.000 Euro für das Bundesministerium der Verteidigung (vgl. Kapitel 5.4.3.4). Der Stellenwert dieser Fragestellung ist denkbar hoch.

F4: Welche Faktoren beeinflussen die verletzungsbedingten Flugausfallzeiten?

Es gibt zahlreiche Untersuchungen, welche sich mit Trainingshäufigkeit bzw. –zeit und fluginduzierten Nackenschmerzen beschäftigen. Nagai et al. (2014) berichteten von einer signifikanten Risikoreduktion fluginduzierter Nackenschmerzen bei Piloten, welche wöchentlich mehr als eine Stunde Krafttraining absolvierten.

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Tucker et al. (2012), welche von einem signifikanten Zusammenhang zwischen auftretenden Nackenschmerzen nach dem Flug und der Häufigkeit an durchgeführten Nackentrainings berichteten. Wagstaff et al. (2012) stellten einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen Trainingshäufigkeit bzw. –zeit und fluginduzierter Nackenschmerzen heraus.

Die Mehrzahl der Studien, welche fluginduzierte Nackenschmerzen untersuchten, beschäftigten sich ausschließlich mit dem Auftreten von Nackenschmerzen und nicht mit den daraus resultierenden Konsequenzen. Lediglich die Untersuchungen von Hämäläinen et al. (1998) beinhalteten diese Konsequenzen in Form von Flugausfallzeiten aufgrund von Nackenschmerzen und ärztlich angeordneter G_z-Beschränkungen. Bei einem Vergleich zwischen unterschiedlichen Flugzeugmustern stellten Grossman et al. (2012) heraus, dass Helikopter- und vor allem Kampfjetpiloten an mehr und intensiveren Beschwerden im cervikalen Bereich leiden als Transportflugzeugführer. Zu beachten gilt, dass Verde et al. (2015) von einer sehr niedrigen Betroffenheitsrate von Nackenschmerzen bei Eurofighter-Piloten im Vergleich zu F-16 Piloten berichteten. Signifikant mehr F-16 Piloten (47 %) litten in dem betrachteten Zeitraum an Nackenschmerzen als Eurofighter-Piloten (6 %). Weiterhin bleibt anzumerken, dass diese betroffenen sechs Prozent der Eurofighter-Piloten früher F-16 Piloten waren.

Mit Analysen von Kopfpositionen bei Piloten während realer Luftkampfübungen stellten Green und Brown (2004) heraus, dass sich der Kopf in 67 Prozent der Zeit außerhalb der Neutralstellung befand. Die cervikale Muskulatur ist stets damit beschäftigt, den Kopf entgegen der wirkenden G_z-Belastungen in einer aufrechten Position zu halten. Extensions- und Rotations-Extensions Bewegungen im cervikalen Bereich waren dabei die häufigsten Bewegungen. Im Cervikalen Musculus Erector Spinae, sowie im Musculus Sternocleidomastoideus wurden den G_z-Belastungen 40 bis 80 Prozent der MVC entgegengebracht. Oksa et al. (1996) erfassten die Belastungen der Muskulatur während realer Luftkampfübungen und stellten dabei einen hohen, statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen G_z-Level und Muskelaktivität heraus.

Hämäläinen und Vanharanta (1992) kamen zu ähnlichen Ergebnissen und berichteten bei mittleren Belastungen von +4 G_z bei Extensionsbewegungen im cervikalen Bereich von 56 Prozent MVC, bei Rotationsbewegungen von 80 Prozent MVC. Die höchste Belastung auf die cervikale Rückenmuskulatur lag bei einer rotierten Kopfposition bei gleichzeitiger Extension, dem sogenannten „Check-Six“ Blick vor.

Dieser rasche Übergang von belastungsarmen, linearen Bewegungen zu extrem engen und damit höchst belastenden Radienflüge bei Luftkämpfen wird von Panovsky (2010) als wesentlichen Anforderungen an die Belastungskompetenz des Piloten beschrieben. Aus den Erkenntnissen des Forschungsstandes leitet sich folgende Arbeitshypothese ab:

H4: Die Faktoren cervikale Maximalkraft und Trainings-Therapiehäufigkeit HPE haben einen positiven Einfluss auf die verletzungsbedingten Flugausfallzeiten und stellen Prädiktoren dieser dar.

5 EMPIRISCH-METHODISCHER ANSATZ

Im folgenden Kapitel wird das methodische Vorgehen erläutert. Nachdem das psycho-physische Belastbarkeitskonzept erläutert wurde folgt die Darstellung des quasi-experimentellen Untersuchungsdesigns. Nachdem Begrifflichkeiten im Zusammenhang mit Analysen geklärt wurden, werden die drei Untersuchungsgruppen mit den unterschiedlichen Interventionen in Hinblick auf Personal, Ausstattung und Infrastruktur gegenübergestellt. Die Untersuchungsverfahren zur Operationalisierung der psycho-physischen Leistungsfähigkeit werden dargestellt und erläutert. Weiterhin werden zusätzliche Verfahren betrachtet, die ausschließlich bei Experimentalgruppe 1 angewandt werden.

5.1 Psycho-physisches Belastbarkeitskonzept

Unter Belastbarkeit verstehen Schnabel, Harre und Krug (2008, S. 243) die Fähigkeit des Organismus und des psychischen Funktionssystems, Beanspruchungen ohne Störung der Gesundheit zu tolerieren. Um die Konstrukte in Verbindung stellen zu können um somit die Abhängigkeiten zu verdeutlichen, wurden die Komponenten in einem Belastbarkeitskonzept systematisch dargestellt. Die physische Leistungsfähigkeit setzt sich aus sechs Konstrukten zusammen, welche durch objektive Leistungstests erhoben werden. Die psychische Leistungsfähigkeit wird durch die Konstrukte gebildet, welche durch subjektive Einschätzungen der Probanden entstehen. Maximalkraft, Kraftausdauer, Ausdauer, Koordination, Bewegungsmuster und Basis-Fitness stehen folglich als objektive Leistungsparameter den Konstrukten Resilienz und Selbstwirksamkeit als subjektive Leistungsparameter gegenüber (vgl. Abbildung 11). Nachfolgende Abbildung stellt die Auswahl der für die vorliegende Arbeit relevanten Konstrukte des psycho-physischen Belastbarkeitskonzepts mit möglichen Wechselwirkungen dar. Die Konstrukte bilden die Inhalte der jährlichen Grunduntersuchung von Eurofighter-Piloten ab und werden im Verlauf dieses Kapitels näher erläutert (vgl. Kapitel 5.4.3, 2.4.2). Die objektive physische Leistungsfähigkeit wird durch Maximalkraft, Kraftausdauer, Ausdauer, Koordination, Bewegungsmuster und Basis-Fitness abgebildet. Die subjektive psychische Leistungsfähigkeit wird durch Resilienz und Selbstwirksamkeitserwartung dargestellt.

Die Pfeile zwischen physischer und psychischer Leistungsfähigkeit stellen potenzielle Wechselwirkungen dar, welche im Verlauf der Studie näher untersucht werden sollen (vgl. Kapitel 6.6).

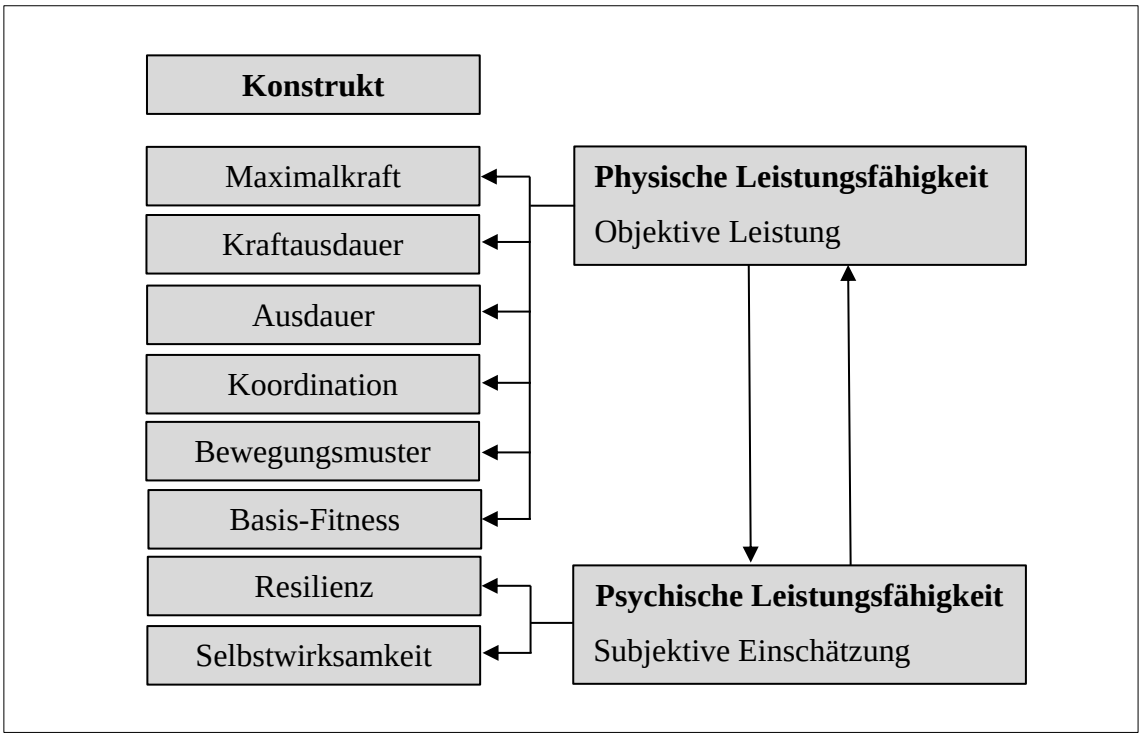


Abbildung 11: Auswahl der Konstrukte des psycho-physischen Belastbarkeitskonzepts.

5.2 Untersuchungsdesign

Aufgrund der aufgeführten Fragestellungen und Arbeitshypothesen (vgl. Kapitel 4) ist ein experimentelles Design anzuwenden. Da die Kontrollgruppen erst im Nachhinein definiert wurden, handelt es sich um ein quasi-experimentelles Design mit einem Vor-, Zwischen- und Nach-Test. Verschiedenste Variablen werden bei drei Untersuchungsgruppen (Eurofighter-Piloten, Tornado-Piloten und Soldaten, die nicht aktiv am Flugdienst beteiligt sind) betrachtet. Die Dauer zwischen zwei Testzeitpunkten leitet sich aus den Erkenntnissen bestehender Forschung (vgl. Kapitel 3) ab und beträgt grob sechs Monate. Experimentalgruppe (EG) 1 (Eurofighter-Piloten), EG 2 (Tornado-Piloten) und Kontrollgruppe (KG) (Soldaten) zu je 25 Teilnehmern werden an drei Testzeitpunkten binnen eines Jahres auf ihre psycho-physische Leistungsfähigkeit getestet (vgl. Kapitel 5.4.1;

5.4.2), wobei die EG 1 umfangreichere Testverfahren in Form einer „Grunduntersuchung“ als die anderen Gruppen durchlaufen (vgl. Kapitel 5.4.3). Das „intensive Treatment“ der EG 1 (vgl. Kapitel 5.3.3) beinhaltet drei Phasen, welche aufgrund der körperlichen Leistungsfähigkeit individuell angepasst werden (vgl. Kapitel 2.4.2). Das Treatment umfasst sowohl sportwissenschaftliche- als auch physiotherapeutische Interventionen mit geeigneter Ausstattung und Infrastruktur (vgl. Kapitel 5.3.1). Das „extensive Treatment“ der EG 2 umfasst ungerichtete Gruppen-Fitness-Trainings nach dem Zirkel- und HIIT-Prinzip und physiotherapeutische Intervention. Diese Versuchsgruppe verfügt über mangelnde Ausstattung sowie Infrastruktur. Die KG erfährt kein Treatment und absolviert eigenverantwortlich den in der Vorschrift geforderten Dienstsport ohne fachliche Aufsicht (vgl. Kapitel 5.3.2)

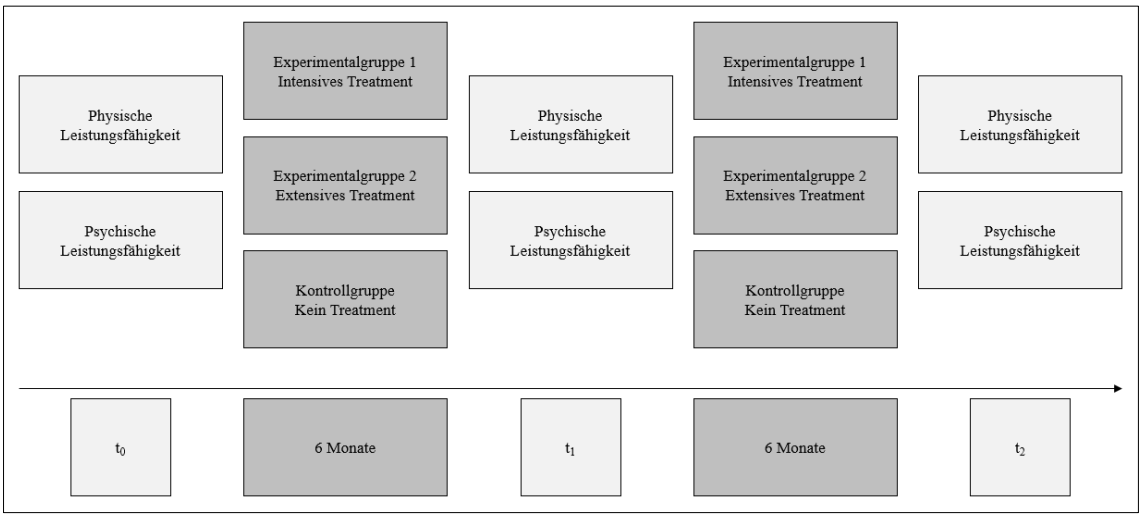


Abbildung 12: Untersuchungsdesign.

Das Untersuchungsdesign musste aufgrund mangelnder Zusammenarbeit seitens TaktLwG 33 angepasst werden. Die Experimentalgruppe 2 fällt damit vollständig aus der Datenerhebung raus. Die Betrachtung dieser Personengruppe wäre hinsichtlich den Trainingseffekten extensiver Interventionen unter mangelnder Trainingsausstattung sehr aufschlussreich gewesen. Die Gruppe der Tornadopiloten hätte die Lücke zwischen intensiver Intervention (EG 1) und keiner Intervention (KG) geschlossen. Trotz größtmöglichem Einsatz des Untersuchungsteams sowie der Führung des TaktLwG 31 „B“ konnte die Datenerhebung der EG 2 nicht realisiert werden. Im weiteren Verlauf dieses Kapitels wird somit auf Darstellung der EG 2 verzichtet.

Die Auftragslage der Geschwader und vor allem die der Eurofighter-Piloten nahm im Rahmen der Vorbereitung auf die deutsche Gestellung der NATO Response Force immens zu. Vor diesem Hintergrund konnte der mittlere der drei Testzeitpunkte für die EG 1 nicht realisiert werden. Dementsprechend war es unumgänglich, eine Designanpassung der Untersuchung für die EG 1 vorzunehmen (vgl. Abbildung 13). Trotz des Umstandes, dass die KG alle drei Testzeitpunkte absolvierte, werden im weiteren Verlauf nur die Untersuchungszeitpunkte berücksichtigt, die von beiden Gruppen (EG: N = 18; KG: N = 23) durchgeführt wurden (t_0 und t_2).

In Hinblick auf die Fragestellungen (vgl. Kapitel 4) der vorliegender Arbeit werden nachfolgend die Variablen dargestellt (vgl. Tabelle 22). Im Mittelpunkt der Untersuchung steht dabei die Frage nach der Wirksamkeit von HPE. Dabei soll zunächst untersucht werden, ob sich die EG 1 hinsichtlich psycho-physischer Leistungsfähigkeit von den anderen Untersuchungsgruppen unterscheidet.

Tabelle 22: Variablen der Gesamtstichprobe.

Unabhängige Variable	Abhängige Variablen
Betreuungsform (HPE/kein HPE)	Sportliche Aktivität
	Koordination
	Gleichgewicht
	Funktionelle Bewegungsmuster
	Kraftausdauer-Rumpf
	Kraft
	Schnelligkeit
	Ausdauer

Durch die umfangreicheren Testverfahren der EG 1 (vgl. Tabelle 24) können zudem weitreichende flugdienstbezogene Fragestellungen geklärt werden, welche sich im Schwerpunkt mit fluginduzierten Nackenschmerzen, Flugausfallzeiten, sowie Trainingsform und Trainingshäufigkeit beschäftigen.

Analysen können zu unterschiedlichen Zeitpunkten in Projekten verschiedene Zielsetzungen verfolgen. Richtet sich die Analyse auf die Phase der Programmentwicklung, einschließlich ihrer Konzeptualisierung und Planung oder leistet einen Beitrag zur Erstellung des Programmdesigns, spricht man von „Ex-Ante-“, „Input-“ oder „Preformative Analysis“. Während der Implementationsphase können Analysen den Zweck frühzeitiger Korrekturen des Programmdesigns verfolgen (On-Going-, Formative Analysis). Nach Abschluss der Implementationsphase können „Ex-Post Analysis“ Effekte untersuchen, welche durch das Programm ausgelöst wurden und sich anschließend mit Fragen der Kausalität befassen (vgl. Stockmann, 2007).

Analysen können zudem zwei unterschiedliche Arten von Designs als Grundlage haben. „Experimentelle Designs“ zeichnen sich durch die Kontrolle von möglichen Störfaktoren mittels geeigneter Rahmenbedingungen und Randomisierungen aus. Bei „quasi-experimentellen Designs“ werden Kontrollgruppen erst im Nachhinein durch den Forscher bestimmt, wobei die dafür verwendeten Kriterien selbst zu Störeinflüssen und Ergebnisverzerrungen führen können. In dem Fall würde es sich anbieten, mehrere Vergleichsgruppen zu bilden (vgl. Wottawa & Thierau-Brunner, 2003; Stockmann, 2007). Die nachfolgende Tabelle beschreibt die Gestaltungsaspekte und deren Analyseparamter (nach Wottawa & Thierau-Brunner, 2003, S. 55).

Tabelle 23: Gestaltungsaspekte der vorliegenden Analyse.

Gestaltungsaspekt	Evaluationsparameter
Ziel	Untersuchung der Effektivität leistungssteigernder Verfahren
Bereich	Leistungsförderung im militärischen fliegerischen Dienst
Objekt	Gesundheitsfürsorgeprogramm im Rahmen von HPE
Ort	Feldevaluation mit Laboranteilen
Modell	Summativ
Nutzung	Offen im Rahmen der Geheimhaltung
Zeitperspektive	Output, Entwicklungsorientiert
Art	Ex-Post
Design	Quasi-experimentell
Zeitraum	Ein Jahr

Das Analyseziel der vorliegenden Arbeit liegt in der Untersuchung eines Programms zur Förderung der Leistungsfähigkeit von Eurofighter-Piloten. Diese soll mittels quasi-experimenteller, ex-post Analyse über einen Zeitraum von einem Jahr untersucht werden. Beim Analyseobjekt handelt es sich um ein Gesundheitsfürsorgeprogramm im Rahmen von HPE (vgl. Kapitel 2.4.2). Das summative Modell ist entwicklungsorientiert und unterliegt der Klassifizierung „Verschlusssache – Nur für den Dienstgebrauch“.

5.3 Untersuchungsteilnehmer

Die Umsetzung und Implementierung des HPE-Konzeptes hinsichtlich Material, Infrastruktur und Personal wurde in den fliegenden Geschwadern der Bundeswehr nicht zentral gesteuert und ist dementsprechend unterschiedlich weit fortgeschritten. Das Eurofighter-Geschwader TaktLwG 31 „B“ kann diesbezüglich als Best Practice Modell angesehen werden. Um die Wirksamkeit der angewandten Verfahren zu prüfen, bedarf es einer Kontrollgruppe, welche keinen Zugang zu HPE hat. Diese Kontrollgruppe wird durch aktive Soldaten des TaktLwG 31 „B“ dargestellt, welche im Schwerpunkt Angehörige der technischen Gruppe sind und dort Wartungsarbeiten am Eurofighter oder Büroarbeiten durchführen (vgl. Kapitel 5.3.2). Die Frage nach der Effektivität der angewandten Verfahren kann nur beantwortet werden, indem ein anderes Geschwader mit einem anderen HPE-Programm in die Untersuchung miteinbezogen wird. Um möglichst gleiche Voraussetzungen hinsichtlich Probanden zu schaffen, sollte es sich bei diesem anderen Geschwader auch um ein Kampfjetgeschwader handeln. Das TaktLwG 33 in Büchel bietet für einen etwaigen Beweis der Effizienz des HPE-Programms ideale Voraussetzungen. Das Tornado-Geschwader TaktLwG 33 verfügt über weniger Material, ungünstigere Infrastruktur und weniger Personal als die Experimentalgruppe der Eurofighter-Piloten.

Nachfolgend werden die Untersuchungsgruppen hinsichtlich verschiedener Faktoren dargestellt und erläutert. Neben der Gruppengröße sollen vorherrschende infrastrukturelle- und materielle Gegebenheiten, sowie etwaiges Betreuungspersonal näher betrachtet werden.

5.3.1 Experimentalgruppe

Die EG besteht aus 18 aktiven Eurofighter-Piloten des TaktLwG 31 „B“, die Zugang zu umfassenden Interventionsmaßnahmen haben. Das Betreuungspersonal umfasst Fliegerärzte, Sportwissenschaftler, Physiotherapeuten und Flugpsychologen, welches im nachfolgenden Abschnitt näher erläutert wird. Dieses Geschwader bietet ein hohes Maß an trainingswissenschaftlicher und medizinischer Ausstattung, sodass umfangreiche diagnostische Verfahren und Interventionen durchgeführt werden können.

Im nachfolgenden Abschnitt werden die infrastrukturellen- und materiellen Voraussetzungen näher beschrieben sowie die Zusammensetzung des Betreuungspersonals erläutert. Letzteres ist für die Berechnung des Betreuungsschlüssels und die Frage nach der Effizienz unumgänglich.

Das betreuende Personal der Piloten besteht in fliegenden Verbänden der Bundeswehr im Allgemeinen aus Fliegerärzten, Flugpsychologen, Sportwissenschaftlern und Physiotherapeuten. Die Anzahl der einzelnen Dienstposten kann jedoch abhängig von Flugzeugmuster und Anzahl der zu betreuenden Piloten variieren. Im TaktLwG 31 „B“ werden die 36 Eurofighter-Piloten von drei Fliegerärzten (1. Fliegerarzt Facharzt für Allgemeinmedizin mit Zusatzbezeichnung Sportmedizin und Tauchmedizin; 2. Fliegerarzt, Assistenzarzt in Weiterbildung zum Facharzt für Innere Medizin; 3. Fliegerarzt, Assistenzarzt in Weiterbildung zum Facharzt für Allgemeinmedizin), einem assignierten Flugpsychologen, einem Sportwissenschaftler und zwei Physiotherapeuten betreut. Indem die Anzahl der Piloten mit der Anzahl des betreuenden Personals in Verhältnis gesetzt wird, kann ein Betreuungsschlüssel berechnet werden. Dieser beschreibt das Verhältnis, für wie viele Piloten ein Betreuer fiktiv zuständig ist. Bei vollzähliger Anwesenheit des Betreuungsteams (7) liegt ein Betreuungsschlüssel von 5,14 vor, d. h. im Schnitt werden circa fünf Piloten von einem Betreuer begleitet. Da es sich bei dem Flugpsychologen um einen Assignierten handelt, ist dieser nicht Vollzeit vor Ort, sondern besucht das Geschwader einmal pro Quartal für wenige Tage. Durch Einsätze in Verbindung mit deren Vor- und Nachbereitung, sowie durch Lehrgänge und Weiterbildungen wird zudem ständig betreuendes Personal gebunden und steht somit nicht zur Verfügung. Erfahrungswerte der vergangenen Jahre beschreiben aus diesen Gründen ein Team von effektiv vier Personen und damit einen Betreuungsschlüssel von 8.

Hinsichtlich den infrastrukturellen Gegebenheiten werden neben der Beschreibung von vorhandenen Trainings- und Behandlungsräumen auch die räumliche Distanz zwischen Arbeitsplatz und Trainingsbereich berücksichtigt. Neben der Sporthalle, dem Kraftraum und der Schwimmhalle, die für jeden Soldaten des Geschwaders zugänglich sind, haben die Eurofighter-Piloten ein Sondernutzungsrecht in weiteren sportmedizinischen Räumlichkeiten. An dieser Stelle sei zunächst ein sportmedizinischer Trainingsraum (ca. 150 qm) mit angrenzendem Behandlungsraum der Physiotherapie (ca. 20 qm) zu nennen. Sportwissenschaftler und Physiotherapeuten halten sich in einem Büro neben dem sportmedizinischen Trainingsraum auf, sodass ständig Ansprechpartner vor Ort zur Verfügung stehen. Dieser Raumkomplex befindet sich im Erdgeschoss des Staffelgebäudes, in dem die Piloten ihren Tagesdienst verrichten. Die Fliegerärzte befinden sich mit drei Behandlungszimmern in einem eigenen Gebäude unweit vom Staffelgebäude.

Durch eine Informationsveranstaltung wurden die Kampfpiloten der ansässigen Staffeln über das Forschungsvorhaben informiert. Die Staffelführung stellte ihm Rahmen freier Kapazitäten die Untersuchungsteilnehmer zur Verfügung. Die Einschlusskriterien waren die uneingeschränkte sportliche Belastbarkeit und dass keine Versetzung innerhalb des Untersuchungszeitraums anstand.

5.3.2 Kontrollgruppe

Die KG besteht aus 23 aktiven Soldaten des TaktLwG 31 “B“, die keinen Zugang zu HPE haben. Sie verfügen weder über Betreuungspersonal, noch über professionelle trainingswissenschaftliche und medizinische Ausstattung. An sportlicher Aktivität absolvieren sie lediglich die in der Vorschrift geforderten 180 Minuten pro Woche (vgl. BMVg Kdo SKB, 2018, S. 12) in Form von Dienstsport, nehmen unregelmäßig an unsystematischen Sporteinheiten teil oder trainieren selbstständig.

Die Betreuung der Soldaten des TaktLwG 31 “B“ beschränkt sich auf den zuständigen Disziplinarvorgesetzten in Verbindung mit einem Teileinheitsführer. Diese sollen dem Soldaten die in der zentralen Dienstvorschrift geforderten drei Wochenstunden an Sport während der Dienstzeit ermöglichen (vgl. BMVg Kdo SKB, 2018, S. 12).

Im Krankheitsfall ist ein Truppenarzt des Sanitätsversorgungszentrum Kerpen zuständig. Im Soldatengesetz sind die Pflichten des Vorgesetzten niedergeschrieben. „[…] er hat für seine Untergebenen zu sorgen“ (vgl. BMVg R I 1, 2011, S. 13). Die Vorgesetzten

haben gegenüber untergebenen Soldaten folglich eine Fürsorgepflicht, welche jedoch nicht als Betreuung interpretiert werden kann.

Durch Informationsveranstaltungen in den drei Gruppen des Geschwaders (Technik, Flugbetrieb, Stab) wurden die jeweiligen Kommandeure über das Forschungsvorhaben informiert und gebeten, freiwillige Soldaten und Soldatinnen zur Teilnahme zu identifizieren. Die Meldungen wurden von den Gruppenführungen gesammelt und an den Versuchsleiter gemeldet. Die Einschlusskriterien waren die uneingeschränkte sportliche Belastbarkeit, keine geplante Versetzung innerhalb des Untersuchungszeitraums und dass sie über keinen Zugang zu HPE verfügen.

5.3.3 Treatment

Die jährliche Grunduntersuchung (vgl. Kapitel 5.4.3) der Piloten wird sowohl zur Bestimmung des Ist-Zustandes als auch zur Kontrolle der Trainingserfolge in den nachfolgenden Jahren herangezogen. Die grundlegende Vorgehensweise des Betreuungspersonals bei der Trainingssteuerung soll sich an einem dreistufigen Aufbau orientieren (vgl. Kapitel 2.4.2). Auf Grundlage der erhobenen Befunde der Grunduntersuchung wird ein Therapie- und Trainingsplan festgelegt und Trainingsziele definiert. Es folgt die „Reset-Phase“ (Treatment 1, vgl. Abbildung 13) durch den Physiotherapeuten, bei welcher der Ausgleich von Dysbalancen und Bewegungseinschränkungen im Vordergrund stehen um einen funktionellen Grundzustandes des Piloten herzustellen. Dieser Zustand wird anschließend durch den Physiotherapeuten als auch durch den Sportwissenschaftler in der „Konsolidierungsphase“ gesichert. In der Phase der „Leistungssteigerung und Beständigkeit“ (Treatment 2, vgl. Abbildung 13) wird durch den Sportwissenschaftler die individuelle Leistungsfähigkeit durch Training der konditionellen Fähigkeiten gesteigert. Ziel dieser Phase ist zudem, das Trainings- und Gesundheitsbewusstsein des Piloten nachhaltig zu verändern.

Dieser chronologische Ablauf, von der Anamnese der neuen Piloten über die Eingangsuntersuchung bis hin zu den drei Trainingsphase wäre sehr wünschenswert, ist jedoch erfahrungsgemäß durch verschiedenste Gründe nicht in Gänze realisierbar (vgl. Kapitel 5.2). Ein Training, wie es in der Realität durchgeführt wird gestaltet sich daher etwas anders (vgl. Kapitel 2.4.2). Nachdem sich ein Pilot zum Training angemeldet hat, tau-

schen sich Sportwissenschaftler und Physiotherapeuten hinsichtlich Trainings- und Therapieform aus. Zusätzlich zu den Protokollen der vergangenen Interventionsmaßnahmen werden die Ergebnisse der Grunduntersuchung herangezogen, um einen möglichst zielgerichteten Ansatz zu wählen. Die Therapieeinheiten zielen auf die Beseitigung von Bewegungseinschränkungen und Verspannungen ab. Die Trainingseinheiten stärken mittels funktionellen Übungen den Funktionszustand des Körpers und gleichen Dysbalancen aus. Eine Trainingseinheit besteht üblicherweise aus einer zehn minütigen Warm-Up-Phase, gefolgt von zehn Minuten Koordinationsübungen oder Bewegungskorrigierenden Maßnahmen. Je nach Trainingstag und Funktionszustand liegt dann der Schwerpunkt in funktionellen Kräftigungsübungen oder der Kraftsteigerung durch flugmedizinisches Gerätetraining mit einem Umfang von 30 bis 45 Minuten.

Die Darstellung der Raumausstattung soll weniger eine Aufzählung aller Geräte und Materialien sein, die in ihrer Gesamtheit zur Verfügung stehen, sondern vielmehr einen Überblick der wichtigsten Diagnostik- und Trainingsgeräte geben. Nachfolgende Ausführungen beziehen sich auf der infrastrukturellen- und materiellen Voraussetzungen der EG. Der Diagnostikgeräte-Satz der Firma Schnell (Modell DiagnosMed) besteht aus sechs Großgeräten, an denen isometrische Maximalkraft- und Kraftausdauertests durchgeführt werden. Neben der Diagnostik bieten diese Geräte auch Möglichkeiten zum dynamischen- und statischen Training. Die beiden übrigen Geräte werden aufgrund der niedrigen Bewertung in Bezug auf das Anforderungsprofil nicht genutzt (vgl. Kapitel 2.5.1). Dieser Gerätesatz wurde im Jahr 2011 in allen Eurofighter-Geschwadern eingeführt. Ein weiteres Diagnostikgerät stellt die mobile Spiroergometrie der Firma Cortex (MetaMax 3B) dar, mit welcher die aerobe- und anaerobe Ausdauerleistungsfähigkeit operationalisiert werden kann. Zum Training der Ausdauerleistungsfähigkeit stehen zwei Fahrradergometer (Schnell Emotion Fitness, Motion 500), ein Crosstrainer (Schnell Emotion Fitness, Motion 500) und eine Rudermaschine (Schnell, Concept II) zur Verfügung. Eine Boulder- und Therapiewand mit einer Größe von 19 qm steht zur Schulung der Hand-Auge-Fuß Koordination sowie zu therapeutischen Klettereinheiten zur Verfügung. Kleingeräte und Trainingsmaterialien beschränken sich auf Matten, Kurz- und Langhanteln, Schlingentrainer, Klimmzugstangen, Koordinationsboards, Springseile, Medizin- und Pezzibälle sowie elastische Zugbänder.

Da sich die EG und KG am selben Standort befinden, sind die infrastrukturellen- und materiellen Gegebenheiten der allgemein zugänglichen Räumlichkeiten identisch. Die Soldaten der KG haben Zugang zu einer Sporthalle mit angrenzendem Kraftraum sowie zu einer Schwimmhalle mit einer Beckenlänge von 25 Metern. Diese sind im Mittel 400 Meter von der Dienststätte der Soldaten entfernt. Der Truppenarzt befindet sich im 13 Kilometer entfernten Sanitätsversorgungszentrum Kerpen. Die Ausstattung von Sporthallen, Krafträumen und Schwimmhallen ist bundesweit vorgeschrieben und entspricht den Forderungen der Bereichsvorschrift zur Infrastrukturforderung C1-1810/0-6002 (vgl. BMVg BAIUD II 1, 2015) und der zentralen Dienstvorschrift A-1800/113 (vgl. BMVg IUD I 6, 2015). Es gibt keine grundlegende Vorgehensweise, nach denen die Soldaten der KG trainieren oder behandelt werden sollen. Neben den Individuellen Grundfertigkeiten (vgl. BMVg GenInsp, 2013), welche alle Soldaten (auch Piloten) jährlich absolvieren müssen, findet keine weitere Leistungskontrolle statt.

5.4 Untersuchungsverfahren

Die Untersuchungsverfahren werden in physische- und psychische Kategorien unterteilt. Zur Operationalisierung werden die nachfolgend dargestellten Tests bzw. Fragebögen herangezogen (vgl. Kapitel 5.4.1, 5.4.2). Der Untersuchungsumfang der EG geht über den der KG hinaus. Es werden zusätzliche Testverfahren in Form von isometrischen Maximalkraftmessungen, flugspezifischen Kraftausdauermessungen und spiroergometrischen Ausdauermessungen durchgeführt.

Tabelle 24: Zusätzliche Inhalte der Grunduntersuchung.

Parameter	Verfahren
Cervikale/thorakale Maximalkraft	Isometrische Maximalkraftmessung
Cervikale/thorakale Beweglichkeit	Bewegungsumfangsmessung
Flugspezifische Kraftausdauer	Isometrische Kraftausdauermessung
Allgemeine Ausdauer	PWC-170/150 (Spiroergometrie)

Das Interventionsdesign orientiert sich dabei am „Provention“ Programm des TaktLwG 31 „B“ (vgl. Nüsse, 2011; Kapitel 2.4.2), wobei die Parameter Maximalkraft, Schnelligkeit, Resilienz und Selbstwirksamkeit keine aktive Intervention erfahren (vgl. Abbildung

13). „Treatment 1“ beinhaltet Verfahren der Sportphysiotherapie, der Manuellen Therapie als auch der Medizinischen Trainingstherapie. Ziel ist es, einen funktionellen Zustand des Körpers zu erlangen, welcher frei von Dysbalancen oder muskulären Einschränkungen ist. Nüsse (2011, 2015) beschreibt diese Phase als „Reset-Phase“. Der Sportwissenschaftler ist verantwortlich für den nachfolgenden Aufbau, die Periodisierung und Durchführung des Trainings in den folgenden Phasen (Treatment 2) (vgl. 5.3.3). Der Übergang dieser Phasen erfolgt fließend. Die Dauer der einzelnen Phasen ist abhängig vom Funktionszustand des Piloten. Weißt der Pilot beispielsweise eine Vielzahl von körperlichen Einschränkungen auf, verlängert sich das Treatment 1, bis der gewünschte Zustand erreicht ist. Die Dauer der Phasen ist weiterhin abhängig von der Trainings-/Therapiehäufigkeit. Eine Festlegung der pauschalen Phasendauer wäre aus den genannten Gründen somit unzweckmäßig.

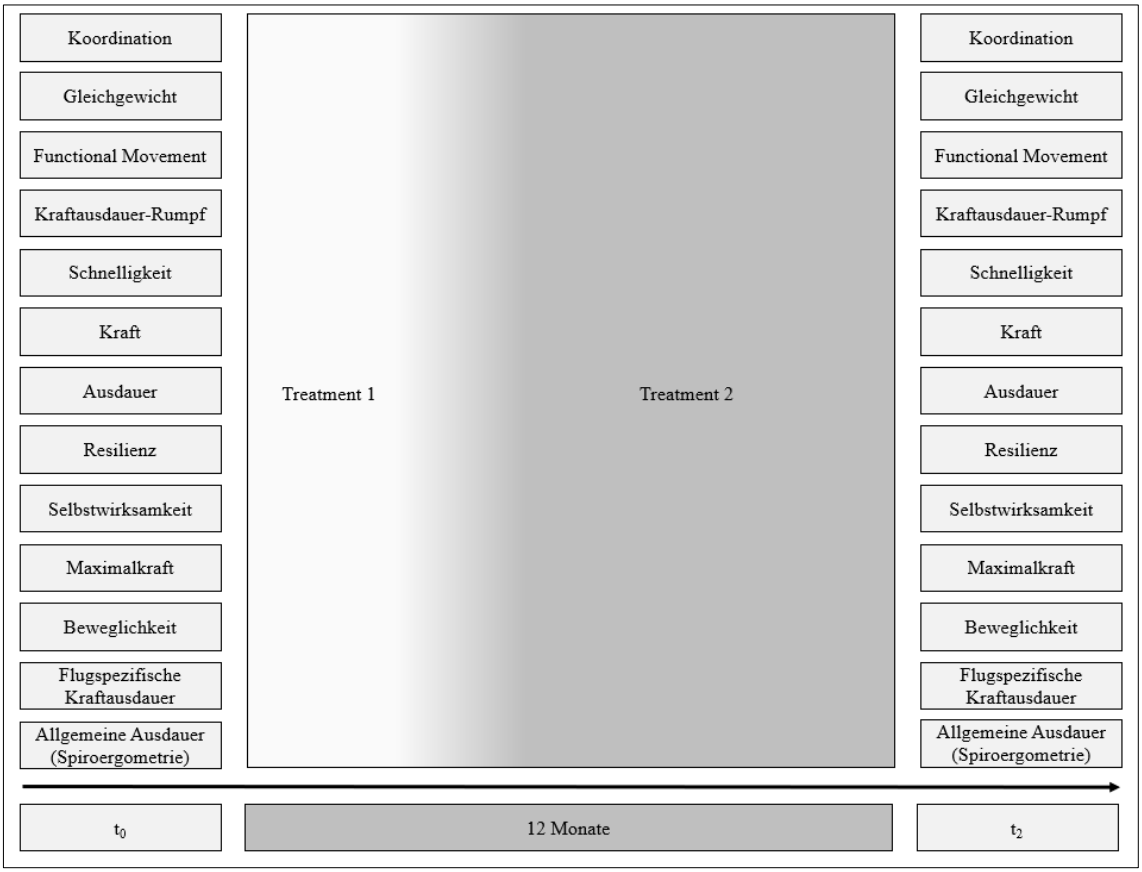


Abbildung 13: Untersuchungsverlauf EG.

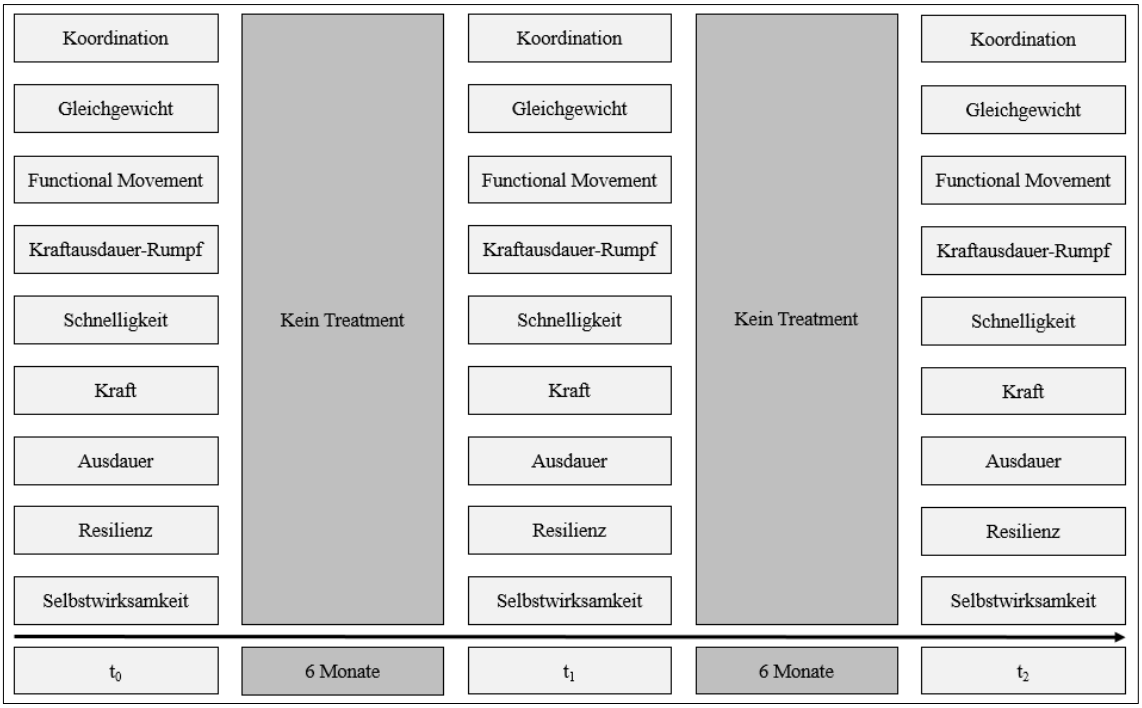


Abbildung 14: Untersuchungsverlauf KG.

5.4.1 Physische Leistungsfähigkeit

In vorliegender Arbeit wird die physische Leistungsfähigkeit durch sieben Verfahren erfasst. Nachdem das Untersuchungsdesign (vgl. Abbildung 12) dargestellt wurde, sollen nun die angewandten Testverfahren zur Erfassung der physischen Leistungsfähigkeit beschrieben und im Hinblick auf ihre Gütekriterien dargestellt werden. Zur Erfassung wurden folgende Verfahren angewandt: Einbeinstand, Koordinationsboard, Functional Movement Screen, Magglinger Test, BFT.

5.4.1.1 Einbeinstand

Mit dem Einbeinstand soll die statische Gleichgewichtsfähigkeit gemessen werden. Die Aufgabe besteht darin, das Gleichgewicht für je 30 Sekunden auf einem Bein zu halten. Der Einbeinstand beinhaltet vier Subtests. Zunächst wird die Gleichgewichtsfähigkeit mit offenen Augen, jeweils für das linke- und rechte Bein, nacheinander getestet. Daraufhin folgt der gleiche Test mit geschlossenen Augen (vgl. Curb, Ceria-Ulep & Rodriguez, 2006; Plisky, Gorman & Butler, 2009). Der Ablauf stellt sich wie folgt dar: linkes Bein, Augen offen; rechtes Bein, Augen offen; linkes Bein, Augen geschlossen; rechtes Bein,

Augen geschlossen. Bewertet wird, ob der Proband das Gleichgewicht volle 30 Sekunden halten kann und den Test somit bestanden hat, oder ob er aufgrund von Gleichgewichtsverlust das Bein zur Stabilisierung absenken musste und so den Test nicht bestanden hat. Die verstrichene Zeit bis zum Gleichgewichtsverlust ist dabei unerheblich, wenn diese unter 30 Sekunden liegt. Der Messwert besteht so aus lediglich zwei Ausprägungen: bestanden oder nicht bestanden.

Abbildung 15: Gleichgewichtstest „Einbeinstand“ (links: Augen geöffnet; rechts: Augen geschlossen).

Die Arme hängen locker seitlich am Körper herunter, müssen dabei jedoch nicht am Oberschenkel anliegen. Der Test wird ohne Schuhe durchgeführt, wobei ein Bein vom Boden abgehoben und circa 90 Grad im Kniewinkel nach hinten gebeugt wird. Sobald diese Position eingenommen wurde, wird die Zeit gestoppt. Durch die unkomplizierte und knappe Instruktion ist die Durchführungsobjektivität gegeben. Aufgrund der geringen Testdauer und der Tatsache, dass kein zusätzliches Material benötigt wird, handelt es sich um einen ökonomischen Test. In Bezug auf Validität und Reliabilität weisen Studien unterschiedliche Ergebnisse auf. Der Gleichgewichtstest wird sowohl als reliabel (vgl. Trojian, Mckeag & Swenson, 2006; Springer, Marin & Cyhan, 2007), moderat reliabel

(vgl. Curb et al., 2006) und nicht reliabel mit signifikanten Unterschieden zwischen Test und Retest beschrieben (vgl. Maribo, Schiøttz-Christensen & Jensen, 2011). Weiterhin besteht keine Korrelation zur Gleichgewichtsmessung auf einer Kraftmessplatte (vgl. Maribo et al., 2011). Der Einbeinstand ist demnach nicht valide.

5.4.1.2 Koordinationsboard

Das sensomotorische Feedbacktrainingsgerät „Challenge Disc“ der Firma MFT wird seit einigen Jahren als diagnostisches Mittel in den Eurofighter Geschwadern der Bundeswehr zur Operationalisierung der Koordinationsfähigkeit angewendet. Es handelt sich dabei um ein Balance Board mit Bewegungssensoren, welches mittels USB Kabel mit einem Laptop und der dazugehörigen Software verbunden ist. Die Bewegungen des Probanden werden durch die Software in Form eines Punktes visualisiert. Das Programm erlaubt eine Diagnostik in fünf Schwierigkeitsstufen. Nachdem die Challenge Discs an die Geschwader ausgeliefert wurden und erste Erfahrungswerte von Sportwissenschaftlern zur Verfügung standen, einigte man sich auf eine querschnittlich Diagnostik in Schwierigkeitsstufe vier. Aufgrund der mittleren bis hohen Komplexität dieser Stufe kann die Koordinationsfähigkeit der Probanden adäquat abgebildet werden (vgl. Chin A Paw, Jacobs, Vaessen, Titze & van Mechelen, 2008; Greier & Raschner, 2010).

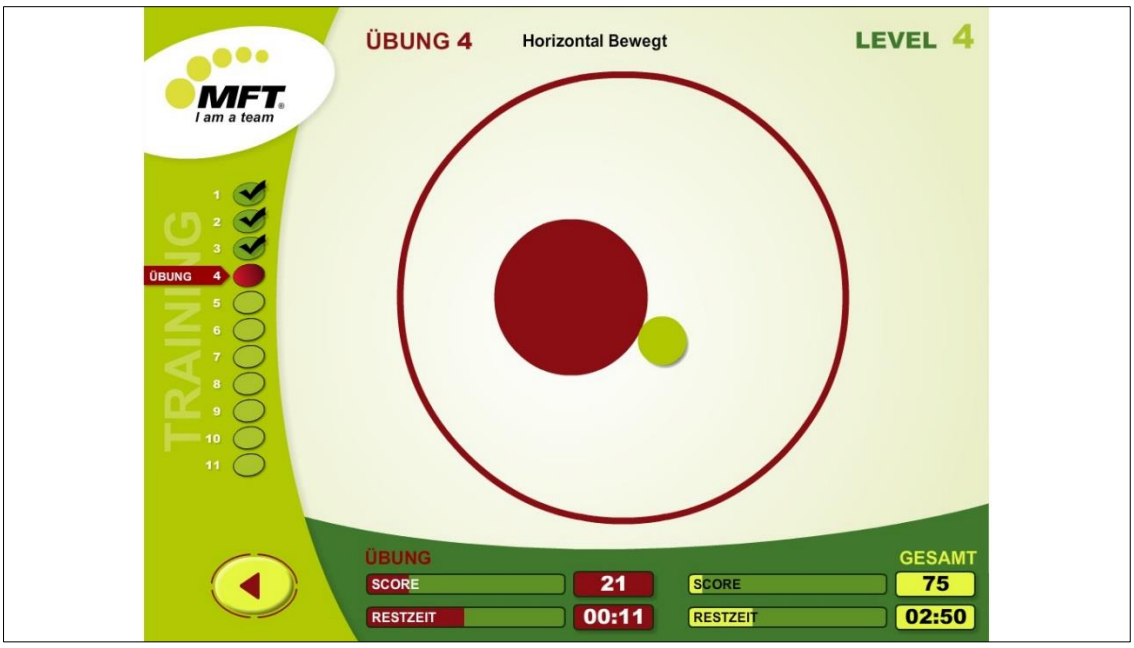


Abbildung 16: Bildschirmvisualisierung der MFT Challenge Disc.

Der Proband stellt sich ohne Schuhe auf das Balance Board und folgt den Anweisungen auf dem Bildschirm. Die Aufgabe besteht darin, einen kleinen Kreis mittels Bewegungen in einem dynamischen, größeren Kreis zu halten (vgl. Abbildung 16). Der Proband erhält unmittelbare, visuelle Rückmeldung auf dem Bildschirm des Laptops und kann somit seine Bewegungen korrigieren und anpassen. Mit der gewählten Schwierigkeitsstufe variieren die Geschwindigkeiten und Richtungsveränderungen des ausgefüllten roten Kreises, dem es zu folgen gilt. Solange sich der kleine grüne Kreis, welchen es aktiv zu steuern gilt, im ausgefüllten roten Kreis befindet, werden Punkte erzielt. Ziel ist dementsprechend eine möglichst hohe Gesamtpunktzahl am Ende des vier-minütigen Tests zu erreichen. Für dieses Testverfahren stehen keine Normwerte zur Verfügung.

Durch den geringen Zeit-, Material- und Personalaufwand ist dieser Test als ökonomisch zu betrachten. Weiterhin ist die Testdurchführung durch Instruktionen der Software unabhängig vom Testleiter und somit objektiv. Validität und Reliabilität können nicht bestätigt werden.

Abbildung 17: Koordinationsboard MFT Challenge Disc (links: Proband bei Testung; rechts: MFT Challenge Disc).

5.4.1.3 Functional Movement Screen FMS (funktionelle Bewegungsmuster)

Beim FMS handelt es sich um ein Testverfahren zur Überprüfung der Beweglichkeit, Stabilität und Koordination (vgl. Cook & Burton, 2010). Mittels einfacher Übungen und der Durchführung von Bewegungsmustern sollen Dysbalancen anhand definierter Bewertungskriterien mithilfe eines Punktesystems festgestellt werden.

Dysbalancen bzw. Assymetrien am Bewegungsapparat des Menschen können dazu führen, dass Beschwerden entstehen (vgl. Schmidtlein, Keller & Kurz, 2013). Wie schnell und wie stark ausgeprägt diese entstehen, hängt von unterschiedlichen Faktoren, wie beispielsweise Trainingszustand, Konstitution oder Kompensationsmöglichkeiten ab. Messungen der Gelenkbeweglichkeit oder isokinetische Kraftmessungen liefern als isolierte Tests vergleichbare und reproduzierbare Daten. Für alltägliche- und sportliche Belastungen sind jedoch komplexe Bewegungsabläufe entscheidend. Ob ein Mensch diese umsetzen kann, lässt sich durch isolierte Tests nur bedingt beurteilen. Weiterhin können Bewegungsabläufe gestört sein, obwohl alle dafür notwendigen Muskeln und Gelenke isoliert betrachtet, problemlos funktionieren.

Der FMS überprüft mit sieben Subtests die grundlegenden Bewegungsmuster, die jeder Profi- und Freizeitsportler beherrschen sollte, um langfristig beschwerdefrei zu werden (vgl. Cook & Burton, 2010). Die Durchführung der sieben Subtests werden mit je einem Punktescore zwischen Null und Drei bewertet. Für jeden Test sind die genauen Ausführungsbedingungen zum Erreichen der unterschiedlichen Punktzahlen definiert. Allgemein lässt sich jedoch zusammenfassen, dass ein Bewegungsmuster mit null bewertet wird, wenn es Schmerzen hervorruft; verliert der Proband das Gleichgewicht oder kann die Bewegung nicht ausführen, wird dies mit eins bewertet; kann er die Bewegung unter leichten Vereinfachungen durchführen, bekommt er zwei Punkte. Die Maximalpunktzahl von drei wird vergeben, wenn der Proband die Bewegung so ausführen kann, dass alle definierten Kriterien als erfüllt gelten. Der zu erreichende Gesamtscore liegt damit zwischen 0 – 21. Die sieben Subtests bestehen aus folgenden Bewegungsmustern: Deep Squat (Tiefe Überkopfkniebeuge) , Hurdle Step (Hürden steigen), Inline Lunge (Ausfallschrittkniebeuge), Shoulder Mobility (Schulterbeweglichkeit), Active Straight Leg Raise (Beinheben in Rückenlage), Trunk Stability Push Up (Rumpfstabilitätsliegestütz), Rotary Stability (Rotationsstabilität im Vierfüßlerstand). Die sieben Subtests werden mit ihren Merkmalen und Ausführungsbedingungen erläutert (vgl. Schmidtlein et al., 2013; Kraus,

Schütz, Taylor & Doyscher, 2014). Zur Veranschaulichung werden die Ausgangs- und Endpositionen der Bewegungsmuster dargestellt.

1. Deep Squat

Getestet wird die bilaterale, symmetrische Mobilität der Hüft-, Knie- und Sprunggelenke sowie die beidseitige Mobilität der Schultergelenke und Brustwirbelsäule. Die Ausgangsposition ist der aufrechte Stand, Füße zeigen parallel nach vorne. Der Proband hält den Stab mit beiden Händen in maximaler Schulterelevation über dem Kopf. Er geht in die tiefe Kniebeuge und hält den Stab mit gestreckten Armen über dem Kopf. In der Endposition befindet sich der Proband in der tiefen Kniebeuge, der Rücken ist gerade, die Fersen sind am Boden, Füße zeigen nach vorne. Die Nasenspitze steht auf gleicher Höhe mit der Kniescheibe, beide Arme sind maximal parallel eleviert während die Wirbelsäule parallel zu den Tibiakanten ist.

Abbildung 18: Functional Movement Screen, Subtest „Deep Squat“.

2. Hurdle Step

Beim „Hürden steigen“ wird primär die bilaterale Mobilität und Stabilität der Hüft-, Knie- und Sprunggelenke getestet, sekundär die Stabilität der Hüftgelenke, des Beckens und des Rumpfes. Ausgangsposition ist der Stand vor dem Testkit. Die zu übersteigende Markierung befindet sich auf Höhe der Tuberositas tibiae. Der Proband hält einen Stab, der auf seinen Schultern aufliegt. Dieser soll dazu dienen, die Armhaltung beim Test zu standardisieren. Weiterhin dient er als Orientierungshilfe für den Testleiter. Nachdem die Markierung mit einem Bein überstiegen wurde tippt die Ferse des Fußes auf den Boden, ohne die Markierung mit dem Fuß oder Bein zu berühren. Dann wird das Bein wieder zurückgeführt. Der Oberkörper bleibt senkrecht, der Stab entsprechend permanent parallel zum Boden. Anschließend wird der gleiche Test mit dem anderen Bein durchgeführt.

Abbildung 19: Functional Movement Screen, Subtest „Hurdle Step“.

3. Inline Lunge

Im Mittelpunkt der Messung stehen die beidseitige Mobilität und Stabilität der gesamten unteren Extremität sowie die laterale Rumpfstabilität. Der Proband steht in der Ausgangsposition auf dem Messbrett, wobei die Füße hintereinanderstehen. Der Abstand der Füße entspricht dem Abstand Boden-Tuberositas tibiae des zuvor durchgeführten Hurdle Steps. Zur Standardisierung sowie zur Orientierung für den Tester hält der Proband den Stab mit einer Hand von oben und der anderen Hand von unten längs der Wirbelsäule. Die Kniegelenke werden gebeugt, der Oberkörper leicht nach vorne geneigt. Der Stab hält stets Kontakt zu Hinterkopf, Brustwirbelsäule und Sakrum. In der Endposition berührt das hintere Kniegelenk die Messplatte, die Wirbelsäule ist gestreckt und leicht nach vorne geneigt. Die drei Körperteile haben Kontakt zum Stab, während die vordere Ferse nicht abhebt. Anschließend wird die Seite gewechselt.

Abbildung 20: Functional Movement Screen, Subtest „Inline Lunge“.

4. Shoulder Mobility

Bei diesem Subtest wir die Möbilität der Schultergelenke, sowie die Extensionsfähigkeit der Brustwirbelsäule. Zu Beginn wird der Abstand zwischen Handgelenkfalte und Spitze des Mittelfingers als Referenzwert gemessen. Der Proband streckt anschließend beide Arme horizontal zur Seite und ballt die Hände zu Fäusten, während die Daumen dabei innen sind. Die Fäuste werden hinter den Rücken geführt. Eine von oben in einer Abduktion-Außenrotation und die andere von unten in einer Adduktion-Innenrotation. Ziel ist die weitmöglichste Annäherung beider Fäuste hinter dem Rücken. Der kürzeste Abstand zwischen beiden Fäusten wird gemessen und mit dem Referenzwert verglichen, um die Punktzahl festzulegen.

Nach der Übung führt der Proband einen Clearing-Test durch. Er legt dazu eine Hand auf die gegenüberliegende Schulter und bewegt dann den gebeugten Ellenbogen jeweils so weit es geht Richtung Bauch und Kopf. Treten dabei Schmerzen auf, wird dieser Test mit null Punkten bewertet und eine ärztliche Untersuchung empfohlen.

Abbildung 21: Functional Movement Screen, Subtest „Shoulder Mobility“.

5. Active Straight Leg Raise

Getestet wird die Mobilität der dorsalen Oberschenkel- und Wadenmuskulatur bzw. der ventralen Oberschenkelmuskulatur der Gegenseite. Der Proband befindet sich in der Ausgangsposition in Rückenlage, die Kniekehlen liegen auf dem Messbrett auf, Handrücken zeigen Richtung Boden. Er hebt ein Bein mit gestrecktem Kniegelenk so weit wie möglich an, während das andere den Kontakt zum Messbrett beibehält. Wenn der Proband das Bein so weit abheben kann, dass das Lot des medialen Malleolus die Mitte des Abstandes Kniegelenkspalt – SIAS des liegenden Beines überschreitet, wird dieser Subtest mit drei Punkten bewertet (vgl. Abbildung; Abbildung 22).

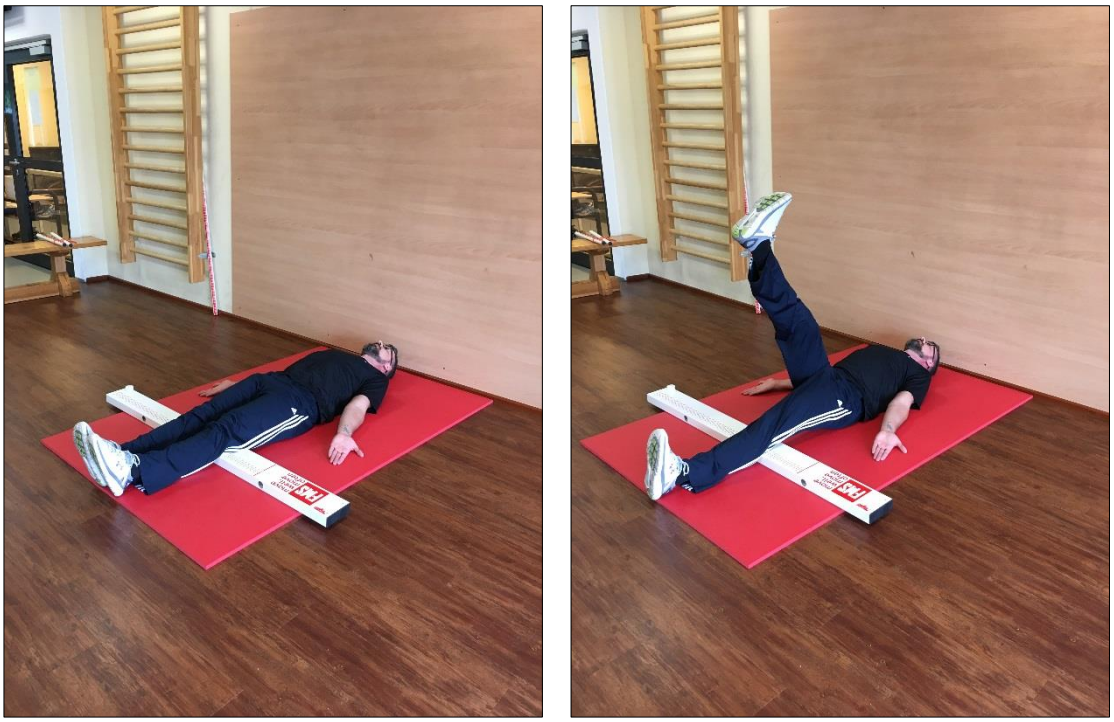


Abbildung 22: Functional Movement Screen, Subtest „Active Straight Leg Raise“.

6. Trunk Stability Push Up

Bei dieser Art von Liegestütz wird die Stabilität des Körperstammes und der Wirbelsäule getestet. Der Proband befindet sich in Bauchlage, die Hände sind aufgestützt. Die Hände werden so positioniert, dass die Daumen bei Männern auf Stirnhöhe und bei Frauen auf Kinnhöhe nach innen zeigen. Ziel ist ein Liegestütz mit gestreckten Ellbogen und stabilem Rumpf. Er drückt sich mit beiden Armen nach oben. Brust und Taille heben gleichzeitig ab während der Oberkörper stabil bleibt. Die Füße schieben nicht nach vorne und die Hände wandern nicht nach hinten. Nach der Übung für der Proband einen Clearing-Test durch. Er stützt sich aus Bauchlage in maximale Extension der Lendenwirbelsäule während das Becken liegen bleibt. Treten dabei Schmerzen auf, wird dieser Test mit null Punkten bewertet und eine ärztliche Untersuchung empfohlen.

Abbildung 23: Functional Movement Screen, Subtest „Trunk Stability Push Up“.

7. Rotary Stability

Gemessen wird die mehrdimensionale Stabilität des Rumpfes. Der Oberkörper hält das Gleichgewicht, während Arme und Beine komplexe Bewegungen ausführen. Ausgangsposition ist der Vierfüßlerstand. Das Messbrett liegt längs unter dem Rumpf, Hände und Kniegelenke berühren dieses jeweils von der Seite. Der Proband streckt Arm und Bein derselben Seite aus, führt dann Knie- und Ellenbogengelenk zusammen und streckt diese danach wieder. Arm und Bein bleiben stets über dem Brett, Hand und Knie halten Kontakt zum Brett. Anschließen wird der Test mit der anderen Seite wiederholt. Nach der Übung führt der Proband einen Clearing-Test durch. Er setzt sich aus dem Vierfüßlerstand zurück auf seine Fersen, flektiert die Lendenwirbelsäule maximal und hält diese Position für einen Augenblick. Treten dabei Schmerzen auf, wird der Test mit null Punkten bewertet und eine ärztliche Untersuchung empfohlen.

Abbildung 24: Functional Movement Screen, Subtest „Rotary Stability“.

Um den FMS durchführen zu können, bedarf es einer gesonderten, zweitägigen Schulung und einem Test Kit bestehend aus Messgerät, Hürde und Messstab. Da es sich um eine standardisierte Schulung mit Abschlusstest handelt, die nur von einer Firma angeboten wird, kann die Durchführungsobjektivität bei geschultem Personal als bedingt gegeben

angesehen werden. Trotz identischer Schulungen kann es in einigen Fällen zu unterschiedlichen Ergebnissen verschiedener Testleiter kommen, da es sich um eine subjektive Bewertung handelt (vgl. Kraus, Doyscher & Schütz, 2015). Die Testdauer beträgt zwischen 15 und 20 Minuten und kann somit als ökonomisch interpretiert werden. Der Functional Movement Screen ist ein objektives und reliables Verfahren, wenn man das gesamte Screeningverfahren und nicht nur einzelne Übungen betrachtet (vgl. Kraus, 2016). Die Validität kann weder im Kontext der Leistungsdiagnostik noch im Kontext des Verletzungsrisikos bestätigt werden (vgl. Kraus et al., 2015).

5.4.1.4 Magglinger-Test

Beim Magglinger-Test handelt es sich um ein standardisiertes Testverfahren zur Überprüfung der Kraftausdauerfähigkeit der Rumpfmuskulatur (vgl. Schaad & Heberlein, 1970; Tschopp, Bourban, Hübner & Marti, 2001; Bourban, Hübner, Tschopp & Marti, 2001). Der Test wird in der gesamten Schweizer Armee angewendet und kann im entfernten Sinne als Pendant zum Basis-Fitness-Test der Bundeswehr angesehen werden. Der Rumpfkrafttest besteht aus drei Subtests, die mit dem Widerstand des eigenen Körpergewichtes eine Kraftausdauerfähigkeit von drei Muskelketten (ventral, dorsal, lateral) erfassen. Eine ungenügend ausgebildete Rumpfmuskulatur kann einen negativen Einfluss auf die sportliche Leistungsfähigkeit haben, wobei der quantitative Einfluss sich je nach Sportart unterscheiden kann (vgl. Bourban et al., 2001).

Das Ziel der nachfolgend beschriebenen Subtests liegt in der möglichst langen Ausführung der Bewegungszyklen bis hin zur lokalen Muskelerschöpfung, wobei die Zeit bis zum Abbruch gemessen wird. Neben der verstrichenen Zeit bis zum Abbruch, werden weiterhin die Lokalisierung der Hauptbelastung im Körper, Besonderheiten wie beispielsweise Abbruch wegen Schmerz und die Höhenmarkierungen der Ausgangsposition dokumentiert. Eine untypische, subjektiv empfundene Lokalisierung der Hauptbelastung eines Tests eröffnet dem Testleiter das schwächste Glied der belasteten Kette. Steht die Lokalisierung der Hauptbelastung in Zusammenhang mit Beschwerden im Alltag, so wird eine ärztliche Untersuchung empfohlen.

Zum Testen der ventralen Rumpfkette nimmt der Proband eine Unterarmstützposition ein, wobei Oberarme vertikal, Unterarme parallel, Daumen nach oben und Beine gestreckt sind. Während der Körper eine Grade bildet, wird die Messlatte auf Höhe Spinae

iliacae posterior superior fexiert. Die Kette wird durch wechselseitiges Abheben der Füße um zwei bis fünf centimeter im Einsekundenrhythmus mit gestreckten Beinen im Unterarmstütz getestet (vgl. Abbildung 25). Gleichzeitig muss der Kontakt zwischen Hüfte und Latte sowie zwischen Kopf und Wand aufrechterhalten werden.

Die laterale Kette wird im seitlichen Ellbogenstütz getestet. Die Ausgangsposition ist der seitliche Ellenbogenstütz auf der bevorzugten Seite, wobei Füße aufeinander, Knie gestreckt, Fersen, Gesäß und Schulterblätter die Wand berühren (vgl. Abbildung 26). Der untere Ellenbogen ist etwas von der Wand entfernt und die freie Hand wird auf den Beckenkamm abgestützt. Die Aufgabe besteht darin, das Becken seitwärts bis in die Nullstellung anzuheben und anschließend wieder in die Ausgangsstellung zurückzukehren. Ein Bewegungszyklus sollte zwei Sekunden dauern.

Abbildung 25: Magglinger Test, Subtest „Ventrale Kette“.

Zur Überprüfung der dorsalen Rumpfkette legt sich der Proband bäuchlings auf einen Tisch oder ähnliches, sodass der Oberkörper bei fixierten Füßen über die Kante hinausragt. Dabei sind die Füße unter einer Querstange fixiert, wobei die Unterkante der Querstange eine Hand breit über der Oberkante des Tisches sein sollte. Die Arme sind vor dem

Körper verschränkt, die Finger liegen auf dem lateralen Drittel der Clavicula (vgl. Abbildung 27). In einem zweisekündigen Bewegungszyklus senkt der Proband den Oberkörper 30 Grad nach unten ab und hebt diesen anschließend wieder in die Horizontale an.

Eine Normstichprobe (*N* = 254) von männlichen Spitzensportlern im Alter von *M* = 20,5 (*SD* = 0,9) Jahre aus 42 verschiedenen Sportarten liegt vor und kann als Referenz angenommen werden (vgl. Bourban et al., 2001; Marti, 2006). Die exakt definierten Ausgangsstellungen und Bewegungsausführungen bedürfen einem geschulten Auge, womit die Durchführungsobjektivität nur bedingt gegeben ist. Eine Testdauer von 15 Minuten spricht für die Ökonomie des Tests. Sobald die Lizenzrechte des Magglinger Tests in Bezug auf die Verwendung in der Bundeswehr abschließend geklärt sind soll dieser zukünftig in allen Geschwadern eingesetzt werden.

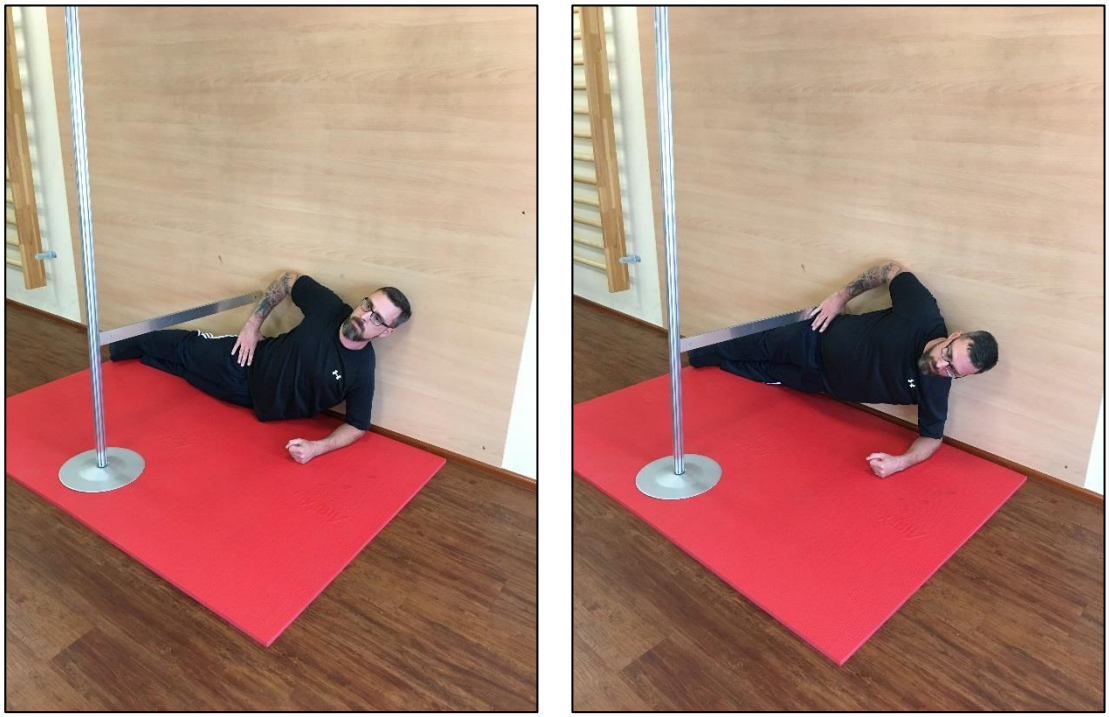


Abbildung 26: Magglinger Test, Subtest „Laterale Kette“.

Abbildung 27: Magglinger Test, Subtest „Dorsale Kette“.

5.4.1.5 Basis-Fitness-Test (BFT)

Beim BFT handelt es sich um die jährliche Überprüfung der körperlichen Leistungsfähigkeit der Soldaten. Im Mittelpunkt stehen dabei Ausdauer, Kraft und Schnelligkeit. Der Basis-Fitness-Test besteht aus drei Subtests (vgl. BMVg FüS I5, 2006). Die Schnelligkeit wird mittels eines 11 x 10 Meter Sprinttests überprüft. Der Proband startet in Bauchlage und umläuft so schnell wie möglich eine in zehn Metern Entfernung aufgestellte Pylone. Sobald er wieder am Startpunkt angelangt ist, legt er sich erneut auf den Bauch, klatscht die Hände hinter dem Rücken zusammen und sprintet die nächste Runde. Ziel ist es, die fünfeinhalb Runden schnellstmöglich zu absolvieren. Der Subtest Klimmhang dient der Kraftmessung. Die Aufgabe besteht darin, so lange wie möglich in der Endposition eines Klimmzuges zu verharren, wobei das Kinn stets über der Stange bleiben muss. Gemessen wird die Zeit, in der die Position aufrechterhalten werden konnte. Die Ausdauerleistungsfähigkeit soll mittels 1000 Meter Lauf bestimmt werden. Die 1000 Meter, welche vorzugsweise auf einer 400 Meter Bahn gelaufen werden sollten, sind schnellstmöglich zu absolvieren.

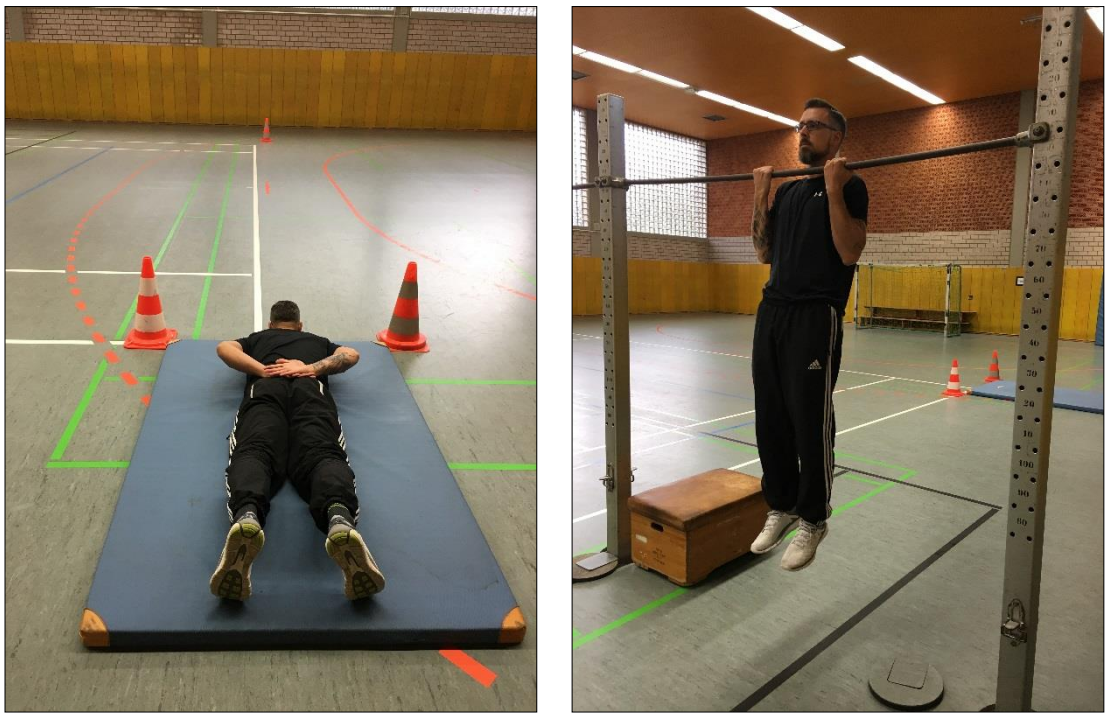


Abbildung 28: Basis-Fitness-Test (links: Pendellauf, rechts: Klimmhang).

Durch den überschaubaren Materialaufwand und die Möglichkeit der Durchführung in Gruppen ist der BFT als ökonomisch anzusehen. Weiterhin ist die Durchführungsobjektivität aufgrund der definierten Ablaufkriterien gegeben. Die Subtests sind valide und zudem existieren normierte Punktzahlen (vgl. BMVg FüS I5, 2006, S. 15-16), die eine Einstufung der erbrachten Leistungen erlauben. Es bleibt zu beachten, dass die Erfahrungswerte der Probanden ihre Leistung im Test beeinflussen können.

5.4.1.6 Cooper-Test

Der von Cooper (1970) entwickelte Test eignet sich zur Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit von Kindern, Jugendlichen, Erwachsenen und Senioren (vgl. Cooper, 1984). Die Ergebnisse des 1000 Meter Laufes vom Basis-Fitness-Test korrelierten in hohem Maße mit den Ergebnissen des Cooper-Tests, sodass dieses Testverfahren nach dem ersten Testzeitpunkt der Kontrollgruppe aus dem Untersuchungsdesign gestrichen wurde. Beim Cooper-Test handelt es sich um einen Feldtest in Form eines zwölfminütigen Dauerlaufes, bei dem der Leistungszustand über die zurückgelegte Laufstrecke mithilfe von Normwerttabellen ermittelt wird. Aufgrund der hohen Korrelation mit der maximalen

Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}), welche als Bruttokriterium der Ausdauerleistungsfähigkeit gilt (vgl. Hollmann & Strüder, 2009), kann diese in Bezug zur zurückgelegten Strecke abgeschätzt werden (Bös, 1987; Beck & Bös, 1995; Olivier, Büsch & Marschall, 2008; Hollmann & Strüder, 2009; Eisenhut & Zintl, 2013; Hottenrott & Neumann, 2016). Vorzugsweise sollte der Test auf einer 400 Meter Bahn durchgeführt werden, nicht zuletzt um die Laufstrecke adäquat messen zu können.

Bei untrainierten Personen ist zu beachten, dass diese ihre Laufleistung nur mit einem geringen Zuschuss aus der anaeroben Kapazität bestreiten und sich vorwiegend im Bereich der anaeroben Schwelle bewegen (Eisenhut & Zintl, 2013). Bei Anfängern kann es aufgrund fehlender Erfahrung dazu kommen, dass sie zu Beginn zu schnell laufen und somit viel Laktat aufbauen, was gegen Ende des Tests zu Leistungseinbußen führen kann. Im Umkehrschluss kann fehlende Erfahrung auch zu einem zu langsamen Beginn und folglich zu Leistungsreserven am Ende des Tests führen, welche die Einschätzung des Ausdauerleistungszustandes verfälschen würden.

Da sich unter anderem die Instruktionen des Testleiters für den Cooper-Test auf wenige Sätze beschränken, ist dieser als durchführungsobjektiv zu betrachten. Der Test kann im Gruppenrahmen absolviert werden und benötigt kein weiteres Material, was für die Ökonomie des Tests spricht. Weiterhin wurde die Validität in zahlreiche Studien bestätigt (vgl. Bös, 1987; Eisenhut & Zintl, 2013). Der Einsatz von Normwerttabellen erlaubt es, den Leistungszustand direkt nach Testende abzuschätzen. Zu beachten gilt, dass es sich beim Cooper-Test um keinen Test für Anfänger handelt, da fehlende Erfahrungswerte über den eigenen Leistungszustand zur Verfälschung der Ergebnisse führen können (Cooper, 1979, 1984; Olivier et al., 2008; Eisenhut & Zintl, 2013; Hottenrott & Neumann, 2016). Aus Gründen der Testökonomie wurde dieses Verfahren nach dem ersten Untersuchungszeitpunkt der Kontrollgruppe aus dem Design entfernt. Es wurden weitere Testverfahren hinsichtlich ihrer Eignung zur Operationalisierung der Ausdauerleistungsfähigkeit in dieser Arbeit betrachtet, welche nachfolgend dargestellt und bewertet werden.

Der Conconi-Test Test wurde im Jahr 1982 entwickelt (Conconi, Ferrar, Ziglio, Droghetti & Codeca, 1982), dient zur Beurteilung der Ausdauerleistungsfähigkeit und wird als Stufentest bis zur maximalen Erschöpfung durchgeführt (vgl. Hollmann & Hettinger, 2000; Zintl & Eisenhut, 2004; Müller, Sigloch & Grösser, 2006, Olivier et al., 2009; Hottenrott & Neumann, 2014). Er kann als Feld- oder Labortest realisiert werden. Der Conconi-Test basiert auf dem Phänomen, dass die Herzfrequenz bei zunehmender Geschwindikeit linear ansteigt und im oberen Belastungsbereich die Linearität verlässt (vgl. Olivier et al., 2009; Hottenrott & Neumann, 2014). Auf dem Fahrradergometer wird bei konstanter Trittfrequenz die Leistung von Stufe zu Stufe in kleinen Inkrementen von 10-20 Watt gesteigert und die Belastungszeit pro Stufe verringert. Damit bleibt die Arbeit auf jeder Stufe gleich. Die erreichte Herzfrequenz wird in Realation zur Laufgeschwindigkeit oder Leistung auf dem Fahrradergometer gesetzt. Die Laufgeschwindigkeit oder Wattleistung, bei der diese Abflachung eintritt, wird als Deflection Velocity (V_d) und der dazugehörige Herzfrequenzwert als Deflection Pulse oder Deflektionspunkt (P_d) bezeichnet. Dieser Knick soll den Beginn eines deutlich zunehmenden anaeroben Stoffwechsels markieren, ohne dass Laktat bestimmt wird. Dieser liegt in der Regel zwischen 80 und 90 Prozent der maximalen Herzfrequenz und kennzeichnet den Übergang von der aeroben zur anteilig höheren anaeroben Energiebereitstellung. Hottenrott und Neumann empfehlen bei Freizeitsportlern eine Startleistung von 50W bei einer Stufenerhöhung um jeweils 10W und bei Ausdauersportlern eine Startleistungs von 100W bei einer Stufenerhöhung um jeweils 20 Watt.

Jones und Doust (1997) stellten beim Conconi-Test signifikante Unterschiede im Vergleich zu konventionellen Testverfahren hinsichtlich der anaroben Schwelle fest. Konventionelle, valide Testverfahren beschrieben bei den Probanden eine signifikant früher eintretende, anaerobe Schwelle als beim Conconi-Test ($p < 0.01$). Die Vermutung liegt nahe, dass der Deflektionspunkt nach Conconi (1982) nicht die anaerobe Schwelle operationalisiert, sondern den Beginn des Herzfrequenzplateaus darstellt. Aufgrund der unzureichenden Validität wurde der Conconi-Test nicht weiter berücksichtigt.

Der 2-km-Walking-Test dient zur Bestimmung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit bei moderater körperlicher Aktivität (vgl. Oja, Laukkanen, Pasanen, Tyry & Vuori, 1991). Ziel ist es, ein schnelles aber gleichmäßiges Gehtempo über 2000 Meter aufrecht zu erhalten. Gemessen wird die Gehzeit und Herzfrequenz bei Belastungsende, woraufhin

unter Berücksichtigung von antropometrischen Daten (Alter, Geschlecht, Körpergröße, Körpergewicht) ein Walking-Index (WI) erstellt wird. Dieser dient zur Einschätzung der Ausdauerleistungsfähigkeit und wird wie folgt berechnet (vgl. Hottenrott & Neumann, 2014):

Männer:

$$420 - (min * 11{,}6 + s * 0{,}20 + HF * 0{,}56 + BMI * 2{,}6 - Alter * 0{,}2)$$

Frauen:

$$304 - (min * 8{,}5 + s * 0{,}14 + HF * 0{,}32 + BMI * 1{,}1 - Alter * 0{,}2)$$

Der Test erlaubt eine lediglich grobe Leistungskategorisieren. Ein WI kleiner als 100 entspricht einem unterdurchschnittlichen, ein WI über 100 dahingegen einem überdurchschnittlichen Fitnessniveau. Hottenrott und Neumann (2014) beschreiben ungenaue Ergebnisse des Walking-Tests für leistungsorientierte Sportler bzw. Läufer. Der WI unterschätzt in diesem Fall die Leistungsfähigkeit. Daher erscheint dieser Test wenig nützlich für die vorliegende Arbeit und wird demnach nicht weiter betrachtet. Der Wingate-Test von Katch (1973) entwickelte Test dient der Bewertung der anaeroben Ausdauerleistungsfähigkeit mittels Fahrradergometrie. Der Test erfolgt über einen Zeitraum von 30 Sekunden bei drehzalabhängiger Erfassung der Leistung. Die maximale Leistung wird als „Peak Power“ bezeichnet. Diese soll mit der maximalen, alaktaziden Leistungsfähigkeit des Probanden identisch sein. Die maximale Leistung erfolgt somit bei maximaler Trittfrequenz (vgl. Katch, 1973; Dotan & Inbar, 1977; Bar-Or, 1987; Inbar, Bar-Or & Skinner, 1996). Durch die direkt anliegende, maximale Belastung durch Maximierung der Trittfrequenz, eignet sich der Wingate-Test nur bedingt für Nicht-Radsportler. Diese erreichen bereits nach 8-10 Sekunden ihr Maximum und erleiden anschließend eine starke Ermüdung, was sich im rapiden Absinken der Trittfrequenz niederschlägt (vgl. Bar-Or, 1987). Aufgrund der hohen koordinativen Anforderungen in Verbindung mit der anaerobenalaktaziden Belastung wird der Wingate-Test für die vorliegende Arbeit als nicht nützlich eingestuft.

5.4.2 Psychische Leistungsfähigkeit

Die psychische Leistungsfähigkeit wird in vorliegender Arbeit durch die psychische Widerstandsfähigkeit und allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung abgebildet. Diese soll mithilfe zweier Fragebogen quantitativ erfasst werden. Zum einen mit einer abgewandelten Form der Resilienz Skala von Leppert, Koch, Brähler und Strauß (2008) zur Operationalisierung der psychischen Widerstandsfähigkeit und zum anderen mit der Allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung von Schwarzer und Jerusalem (1999). Nachdem die angewandten Verfahren dargestellt und bewertet wurden, soll erläutert werden, warum genau diese Verfahren zur Erfassung der psychischen Leistungsfähigkeit angewendet wurden.

Tabelle 25: Überblick der angewandten Verfahren zur Erfassung der psychischen Leistungsfähigkeit.

Parameter	Verfahren
Psychische Widerstandsfähigkeit	Fragebogen RS-13
Selbstwirksamkeitserwartung	Fragebogen SWE-10

5.4.2.1 Resilience Scale RS-13

Bei der Resilience Scale handelt es sich um einen Fragebogen zur Messung von Resilienz (vgl. Wagnild & Young, 1993). In diesem Fall wird Resilienz als psychische Widerstandsfähigkeit, als Fähigkeit internale und externale Ressourcen für die Bewältigung von Entwicklungsaufgaben erfolgreich zu nutzen, definiert. Der Fragebogen umfasst 25 Items, die sich auf zwei faktorenanalytisch konstruierte Skalen verteilen. In der Skala „Persönliche Kompetenz“ (17 Items) werden Merkmale wie Selbstvertrauen, Unabhängigkeit und Beherrschung zusammengefasst. Mit der Skala „Akzeptanz des Selbst und des Lebens“ (8 Items) werden Merkmale wie Anpassungsfähigkeit, Toleranz, flexible Sicht auf sich selbst und den eigenen Lebensweg erhoben. Unter Nutzung einer siebenstufigen Antwortskala (1 = ich stimme nicht zu; 7 = ich stimme zu) werden die Itemrohwerte aufsummiert, wobei ein hoher Score für eine hohe Merkmalsausprägung im Sinne von Resilienz steht. Neben der englischen Originalversion mit 25 Items existiert eine Kurzversion mit 14 Items (vgl. Wagnild & Young, 1993).

Auf Grundlage des englischen Originals wurde eine deutsche Version der RS-25 konstruiert und eine Kurzversion mit elf Items entwickelt (vgl. Schumacher, Leppert, Gunzelmann, Strauß & Brähler, 2005). Resilienz wird dabei als eine personale Ressource betrachtet, die mit einer gesunden Entwicklung von Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen assoziiert ist. Die zweidimensionale Struktur konnte nicht bewiesen werden, vielmehr handelt es sich bei der deutschen RS-25 und der neu entwickelten RS-11 um eine eindimensionale Skala. Alle Skalen verfügen über eine gute bis sehr gute interne Konsistenz (.82 - .92). Die RS-11 kann als eine valide Skala zur Erfassung eines Generalfaktors der Resilienz betrachtet werden. Sie gestattet mit nahezu vergleichbarer Zuverlässigkeit, aber ökonomischer als die RS-25, die Erfassung der psychischen Widerstandsfähigkeit als Personmerkmal. Die strukturelle Vereinfachung der Skala geht nicht mit einem Verlust der relevanten diagnostischen Informationen einher (vgl. Leppert, Koch, Brähler & Strauß, 2008). Für die Güte spricht deren hohe Korrelation mit der RS-25 (.95). Da sich die Kurz- und Langform nicht bedeutsam unterscheiden (Median = -0,042; Effektstärke = 0,11) ist die RS-11 eine reliable, valide und ökonomische Kurzskala zur Messung der psychischen Widerstandsfähigkeit, deren weitere Verwendung empfohlen wird (vgl. Röhrig, Schleußner, Brix & Strauß, 2006).

Bei der Entwicklung einer Alternativversion zur deutschen RS-11 (vgl. Dye & Strauß, 2002; Leppert et al., 2008) wurde ein Resilienzkonzept zugrundegelegt, wonach resiliente Menschen optimistisch und emotional stabil sind, Lebensfreue haben und ihr Leben voller Energie gestalten (vgl. Wagnild & Young, 1993; Masten, 2001; Fredrickson, 2004). Sie sind neugierig, offen für neue Erfahrungen und fähig, auch unter außergewöhnlichen Bedingungen zu funktionieren (vgl. Fredrickson, 2004).

Nach diesen inhaltlichen Gesichtspunkten wurde in einem Expertenrating aus der RS-25 eine Auswahl von Items für eine revidierte Kurzform RS-13 festgelegt. Die RS-13 deckt diese Inhalte ab und kann als ein ökonomisches Fragebogeninstrument zur Erfassung der Resilienz im Sinne von emotionaler Stabilität genutzt werden. Als Beispielitems sind an dieser Stelle Item 3 „ich lass mich nicht so schnell aus der Bahn werfen“ und Item 11 „wenn ich in einer schwierigen Situation bin, finde ich gewöhnlich einen Weg heraus“ aufzuführen. Alle Items werden auf einer siebenstufigen Skala (1 = Ich stimme nicht zu; 7 = Ich stimme völlig zu) eingeschätzt. Die interne Konsistenz der Kurzskala (.90), die

Retest-Reliabilität (.62) und die hohe Trennschärfe (.60 - .80) sprechen für die Verwendung der RS-13. Der bessere Modell-Fit der revidierten Kurzskala (.055) gegenüber der RS-11 (.08) rechtfertigt deren Einsatz (vgl. Leppert et al., 2008) in vorliegender Arbeit. Weiterführende Informationen sowie der verwendete Fragebogen, Normwerte und Gütekriterien werden im Anhang D (Fragebogen Resilienz Skala RS-13) aufgeführt.

5.4.2.2 Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung SWE-10

Mit der Allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung SWE wurde ein Fragebogen entwickelt, der sich auf die persönliche Einschätzung der eigenen Kompetenzen bezieht (vgl. Schwarzer & Jerusalem, 1999). Mit zehn Items wird die Einschätzung der Kompetenz erfasst, allgemein im täglichen Leben mit Schwierigkeiten und Barrieren zu Recht zu kommen und kritische Anforderungssituationen aus eigener Kraft erfolgreich bewältigen zu können. Unter Nutzung einer vierstufigen Antwortskala (1 = stimmt nicht; 4 = stimmt genau) werden die Itemrohwerte aufsummiert. Der Gesamtscore liegt somit zwischen 10 und 40, wobei ein hoher Score für eine hohe Merkmalsausprägung und damit für eine hohe optimistische Kompetenzerwartung steht (vgl. Schwarzer, 2003). Als Beispielitems sind an dieser Stelle Item 4 „in unerwarteten Situationen weiß ich immer, wie ich mich verhalten soll“ und Item 6 „Schwierigkeiten sehe ich gelassen entgegen, weil ich meinen Fähigkeiten immer vertrauen kann“ aufzuführen.

Mit einer Bevölkerungsrepräsentative Normstrichprobe (N = 2.019) wurden sowohl die deutsche Version der RS-25 und RS-11, als auch die Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung SWE erhoben (vgl. Schumacher et al., 2005). Neben dem Beweis der Eindimensionalität der SWE wurde eine sehr gute interne Konsistenz (.92) beschrieben (Hinz, Schumacher, Albani, Schmid & Brähler, 2006). Es bestehen sowohl bivariate Korrelationen zwischen RS-25 und SWE (r = .68; p < .001) als auch zwischen RS-11 und SWE (r = .70; p < .001). Mit der RS und der SWE können partiell unterschiedliche Phänomene operationalisiert werden. In beiden Skalen wird zwar vor allem auf wahrgenommene persönliche Kompetenz Bezug genommen, mit der RS jedoch darüber hinaus auch Selbstwertaspekte (Item 4 „Ich mag mich“) sowie eine optimistische Einstellung dem Leben gegenüber (Item 8 „Ich finde öfter etwas, über das ich lachen kann“) abgebildet. Die berechneten Regressionsanalysen lassen keine Rückschlüsse auf Kausalbeziehungen zwischen Resilienz und Selbstwirksamkeitserwartung zu (Schumacher et al., 2005). Die

SWE kann als Kontrollvariable zur RS-13 herangezogen werden und deren Validität verdeutlichen.

Hinz et al. (2006) verfassten altersspezifische Normwerte in Form von Prozenträngen für die SWE-10, welche auf Basis einer im Jahr 2001 in Deutschland durchgeführten bevölkerungsrepräsentativen Erhebung ermittelt wurden. Die Normwerte der studienrelevanten Altersgruppen sowie der verwendete Fragebogen werden im Anhang E (Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung SWE-10) aufgeführt.

5.4.3 Grunduntersuchung

Um eine detaillierte Bewertung des Leistungszustandes der Eurofighter-Piloten vornehmen zu können wird die EG an zwei Testzeitpunkten (t_0, t_2), neben den unten aufgeführten Verfahren (vgl. Kapitel 5.4.1, 5.4.2) auf zusätzliche Parameter untersucht.

5.4.3.1 Isometrische Maximalkraftmessung

An sechs Diagnostikgeräten werden isometrische Maximalkraftmessungen mit insgesamt zwölf Massenbewegungen gemessen. Die Kraft, welche maximal gegen einen entsprechenden unüberwindbaren Widerstand aufgebracht werden kann, wird in folgenden Massenbewegungen betrachtet:

- Lumbale/thorakale Extension
- Lumbale/thorakale Flexion
- Lumbale/thorakale Rotation rechts
- Lumbale/thorakale Rotation links
- Lumbale/thorakale Lateralflexion rechts
- Lumbale/thorakale Lateralflexion links
- Cervikale Extension
- Cervikale Flexion
- Cervikale Rotation rechts
- Cervikale Rotation links
- Cervikale Lateralflexion rechts
- Cervikale Lateralflexion links

Bei isometrischen Maximalkrafttests finden durch den unüberwindbaren Widerstand im eigentlichen Sinne keine Bewegungen statt. Die Kraftvektoren sind folglich anhand von Bildern nur bedingt nachvollziehbar. Um die jeweils angewandte Massenbewegung zu verdeutlichen, werden Darstellungen von Ausgangs- und Endposition der eigentlichen Bewegung aufgeführt. Hierzu sei auf die Abbildungen des Anhang H (Ausgangs- und Endpositionen der Maximalkraftmessungen) verwiesen. Vorgaben zu Winkelstellungen und Fixierungspositionen wurden der Bedienungsanleitung von Schnell Trainingsgeräte GmbH (2011) entnommen. Das maximale Drehmoment wird mit Hilfe interner Sensorik aufgenommen und in der dazugehörigen Software dargestellt (vgl. Abbildung 29).

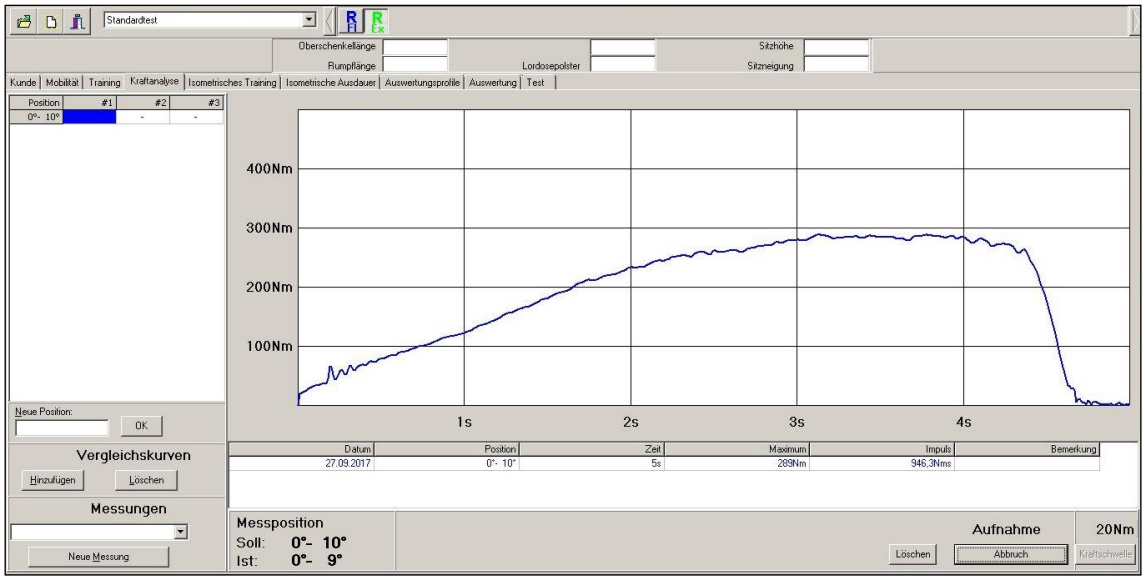


Abbildung 29: Exemplarische Kraftkurve thorakale Extension.

Die Fixierungsmöglichkeiten des Probanden im Testgerät sind so angelegt, dass eine möglichst isolierte Messung der zu betrachtenden Bewegung sichergestellt werden kann. Nach individueller Anpassung des Probanden an das entsprechende Gerät werden die Einstellungen dokumentiert, um bei einem Retest die gleichen Voraussetzungen gewährleisten zu können. Einer dynamischen Aufwärmphase von zehn Wiederholungen mit moderatem Gewicht folgen zwei isometrische Maximalkraftmessungen. Die standardisierten Durchführungsbefehle „Kontaktaufnahme“, „Kraft steigern“, „Maximal“ werden binnen fünf Sekunden angewandt. Unterscheiden sich beide Messungen um mehr als zehn Prozent, wird eine dritte Messung durchgeführt. Bei einer Differenz von weniger als zehn Prozent wird der Höhere als Maximalkraftwert angenommen.

Aufgrund der zahlreichen Fixierungs- und Einstellungsmöglichkeiten der Testgeräte bedarf es einer Schulung des Testleiters. Die Durchführung der isometrischen Maximalkraftmessung kann bei geschultem Personal als objektiv angesehen werden. Die Kraftmessung ist laut Herstellerangaben valide (vgl. Schnell Trainingsgeräte, 2011) und kann mit Werten aus anderen Eurofighter Geschwadern verglichen werden. Wiederholte Kraftmessungen lassen eine hohe Reliabilität der Testgeräte vermuten, welche jedoch bis dato noch nicht explizit bewiesen wurde. Durch die aufwendigen, individuellen Anpassungen und Fixierungen des Probanden, sowie durch die Anzahl der zu untersuchenden Massenbewegungen kommt eine Testdauer von circa 50 Minuten zustande. Da keine andere Möglichkeit zur Verfügung steht, die Maximalkraft dieser Massenbewegungen zu messen, kann diese Testung als ökonomisch angesehen werden. Die erfassten Maximalkraftwerte der sechs Massenbewegungen gehen als Drehmoment in Newtonmeter in die Auswertung ein. Weiterhin werden die maximalen Bewegungsradien der thorakalen- und cervikalen Rotation in Grad aufgenommen.

5.4.3.2 Isometrische Kraftausdauermessung

Die isometrische Kraftausdauer soll mithilfe eines simulierten Luftkampfprofils an einem Diagnostikgerät der Firma Schnell (Modell DiagnosMed) bestimmt werden. Die zu betrachtende Massenbewegung beschränkt sich aus testökonomischen Gründen auf die lumbale/thorakale Rotation rechts (vgl. Abbildung A152). Diese Bewegung wird bei den Sportwissenschaftlern und Physiotherapeuten der Eurofighter Geschwader als besonders wichtig eingestuft, da sie die Bewegung des sogenannten „Check-Six“ Blickes abdeckt (vgl. Newman, 1997; Green & Brown, 2004; Wagstaff, Jahr, & Rodskier, 2012). Hämäläinen und Vanharanta (1992) beschreiben die Bewegung mit einer Rotation > 35° bei gleichzeitiger Extension > 30° und Flexion > 15°.

Diese Blickbewegung kommt vor allem bei Luftkämpfen zwischen Jets zum Einsatz. Bei schnellen Manövern muss sich der Kampfpilot stets über die Position seines Gegners im Klaren sein umso den Sichtkontakt nicht zu verlieren. Aufgrund der hohen G_z-Toleranz von Mensch und Maschine in Verbindung mit immer schneller werdenden Flugmanövern kann es dazu kommen, dass sich der Feind plötzlich hinter einem befindet. Um ihn dann immer noch im Blick zu halten, wird der „Check-Six“ Blick angewendet. Der Pilot muss folglich in der Lage sein, seinen Torso und Kopf unter G_z-Belastungen so zu drehen, dass er nahezu hinter sich schauen kann.

Mittels der dazugehörigen Software „DiagnosMed Professional“ konnte in Zusammenarbeit mit Eurofighter-Piloten ein simuliertes Luftkampfprofil erstellt werden, welches mit einem sehr intensiven, realen Kampfprofil vergleichbar ist. Das Profil besteht aus 32 Flugmanövern, bei welchen der Proband den jeweiligen Belastungen standhalten muss bzw. das erforderliche Drehmoment isometrisch bis zur muskulären Erschöpfung generieren muss. Das geforderte Drehmoment für die Manöver errechnet sich prozentual aus der Oberkörpermasse (vgl. Zaciorskij, 1982) und wird mit drei multipliziert, um eine lokale Muskelerschöpfung innerhalb eines ökonomischen Zeitrahmens herbeizuführen. Eine Orientierung an der Maximalkraft wäre an dieser Stelle weniger sinnvoll, da Piloten während eines Luftkampfes erhöhten Gravitationskräften ausgesetzt sind, welche auf die Masse wirken und nicht mit der Maximalkraft zusammenhängen.

Im Cockpit tragen die Piloten eine mit Druckluft betriebene Hose, die sich bei auftretenden Gravitationskräften aufbläst und somit ein Absacken des Blutes in die Beine verhindert. Durch diese Ausrüstung kann die Berücksichtigung der Beinmasse folglich vernachlässigt werden. Ähnlich einem realen Luftkampf, variieren die Belastungsdauern, -intensitäten und -pausen der Manöver. Ausschlaggebend für die Bewertung des Tests ist die Anzahl der absolvierten Flugmanöver bis zur lokalen Muskelerschöpfung.

Durch diesen Test ist es möglich, eine flugspezifische Belastung zu simulieren und damit die spezifische Kraftausdauerfähigkeit zu bestimmen. Die unterschiedlichen Flugmanöver werden durch die grünen Rechtecke, die isometrische Kraftkurve durch die blaue Linie dargestellt (vgl. Abbildung 30). Auf der x-Achse befindet sich der Zeitstrahl, auf der y-Achse die Kraft in Newtonmeter. In oben aufgeführtem Beispiel war der Proband in der Lage, zwölf Flugmanöver des simulierten Profils zu absolvieren, bevor er die nötige Kraft für das darauffolgende Manöver nicht mehr aufbringen konnte. Die Flugmanöver wiederholen sich nach dem achten Manöver.

Der zuvor errechnete Referenzwert wird als Grundlage für die Berechnung der Belastungsintensität herangezogen. Um den Referenzwert zu bestimmen wird zunächst die Oberkörpermasse des Probanden mittels Regressionsgleichung errechnet (vgl. Zaciorskij, 1982).

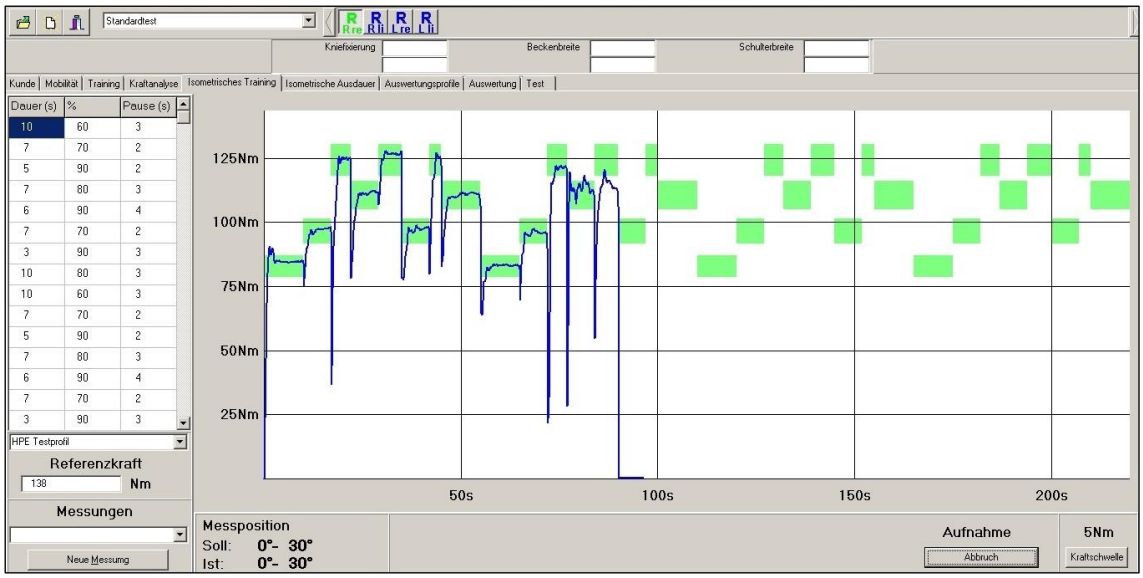


Abbildung 30: Bildschirmaufnahme der isometrischen Kraftausdauermessung der lumbalen/thorakalen Rotation mithilfe eines simulierten Flugprofils.

Tabelle 26: Belastungsdauer, -intensität und -pausen des simulierten Flugprofils.

Belastungsdauer (sec)	Belastungsintensität (%)	Belastungspause (sec)
10	60	3
7	70	2
5	90	2
7	80	3
6	90	4
7	70	2
3	90	3
10	80	3

Das dargestellte Flugprofil (vgl. Abbildung; Abbildung 30) wurde von einem männlichen Probanden absolviert, der eine Körpergröße von 176 cm hatte und 76,5 kg wog. Die Oberkörpermasse nach Anwendung der Regressionsgleichung betrugt in diesem Fall 57,46 kg.

Bei der Testentwicklung wurden den jeweiligen Gewichtsplatten des Gerätes durch unterschiedliche Kraftmessungen das jeweilige Drehmoment in Newtonmeter (Nm) zugewiesen (vgl. Tabelle 27). Die beschriebene Oberkörpermasse von 57,46 kg entspricht auf dem verwendeten Gerät einem Drehmoment von 48 Nm. Erfahrungswerte zeigten die Notwendigkeit auf, das entsprechende Drehmoment mit drei zu multiplizieren, um eine lokale Muskelerschöpfung innerhalb eines ökonomischen Zeitrahmens herbeiführen zu können.

Von dem zugrundeliegenden Referenzwert von 138 Nm wird die prozentuale Belastungsintensität errechnet und als Flugmanöver in der Software dargestellt. Der Proband führt dieses Belastungsprofil bis zur muskulären Erschöpfung durch, wobei die Anzahl der simulierten Flugmanöver bis zum Abbruch in die Auswertung eingeht.

Tabelle 27: Referenzwerttabelle.

Oberkörpermasse (Kg) nach Zaciorskij	Newtonmeter (Nm)
40,0	32
42,5	34
45,0	36
47,5	38
50,0	40
52,5	42
55,0	44
57,5	46
60,0	48
62,5	50
65,0	52
67,5	54
70,0	56
72,5	58
75,0	60
77,5	62
80,0	64
82,5	66
85,0	68

Durch die vorgegebene Berechnung der Oberkörpermasse und die auf ein Minimum reduzierten Instruktionen kann die Durchführungsobjektivität als gegeben angesehen werden. Mit einer Dauer von circa fünf Minuten ist der Test ökonomisch. Da dieser Kraftausdauertest von der Teileinheit Fliegerarzt des TaktLwG 31 “B“ entwickelt wurde, handelt es sich um keinen allgemein gültigen Test, der überall Anwendung finden kann. Somit ist die Validität nicht gegeben und die Reliabilität kann nur angenommen werden. Weiterhin kritisch zu hinterfragen sind die Orientierung an der Oberkörpermasse, die Multiplikation mit drei und die Tatsache, dass nur eine Massenbewegung betrachtet wird.

Oberkörpermasse Männer:

$$10{,}0974 + (0{,}62064 * \text{Körpergewicht}) + (-0{,}06562 * \text{Körpergröße})$$

Oberkörpermasse Frauen:

$$-21{,}084 + (0{,}326 * \text{Körpergewicht}) + 0{,}2155 * \text{Körpergröße}$$

5.4.3.3 PWC-170/150 (Spiroergometrie)

Die Ausdauerleistungsfähigkeit der Piloten wird mittels Stufentest auf einem Ergometer (Schiller, Modell CS-200) bestimmt. Das Belastungsprofil beginnt bei 100 Watt und wird alle drei Minuten um 50 Watt gesteigert. Ziel ist die Ausbelastung des Probanden bei gleichzeitiger Erhebung der PWC-150 und PWC-170 durch das dazugehörige EKG Gerät. Das Ergometer entspricht in Verbindung mit dem angewandten Belastungsprotokoll der jährlichen Überprüfung der Wehrfliegerverwendungsfähigkeit (vgl. BMVg KdoSanDstBw II, 2016). Weiterhin werden durch den Einsatz einer mobilen Spiroergometrie (Cortex, Modell MetaMax 3B) folgende Leistungsparameter erhoben, wobei zwischen Peak- und Maximalwerten unterschieden wird:

- Sauerstoffaufnahme (VO_2)
- Relative Sauerstoffaufnahme (rel. VO_2)
- Respiratorischer Quotient (RER)
- Ventilation (VE)
- Ventilatorische Schwelle 1 (VT1)
- Ventilatorische Schwelle 2 (VT2)

Der Ausdauerleistungszustand kann durch die Kenngrößen der Spiroergometrie und des EKG in Verbindung mit Normwerten bestimmt werden. Es besteht die Gefahr, dass es aufgrund der großen Stufensprünge (50 Watt) zum vorzeitigen Abbruch durch muskuläre Erschöpfung kommen kann. Kleinere Sprünge würden diese Gefahr minimieren. Inklusive Vor- und Nachbereitung nimmt der Test circa 50 Minuten in Anspruch und bindet zwei Testleiter. Ein weiterer Nachteil besteht in dem Erfahrungsschatz der Probanden. Diese wissen erfahrungsgemäß, welche Leistung sie zum Bestehen der WFV erbringen müssen und belasten sich dementsprechend nicht aus.

Abbildung 31: Spiroergometrie auf Fahrradergometer Schiller CS-200 mit Cortex MetaMax 3B.

5.4.3.4 Flugausfallzeiten

Das Screening der Flugausfallzeiten ist ein zentraler Bestandteil vorliegender Arbeit und geht über die Inhalte der Grunduntersuchung hinaus. Da diese jedoch nur bei der EG bestimmt werden können, wird dieser Abschnitt im Kapitel Grunduntersuchung thematisiert. Die Flugausfallzeiten werden im Normalfall nicht separat erfasst und ausgewertet. Um diese retrospektiv bestimmen zu können war es notwendig, alle zugrundeliegenden Gesundheitsakten händisch zu sichten. Nachdem alle Krankheitsfälle ausgewertet wurden, folgte die Zuteilung in zwei Kategorien. Krankheitsbedingte Flugausfallzeiten beinhalten dabei alle allgemeinen Erkrankungen, die zur Krankschreibung führten, in diesem Fall zum Status „duty not involving flying (DNIF)“ und „krank zuhause“. Die zweite Kategorie beinhaltet alle Krankschreibungen mit Status „DNIF“ oder „krank zuhause“, welche auf körperliche Einschränkungen oder Verletzungen, wie beispielsweise Blockaden im Bereich der Wirbelsäule oder muskuläre Verletzungen zurückzuführen sind. Um

die erfassten Daten vergleichen zu können, wurde der Betrachtungszeitraum t_0 bis t_2 retrospektiv vor t_0 gespiegelt, sodass die zu vergleichenden Zeiträume gleich lang sind. Dementsprechend werden die Flugausfallzeiten im Zeitraum t_{-2} bis t_0 mit den Flugausfallzeiten zwischen t_0 und t_2 verglichen.

Um Aussagen über den wirtschaftlichen Schaden von Flugausfallzeiten treffen zu können, wurden persönliche Gespräche mit der zuständigen Abteilung im Kommando Luftwaffe geführt (BMVg LwTrKdo Luft II Jet/RPA). Die Kennzahlen und Berechnungen des LwTrKdo Luft II (2019) werden nachfolgend vereinfacht und beispielhaft darstellt. Das BMVg kauft eine Dienstleistung in Form eines Eurofighter-Piloten ein, um 1.500 Flugstunden für die Luftwaffe zu produzieren. Diese Dienstleistung wird pauschal mit 45 Millionen Euro, exklusive 8 Millionen Euro Ausbildungskosten, veranschlagt. Das Kdo Lw 2 II c geht von einer 15-jährigen Verwendungsdauer eines Kampfpiloten aus und einer entsprechenden Flugstundenproduktion von 100 Stunden pro Jahr. Damit entstehen für eine Flugstunde pauschale pilotbezogene Kosten in Höhe von 30.000 Euro, unabhängig davon, ob die Flugstunde durchgeführt wird oder nicht (vgl. BMVg LwTrKdo Luft II, 2019).

5.5 Untersuchungsdurchführung

Die Untersuchungen wurden im Taktischen Luftwaffengeschwader 31 „Boelcke“ in Nörvenich durchgeführt. Der Zeitraum der Datenerhebung erstreckte sich vom 06. Dezember 2016 bis zum 12. November 2018. Alle Untersuchungen wurden von denselben Testleitern (Sportwissenschaftler, Physiotherapeut, Fliegerarzt) begleitet. Die Durchführung der Untersuchungen fand größtenteils im sportmedizinischen Trainingsraum der Fliegenden Staffel statt, wobei Teile der Untersuchung in der Geschwadersporthalle und auf der 400-m-Laufbahn durchgeführt wurden. Die Untersuchungsdauer der Kontrollgruppe lag pro Testzeitpunk für einen Probanden bei circa drei Stunden, wobei 23 Probanden an drei Testzeitpunkten untersucht wurden. Nachdem die Akquisition der Probanden abgeschlossen war, konnten diese aus vorgeschlagenen Zeitfenstern für den ersten Untersuchungszeitpunkt wählen. Die Testanordnung bot die Möglichkeit, drei Probanden im selben Zeitfenster zu untersuchen. Aufgrund der unterschiedlichen dienstlichen Verpflichtungen wurden zudem auch Einzeltermine durchgeführt. Nach einer Einweisung in den Untersuchungsablauf wurden die Probanden vermessen (Größe, Hüft- und Taillenumfang) und

gewogen. Nachdem die Fragebögen zur sportlichen Aktivität, Resilienz und Selbstwirksamkeitserwartung befüllt wurden (vgl. Anhang C, D und E), begann die Untersuchung der Gleichgewichts- und Koordinationsfähigkeit (vgl. 5.4.1.1, 5.4.1.2). Anschließend wurde der Functional Movement Screen (vgl. 5.4.1.3) sowie der Magglinger-Test (vgl. 5.4.1.4) durchgeführt. Nach Abschluss dieser Verfahren und einer 30-minütigen Pause wurde der Basis-Fitness-Test absolviert (vgl. 5.4.1.5). Am zweiten Untersuchungstag folgte der Cooper-Test (vgl. 5.4.1.6). Die umfangreicheren Untersuchungen der Experimentalgruppe nahmen pro Testzeitpunkt für einen Probanden etwa sechs Stunden ein, wobei 18 Probanden an zwei Testzeitpunkten untersucht wurden. Nach Ausfüllen der Anamnesebögen (vgl. Anhang F) und den Fragebogen zur sportlichen Aktivität, Resilienz und Selbstwirksamkeitserwartung (vgl. Anhang C, D und E) folgte eine 45-minütige fliegerärztliche Begutachtung (vgl. Anhang G). Anschließend wurde eine physiotherapeutische Begutachtung mit einer Dauer von 80 Minuten (vgl. Anhang G) durchgeführt.

5.6 Untersuchungsauswertung

Im folgenden Abschnitt wird soll die Auswertestrategie erläutert werden. Durch die methodische Konkretisierung der Fragestellungen (vgl. Kapitel 4) wird die Basis für die Darstellung der Ergebnisse geliefert. Die Gesamtstichprobe wird mittels deskriptiven Analysen hinsichtlich körperbezogenen- und sozio-demographischen Daten beschrieben. Die konkreten Fragestellungen werden systematisch mittels inferenzstatistischer Analysen geklärt. Das zugrundeliegende Signifikanzniveau liegt bei $\alpha = .05$. Normalverteilungen werden durch Shapiro-Wilk Analyse geprüft. Unterschiede werden zunächst mittels *t*-Tests bei verbunden- sowie bei unabhängigen Stichproben geprüft bevor eine Varianzanalyse mit Messwiederholung auf einem Faktor angewendet wird. Wilcoxon-Tests ermöglichen die Darstellung bei nichtnormalverteilten Variablen. Weiterhin werden Korrelationsanalysen nach Pearson und Spearman, sowie Multiple lineare Regressionsanalysen durchgeführt. Etwaige Beziehungen, Unterschiede und Interaktionseffekte werden dargestellt und mit der jeweiligen Effektstärke ausgewiesen.

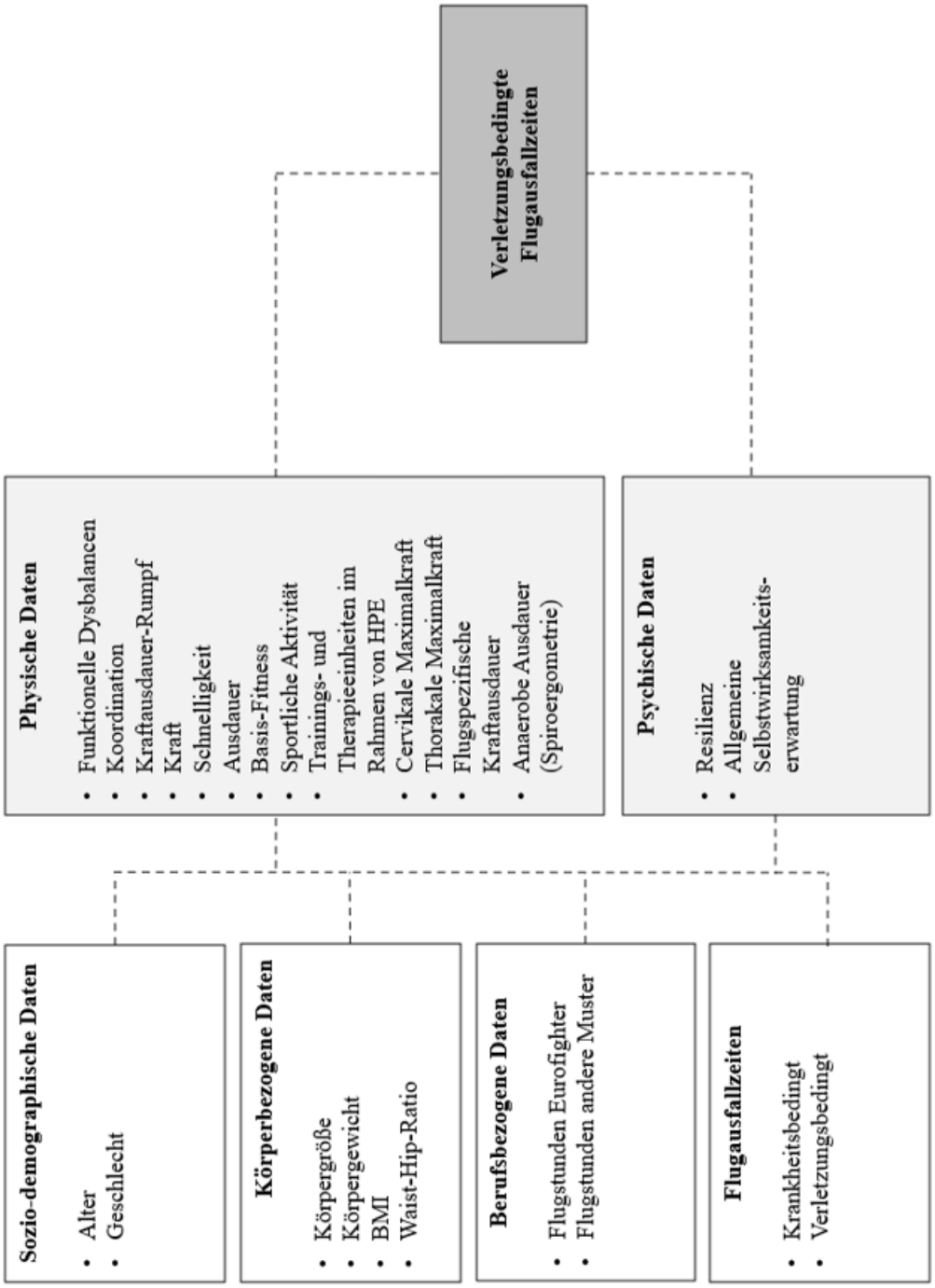


Abbildung 32: Auswertedesign.

6 DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Interventionsstudie dargestellt. Nachdem die Ergebnisse deskriptiv dargestellt wurden, folgen inferenzstatistische Analysen, um die in Kapitel 4 aufgestellten Fragestellungen und Hypothesen aufzuklären.

6.1 Beschreibung der Stichprobe

Die Gesamtstichprobe (*N* = 41) war zu Untersuchungsbeginn *M* = 30,93 (*SD* = 5,53) Jahre alt (vgl. Abbildung 33) und setzt sich aus vier weiblichen- und 37 männlichen Teilnehmern zusammen.

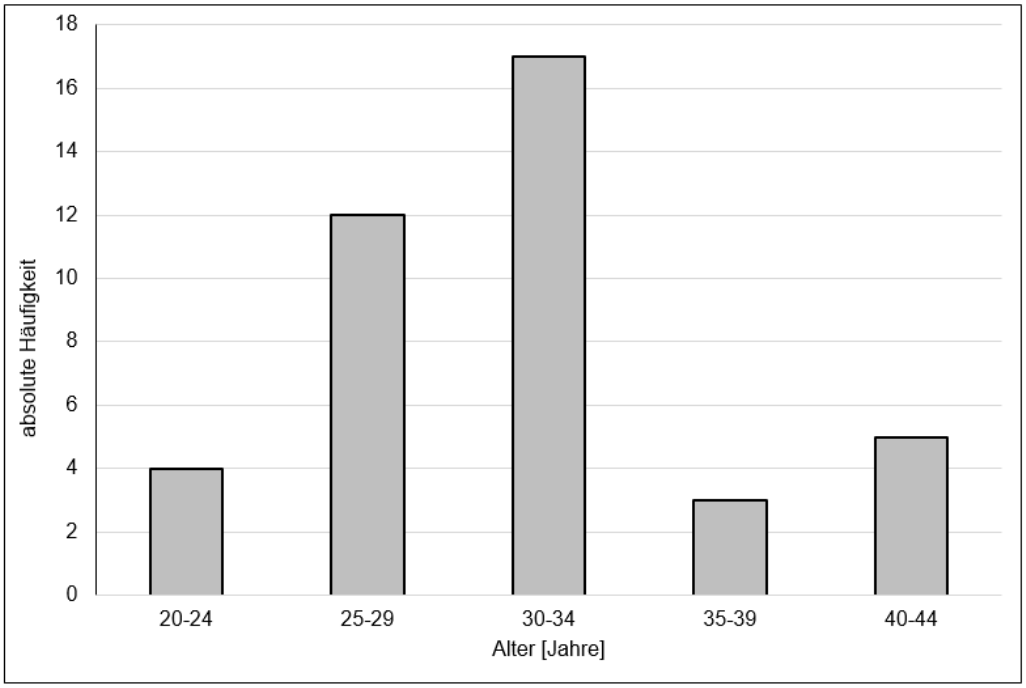


Abbildung 33: Alter [Jahre] zum Zeitpunkt t_0 (*N* = 41).

Bei einer Körpergröße von *M* = 180,34 (*SD* = 8,22) Zentimetern (vgl. Abbildung 34) und einem Gewicht von *M* = 81,37 (*SD* = 12,06) Kilogramm (vgl. Abbildung 35) resultierte zu Untersuchungsbeginn ein Body-Mass-Index von *M* = 24,90 (*SD* = 2,36) (vgl. Abbildung 37). Die Waist-to-Hip Ratio betrug *M* = 0,89 (*SD* = 0,05) (vgl. Abbildung 38).

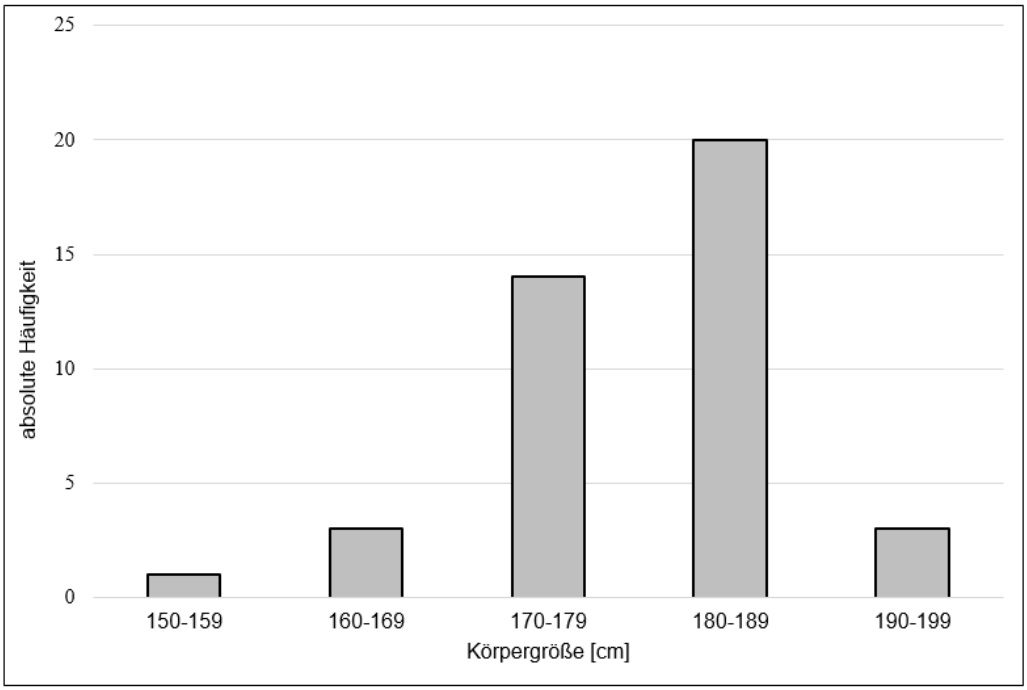


Abbildung 34: Körpergröße [cm] zum Zeitpunkt t_0 (N = 41).

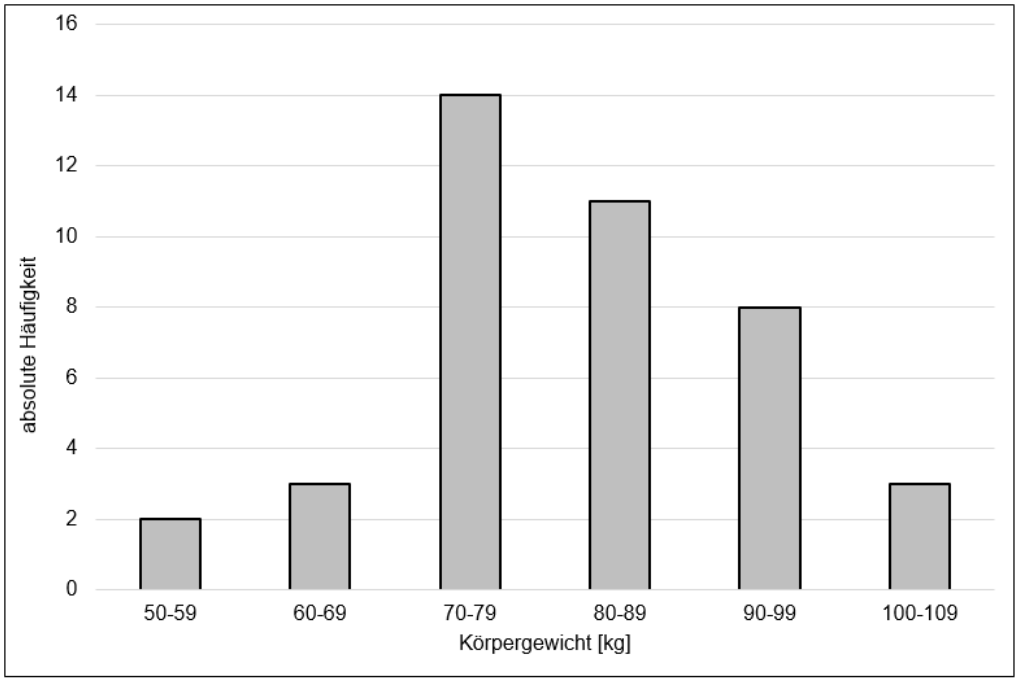


Abbildung 35: Körpergewicht [kg] zum Zeitpunkt t_0 (N = 41).

Die Stichprobe gab hinsichtlich sportlicher Aktivität an, durchschnittlich M = 3,95 (SD = 3,12) Stunden Freizeitsport und M = 1,85 (SD = 1,54) Stunden Dienstsport pro Woche

durchgeführt zu haben (vgl. Abbildung 36). Insgesamt betrug die sportliche Aktivität der Stichprobe *M* = 5,95 (*SD* = 3,69) Stunden pro Woche.

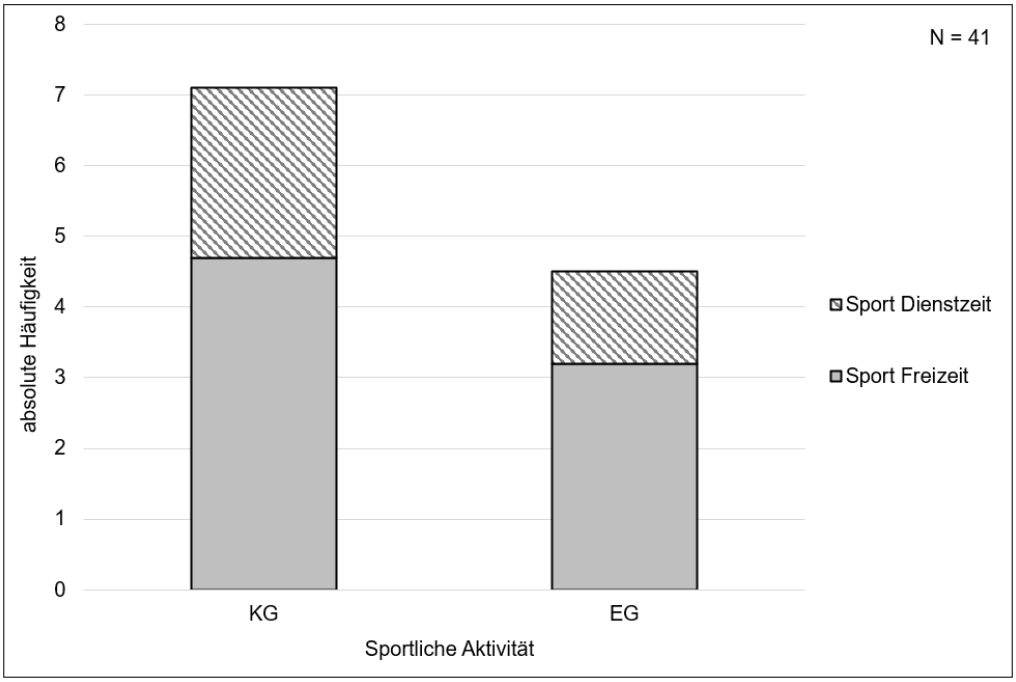


Abbildung 36: Sportliche Aktivität pro Woche zwischen t_0 und t_2 [Std./W.] (*N* = 41).

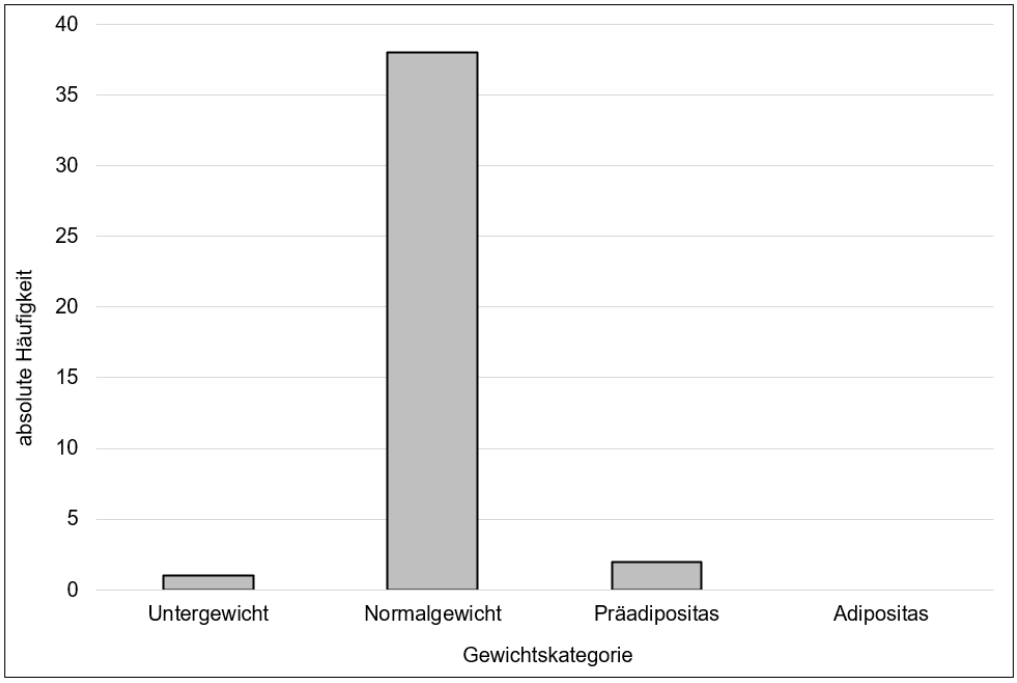


Abbildung 37: Body-Mass-Index zum Zeitpunkt t_0 (*N* = 41).

Leyk et al. (2010) beschreiben bei Untersuchungen mit Soldaten der Bundeswehr, dass 34,7 Prozent der Soldaten präadipös und 8,8 Prozent adipös sind. In vorliegender Untersuchung sind 2,4 Prozent der Untersuchungsteilnehmer untergewichtig, 92,7 Prozent normalgewichtig und 4,9 Prozent präadipös; kein Teilnehmer ist adipös (vgl. Abbildung 37). Die Soldaten in vorliegender Untersuchung weisen folglich einen besseren BMI als die Vergleichsgruppe von Leyk et al. (2010) auf.

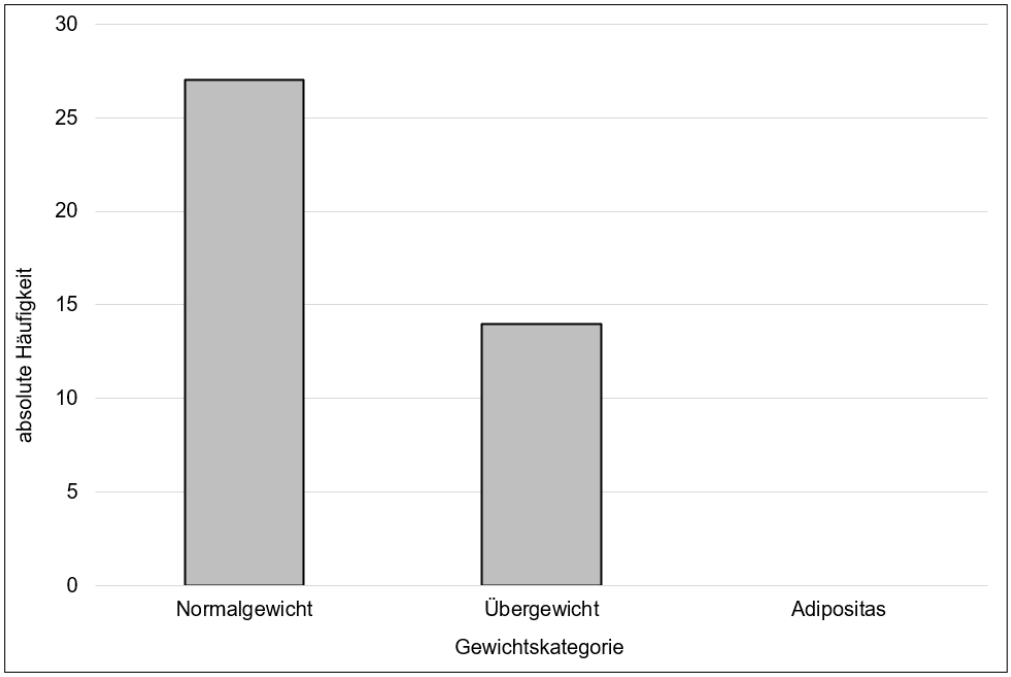


Abbildung 38: Waist-to-Hip-Ratio zum Zeitpunkt t_0 (N = 41).

Nach der Klassifizierung des WHR der Deutschen Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention weisen in vorliegender Untersuchung 27 Probanden ein Normalgewicht auf. 14 Untersuchungsteilnehmer sind übergewichtig, niemand ist adipös (vgl. Abbildung 38).

6.2 Psycho-physische Leistungsfähigkeit der Gesamtstichprobe

Nachfolgend werden die physischen- und psychischen Leistungsparameter der Gesamtstichprobe zu Untersuchungsbeginn dargestellt und erläutert. Die Untersuchungsteilnehmer erzielen eine durchschnittliche Punktzahl beim Koordinationstest mittels MFT Challenge Disc von M = 641,83 (SD = 93,90). Die Ergebnisse sind nomalverteilt (p = .745). Zwei Probanden liegen unterhalb von 500 Punkten während zwei oberhalb von 800 Punkten liegen (vgl. Abbildung 39).

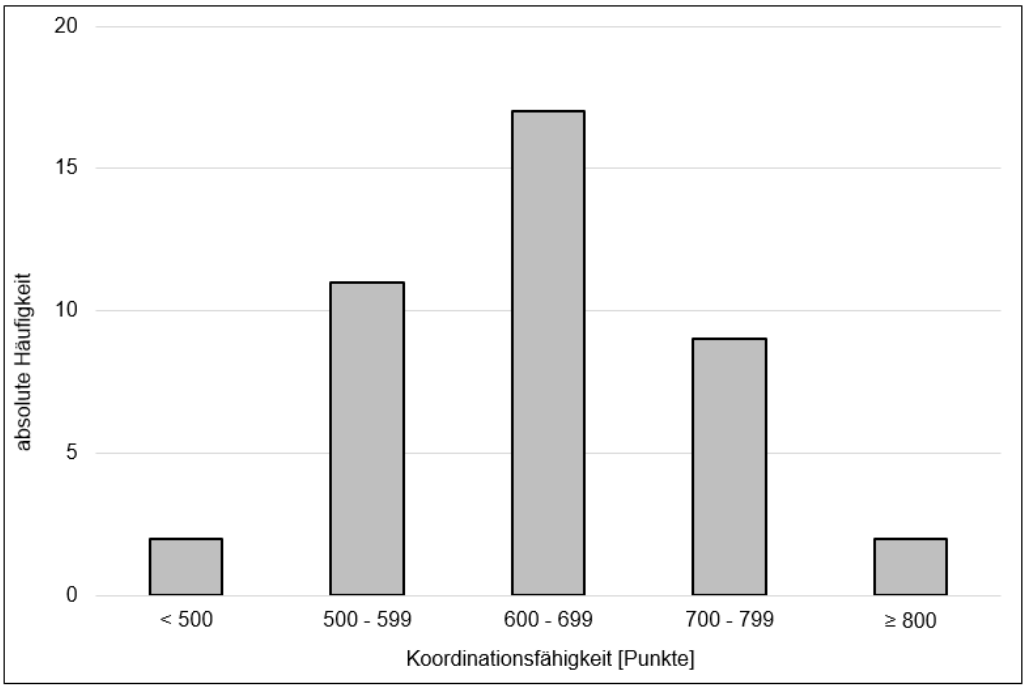


Abbildung 39: Koordinationsfähigkeit zum Zeitpunkt t_0 (N = 41).

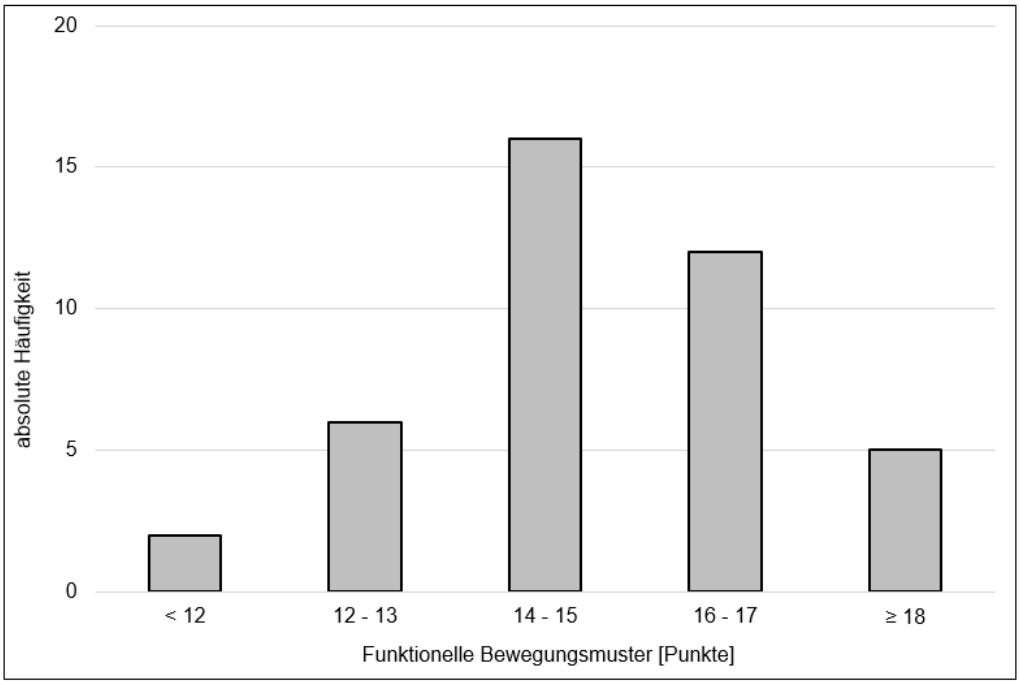


Abbildung 40: Funktionelle Bewegungsmuster zum Zeitpunkt t_0 (N = 41).

O'Connor, Deuster, Davis, Pappas und Knapik (2011) untersuchten Offizieranwärter der United States Marines und mit dem Testverfahren „Functional Movement Screen" und beschreiben einen mittleren FMS-Score von M = 16,6 (SD = 1,7). Die vorliegende Stichprobe erzielt einen mittleren FMS-Score von M = 15,32 (SD = 2,03), welcher im Vergleich zu den Ergebnissen von O'Connor et al. (2011) statistisch signifikant niedriger ist, t (40) = -4,05, p < .001. Die Ergebnisse der vorliegenden Stichprobe sind normalverteilt (p = .137). Während zwei Probanden weniger als zwölf Punkte erreichen, erzielen fünf Probanden eine Punktzahl von über 17. (vgl.
Abbildung 40).

Die Untersuchungsteilnehmer erzielen beim Testverfahren „Magglinger-Test" eine durchschnittliche Leistung der Rumpfkraft-Ausdauer von M = 263,54 (SD = 93,85). Vier Probanden halten den Test weniger als 300 Sekunden durch, während andere vier Probanden ≥ 450 Sekunden absolvieren. Die Ergebnisse der Stichprobe sind normalverteilt (p = .272) (vgl. Abbildung 41).

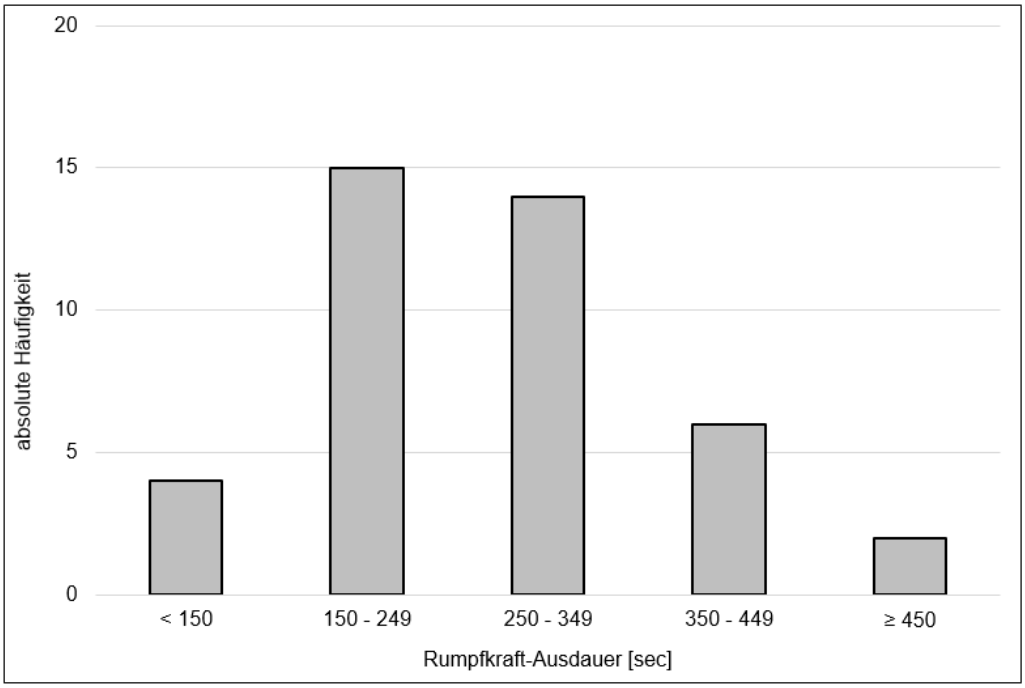


Abbildung 41: Rumpfkraft-Ausdauer zum Zeitpunkt t_0 (N = 41).

Die Untersuchungsteilnehmer erzielen beim Sprinttest des Basis-Fitness Test der Bundeswehr eine durchschnittliche Punktzahl von M = 376,93 (SD = 67,20). Die Ergebnisse der Stichprobe sind nicht normalverteilt ($p < .001$). Vier Probanden weisen beim Subtest Schnelligkeit des Basis-Fitness Test unter 300 Punkte auf während andere vier ≥ 450 Punkte erzielen (vgl. Abbildung 42).

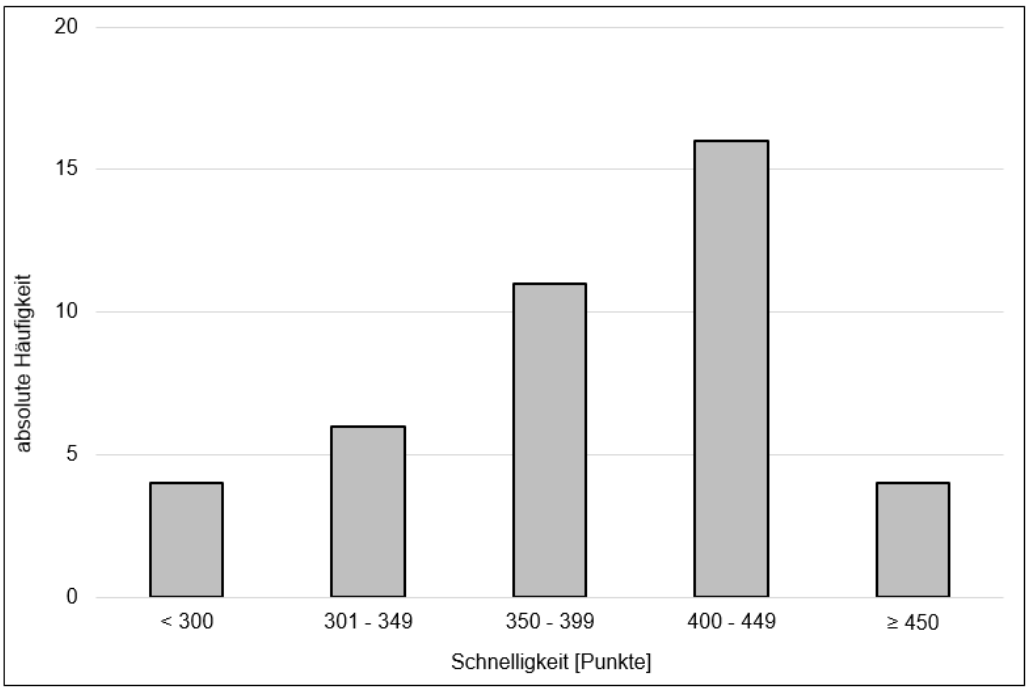


Abbildung 42: Schnelligkeit zum Zeitpunkt t_0 (N = 41).

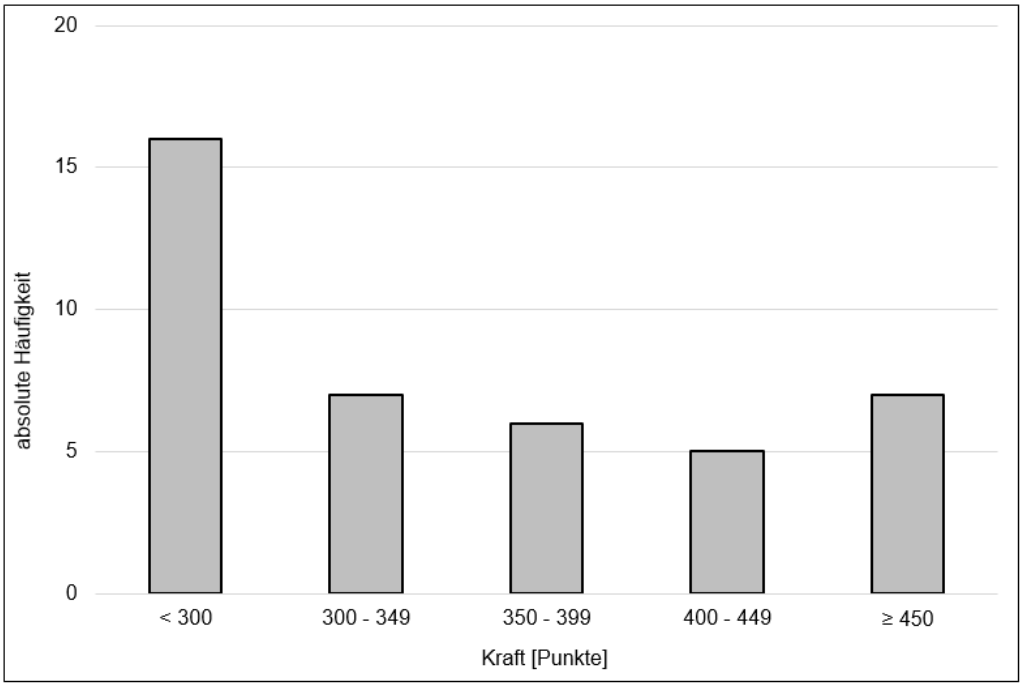


Abbildung 43: Kraft zum Zeitpunkt t_0 (N = 41).

Die Untersuchungsteilnehmer erzielen beim Subtest Klimmhang des Basis-Fitness Test der Bundeswehr eine durchschnittliche Punktzahl von M = 331,46 (SD = 105,36). Die Ergebnisse sind normalverteilt (p = .697). 16 Probanden weisen bei diesem Subtest eine

Punktzahl von unter 300 Punkten auf während sieben Probanden ≥ 450 Punkte erreichen (vgl. Abbildung 43).

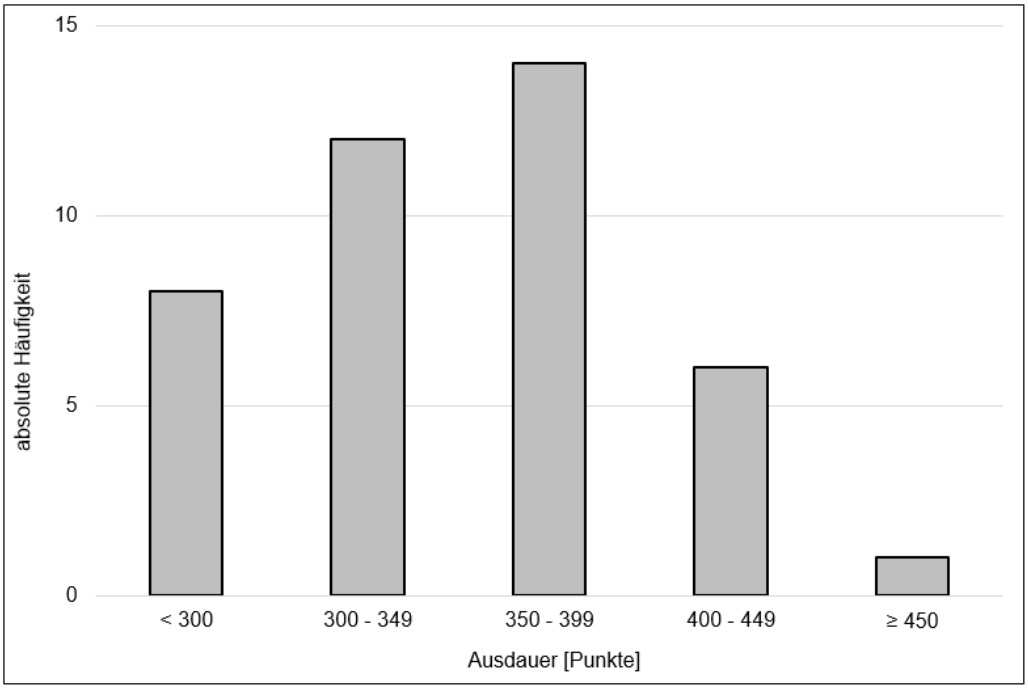


Abbildung 44: Ausdauerleistungsfähigkeit zum Zeitpunkt t_0 (N = 41).

Die Untersuchungsteilnehmer erzielen beim Subtest der Ausdauer des Basis-Fitness Test der Bundeswehr eine durchschnittliche Punktzahl von M = 337,37 (SD = 74,41). Die Ergebnisse der Stichprobe sind nicht normalverteilt (p = .007). Während acht Probanden bei diesem Subtest eine Punktzahl von unter 300 Punkten verzeichnen, erreicht ein Proband ≥ 450 Punkte (vgl. Abbildung 44).

Leyk et al. (2010) beschreiben in den Untersuchungen mit Soldaten der Bundeswehr, dass 91,6 Prozent der Männer und 67,1 Prozent der Frauen die Mindestanforderungen des BFT erfüllen. 90,2 Prozent der Studienteilnehmer absolvierten den BFT erfolgreich. In vorliegender Untersuchung erfüllte jeder Untersuchungsteilnehmer die Mindestanforderungen des BFT. Die Probanden erzielen beim BFT eine durchschnittliche Punktzahl von M = 1045,76 (SD = 208,37). Die Ergebnisse der Untersuchungsgruppe sind normalverteilt (p = .465). Vier Probanden verzeichnen eine Gesamtpunktzahl von unter 700 während drei Probanden ≥ 1300 Punkte erzielen (vgl. Abbildung 45).

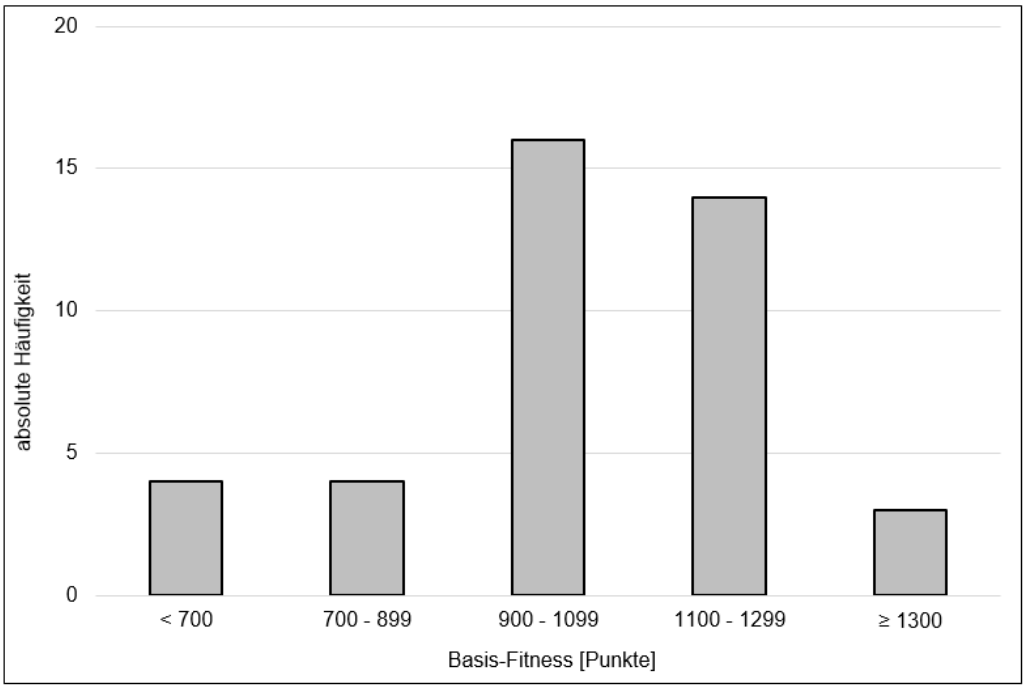


Abbildung 45: Basis-Fitness-Test zum Zeitpunkt t_0 (N = 41).

Hinz et al. (2006, S. 32) beschreiben altersspezifische Normwerte der allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung (SWE-10) und unterteilen diese in zwei Altersgruppen (Altersgruppe 1: 14 bis 30 Jahre; Altersgruppe 2: 31 bis 60 Jahre) (vgl. Anhang E). Die Stichprobe in vorliegender Untersuchung ist M = 30,93 (SD = 5,53) Jahre alt und ist dementsprechend Altersgruppe 2 zuzuordnen. Hinz et al. (2006, S. 32) beschreiben in dieser Altersgruppe einen Mittelwert von M = 30,12 (SD = 5,08). Die vorliegende Stichprobe weist einen Skalenrohwert von M = 31,02 (SD = 2,85) auf und verzeichnet damit einen statistisch signifikant höheren Skalenrohwert als die Vergleichsgruppen von Hinz et al. (2006), t (40) = 2,03, p = .049. Die Ergebnisse der Stichprobe sind normalverteilt (p = 288). Vier Probanden weisen einen Skalenrohwert von unter 27 auf während zwei Probanden einen Score von über 35 erreichen (vgl. Abbildung 46).

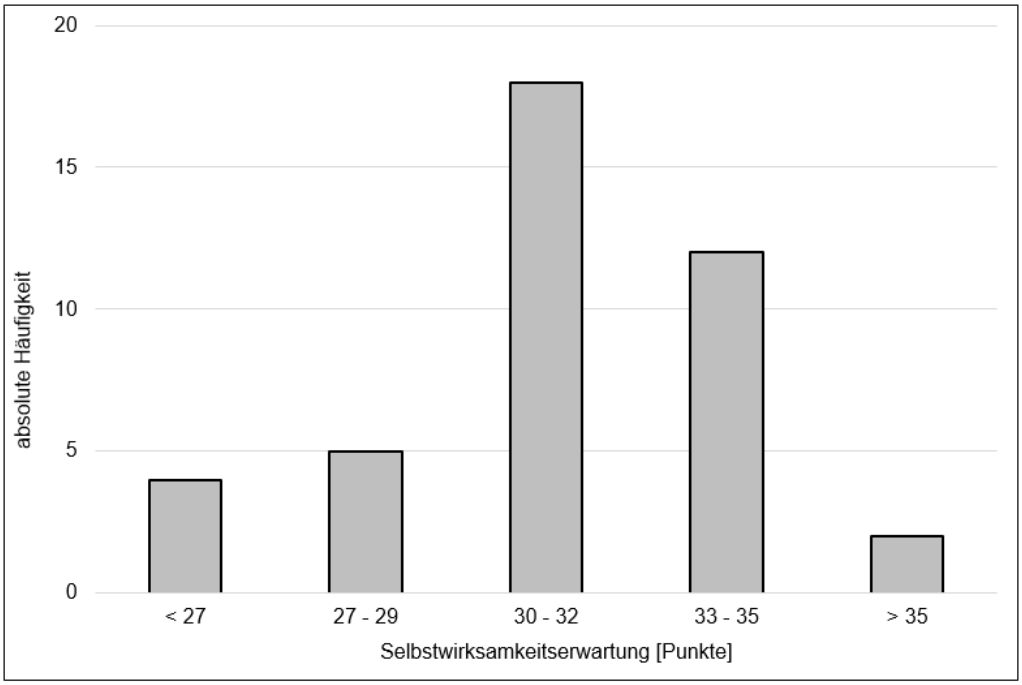


Abbildung 46: Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung zum Zeitpunkt t_0 (*N* = 41).

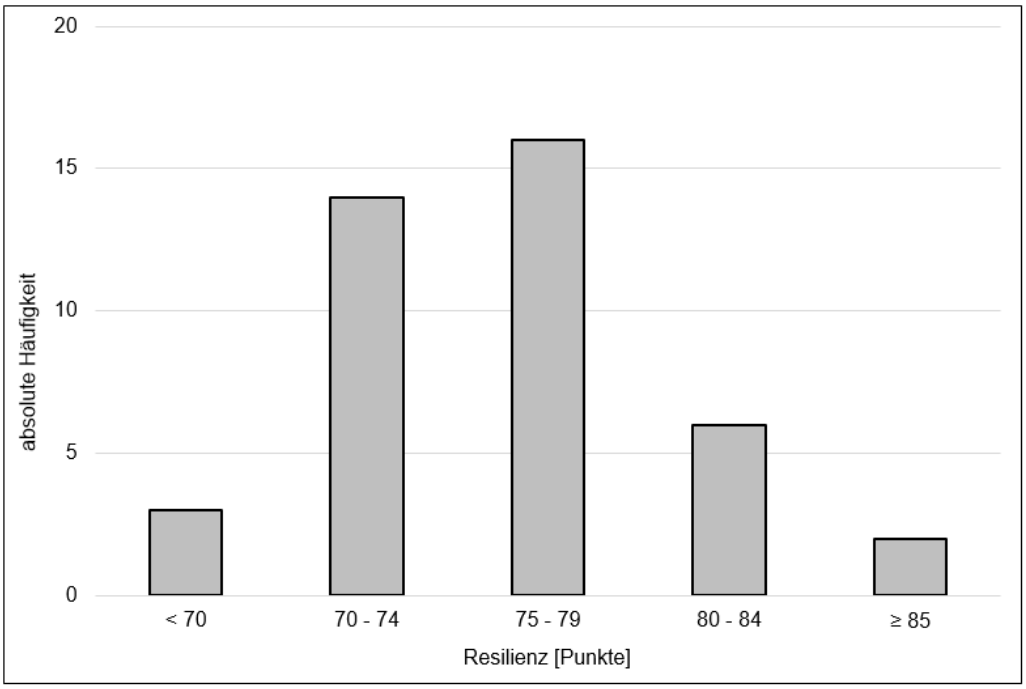


Abbildung 47: Resilienz zum Zeitpunkt t_0 (*N* = 41).

Die vorliegende Stichprobe weist einen Skalenrohwert der Resilienz von *M* = 75,73 (*SD* = 5,14) auf (vgl. Abbildung 47Abbildung 46). Leppert et al. (2008, S. 14) beschreiben einen durchschnittlichen Normwert von *M* = 70 (*SD* = 12). Die vorliegende Stichprobe

weist demnach eine statistisch signifikant höhere Merkmalsausprägung auf als die Vergleichsgruppe von Leppert et al. (2008), t (40) = 7,14, $p < .001$. Die Ergebnisse der Untersuchungsgruppe sind normalverteilt ($p = .262$). Drei Probanden verzeichen einen Skalenrohwert von unter 70, wohingegen zwei Probanden einen Score von ≥ 85 aufweisen (vgl. Abbildung 47).

Tabelle 28: Statistische Kennwerte der Variablen für die Gesamtstichprobe (N = 41).

VAR	TZP	Gesamtstichprobe				
		N	MIN	MAX	M	SD
Alter [Jahre]	t_0	41	22	44	30,93	5,53
Körpergröße [cm]	t_0	41	156	198	180,34	8,22
Körpergewicht [kg]	t_0	41	53	107	81,37	12,06
	t_2	41	56,8	111	83,01	12,42
BMI [kg/m²]	t_0	41	19,9	30,3	24,90	2,36
	t_2	41	19,1	31,3	25,41	2,56
WHR	t_0	41	0,79	0,99	0,89	0,05
	t_2	41	0,76	1,02	0,87	0,06
Koordinations-fähigkeit [Punkte]	t_0	41	462	841	641,83	93,90
	t_2	41	383	890	695,95	115,46
Functional Movement [Punkte]	t_0	41	11	20	15,32	2,03
	t_2	41	12	20	16,46	1,70
Rumpfkraft-Ausdauer [sec]	t_0	41	119	484	263,54	93,85
	t_2	41	80	600	249,17	119,88
Schnelligkeit [Punkte]	t_0	41	153	479	376,93	67,20
	t_2	41	237	460	371,39	48,70
Kraft [Punkte]	t_0	41	110	532	331,46	105,36
	t_2	41	110	574	316,27	110,95
Ausdauer [Punkte]	t_0	41	132	464	337,37	74,41
	t_2	41	122	458	330,66	74,02
Basis-Fitness-Test [Punkte]	t_0	41	486	1435	1045,76	208,37
	t_2	41	612	1421	1018,32	196,73
Selbstwirksamkeit [Punkte]	t_0	41	25	37	31,02	2,85
	t_2	41	22	39	31,98	4,02
Resilienz [Punkte]	t_0	41	61	86	75,73	5,14
	t_2	41	56	86	75,46	6,57
Sport-Aktivität Freizeit [Std./Wo]	t_0 - t_2	41	0	6	3,95	3,12
Sport-Aktivität Dienstzeit [Std./Wo]	t_0 - t_2	41	0	4	1,85	1,54

Tabelle 29: Statistische Kennwerte der Variablen für die EG (*n* = 18).

VAR	TZP	EG				
		n	MIN	MAX	M	SD
Alter [Jahre]	t_0	18	27	43	30,61	3,78
Körpergröße [cm]	t_0	18	160	192	179,78	7,07
Körpergewicht [kg]	t_0	18	56,5	99	80,6	9,94
	t_2	18	56,8	102	82,41	9,61
BMI [kg/m²]	t_0	18	21,8	29,2	24,86	2,11
	t_2	18	22,2	29,5	25,45	1,92
WHR	t_0	18	0,79	0,99	0,91	0,05
	t_2	18	0,78	0,99	0,89	0,06
Koordinations-fähigkeit [Punkte]	t_0	18	462	841	672,11	93,19
	t_2	18	540	863	704,50	92,14
Functional Movement [Punkte]	t_0	18	14	19	15,67	1,28
	t_2	18	15	20	16,94	1,39
Rumpfkraft-Ausdauer [sec]	t_0	18	119	484	273,22	91,56
	t_2	18	144	600	260,39	126,08
Schnelligkeit [Punkte]	t_0	18	283	451	380,61	52,50
	t_2	18	306	445	378,33	44,14
Kraft [Punkte]	t_0	18	211	485	346,94	76,17
	t_2	18	151	495	328	97,68
Ausdauer [Punkte]	t_0	18	153	429	326,50	69,39
	t_2	18	164	411	338	59,73
Basis-Fitness-Test [Punkte]	t_0	18	698	1281	1054,06	157,78
	t_2	18	736	1272	1044,33	165,17
Selbstwirksamkeit [Punkte]	t_0	18	25	37	31,44	3,15
	t_2	18	27	38	31,78	3,30
Resilienz [Punkte]	t_0	18	61	84	75,11	5,21
	t_2	18	56	84	74,67	6,41
Sport-Aktivität Frei-zeit [Std./Wo]	t_0 - t_2	18	0	4	3,2	1,87
Sport-Aktivität Dienstzeit [Std./Wo]	t_0 - t_2	18	1	3	1,3	1,22

Die Teilnahmequote an Interventionsmaßnahmen im Rahmen von HPE unterschied sich innerhalb der EG. Während elf Piloten der EG die Interventionsmaßnahmen weitestgehend nutzten, nahmen sieben Piloten keine Maßnahmen in Anspruch. Die Möglichkeit der Teilnahme stand allen Untersuchungsteilnehmern frei. Eine Ergebnisdarstellung ohne die „nicht-teilnehmenden“ Piloten ist dem Anhang beigefügt (vgl. Anhang A).

Tabelle 30: Statistische Kennwerte der Variablen für die KG (*n* = 23).

VAR	TZP	KG				
		n	MIN	MAX	M	SD
Alter [Jahre]	t_0	23	22	44	31,17	6,67
Körpergröße [cm]	t_0	23	156	198	180,78	9,15
Körpergewicht [kg]	t_0	23	53	107	81,98	13,68
	t_2	23	58	111	83,48	14,43
BMI [kg/m²]	t_0	23	19,9	30,3	24,93	2,59
	t_2	23	19,1	31,3	25,39	3,01
WHR	t_0	23	0,80	0,97	0,87	0,05
	t_2	23	0,76	1,02	0,86	0,07
Koordinations-fähigkeit [Punkte]	t_0	23	486	777	618,13	89,35
	t_2	23	383	890	689,26	132,56
Functional Movement [Punkte]	t_0	23	11	20	15,04	2,46
	t_2	23	12	20	16,09	1,86
Rumpfkraft-Ausdauer [sec]	t_0	23	119	454	255,96	96,95
	t_2	23	80	583	240,39	116,89
Schnelligkeit [Punkte]	t_0	23	153	479	374,04	77,86
	t_2	23	237	460	365,96	52,30
Kraft [Punkte]	t_0	23	110	532	319,35	123,89
	t_2	23	110	574	307,09	121,69
Ausdauer [Punkte]	t_0	23	132	464	345,87	78,57
	t_2	23	122	458	324,91	84,41
Basis-Fitness-Test [Punkte]	t_0	23	486	1435	1039,26	244,15
	t_2	23	612	1421	997,96	219,78
Selbstwirksamkeit [Punkte]	t_0	23	26	35	30,70	2,62
	t_2	23	22	39	32,13	4,58
Resilienz [Punkte]	t_0	23	64	86	76,22	5,14
	t_2	23	63	86	76,09	6,77
Sport-Aktivität Freizeit [Std./Wo]	t_0 - t_2	23	0	6	4,71	2,34
Sport-Aktivität Dienstzeit [Std./Wo]	t_0 - t_2	23	0	4	2,42	1,75

6.3 Psycho-physische Leistungsfähigkeit bei zusätzlich erhobenen Variablen der EG

Nachfolgend werden zusätzlich erhobene Leistungsparameter der EG zu Untersuchungsbeginn dargestellt und erläutert. Die Eurofighter-Piloten absolvierten in ihrer bisherigen Karriere als Pilot insgesamt *M* = 932,61 (*SD* = 541,97) Flugstunden auf unterschiedlichen Luftfahrzeugmustern (vgl. Abbildung 48). Die Ausbildung zum Kampfpilot beginnt in Sheppard (USA) beim Euro NATO Joint Jet Pilot Training Programm (ENJJPT). Dort fliegen die Piloten die Luftfahrzeugmuster Grob G120A, Beechcraft T-6 Texan II und Northrop T-38 Talon. Nach Abschluss der Ausbildung entscheidet sich der weitere Weg der Kampfpiloten. Entweder Panavia PA-200 Tornado oder Eurofighter Typhoon. Die Piloten in vorliegender Untersuchung absolvierten bis Untersuchungsbeginn *M* = 278,44 (*SD* = 243,61) Flugstunden auf dem Luftfahrzeugmuster Eurofighter Typhoon (vgl. Abbildung 48).

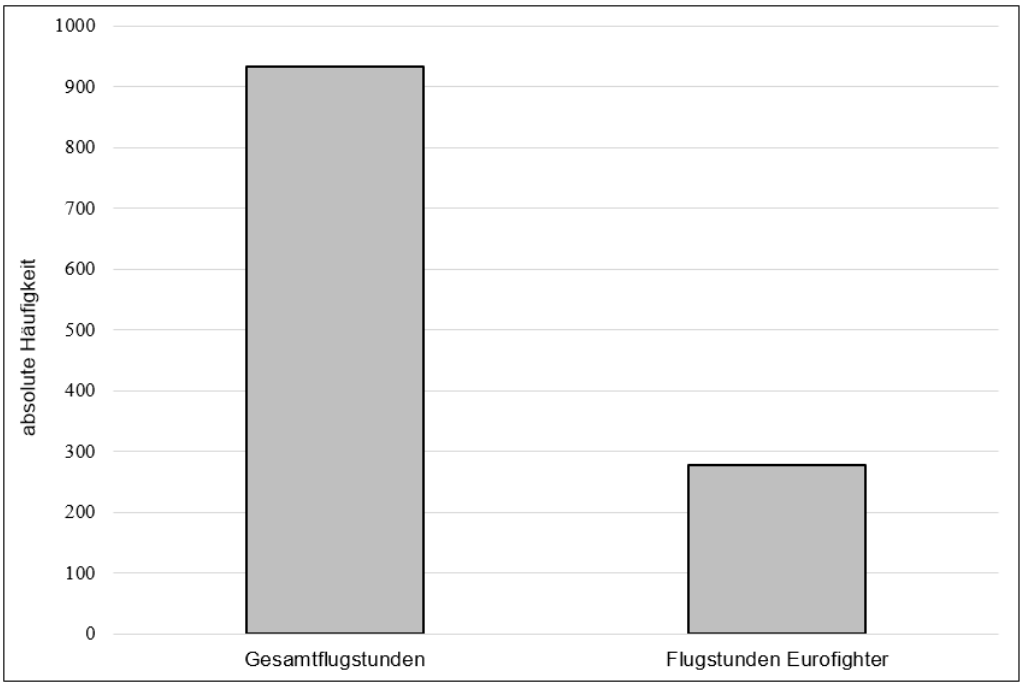


Abbildung 48: Flugstunden [Std] zum Zeitpunkt t_0 (*n* = 18).

Bei der EG verursachten im Zeitraum t_0 bis t_2 acht Krankheitsbilder insgesamt 141 krankheitsbedingte Flugausfalltage (vgl. Abbildung 49). Das entspricht 7,8 Tagen DNIF (Duty not including flying) pro Pilot. Die beiden größten Anteile entfallen auf die Krankheitsbilder Grippe (40 %) und Gastroenteritis (29 %).

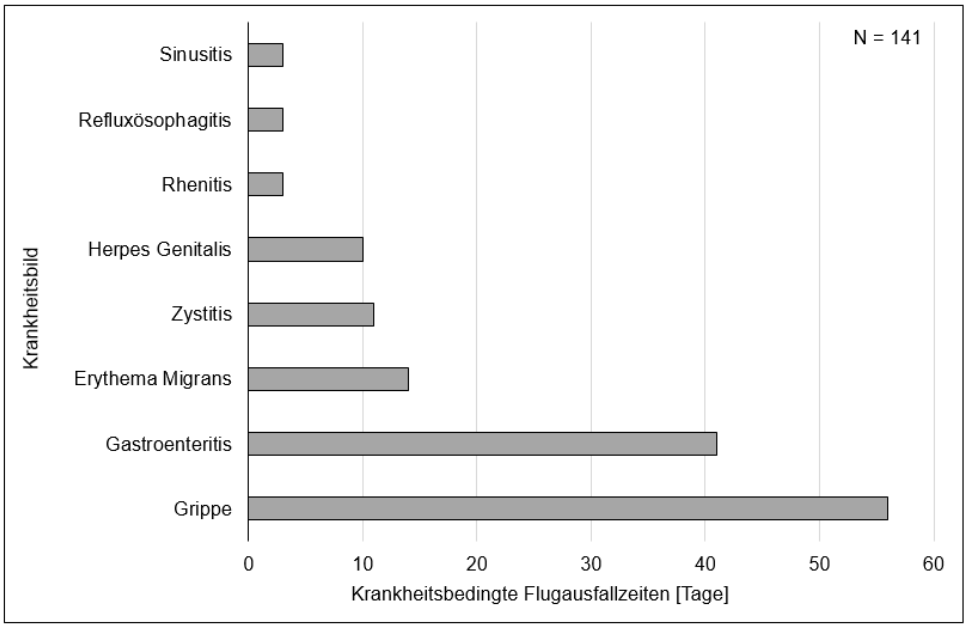


Abbildung 49: Krankheitsbedingte Flugausfallzeiten [Tage] zwischen t_0 und t_2 (n = 18).

Im Zeitraum t_{-2} bis t_0 (retrospektiv) verursachten acht Fälle von muskuloskelettalen Einschränkungen acht Flugausfalltage (Coxalgie, muskulärer Hartspann BWS, ISG Blockade, HWS- und BWS-Syndrom, BWS Blockade, HWS-Syndrom, Patellaspitzen-Syndrom, Myogelose Schulterblatt) (vgl. Abbildung 50). Diese Diagnosen zogen zwischen ein und zwei Tagen Fluguntauglichkeit nach sich. Im Zeitraum t_0 bis t_2 ist lediglich ein Fall von muskuloskelettalen Einschränkungen aufgekommen (LWS-Syndrom). Dieser resultierte in sieben Tagen Fluguntauglichkeit.

Die Piloten der EG absolvierten zwischen t_0 und t_2 folgende Trainings-/Therapieeinheiten im Rahmen des HPE-Programms (vgl. Abbildung 51): Manuelle Therapie (MT: M = 5,89; SD = 6,98), Krankengymnastik (KG: M = 2,72; SD = 4,03), Wärmetherapie (WT: M = 0,86; SD = 1,17), Corrective Exercises (CEX: M = 1,42; SD = 1,73), Flugmedizinisches Gerätetraining (FGT: M = 0,89; SD = 2,01),Funktionelles Training (FAT: M = 4,58; SD = 4,6), Ausdauertraining (ADT: M = 0,83; SD = 1,15) (vgl.

Abbildung 51). Im Wochendurchschnitt entspricht dies einer aufsummierten Trainings-/Therapiedauer von 18 Minuten pro Pilot (vgl. Abbildung 52).

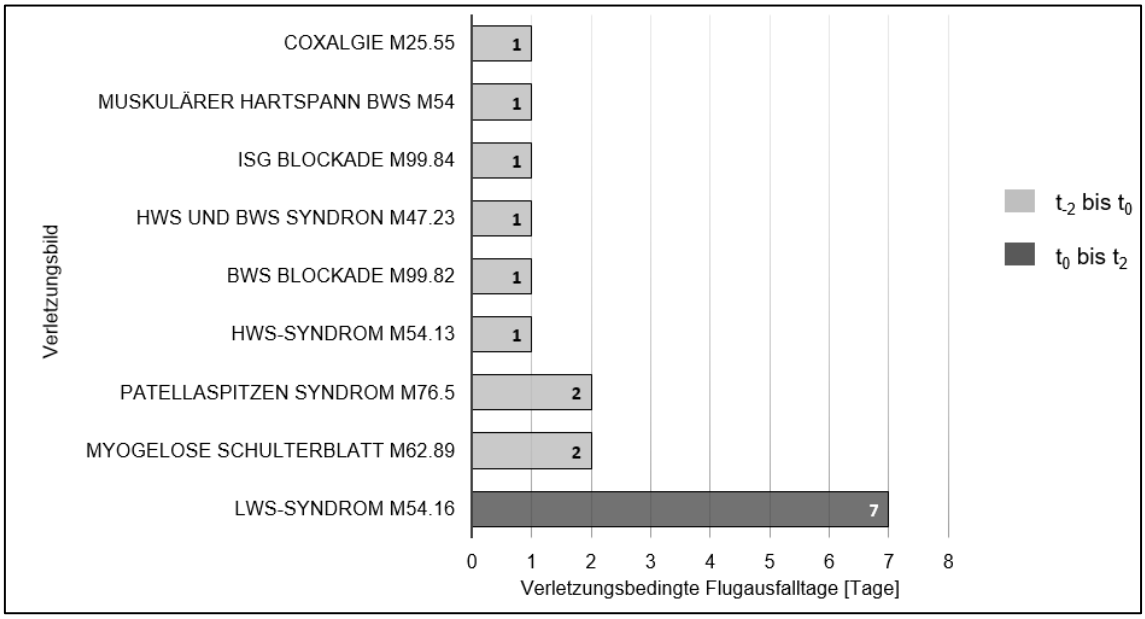


Abbildung 50: Verletzungsbedingte Flugausfallzeiten [Tage] zwischen t_0 und t_2 (n = 18).

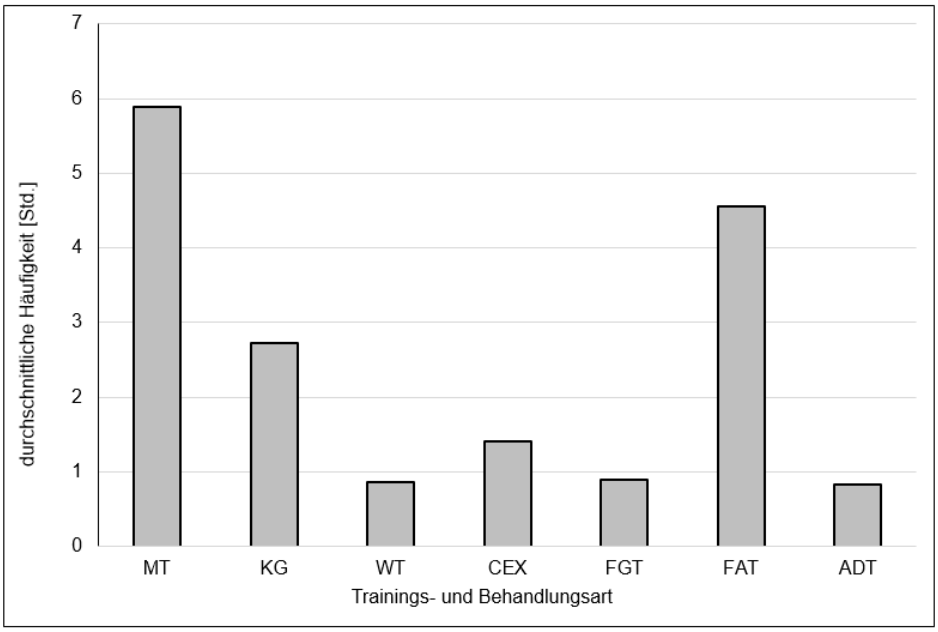


Abbildung 51: Durchschnittliche Häufigkeit der Trainings-/Therapieart HPE zwischen t_0 und t_2 [Std.] (n = 18).

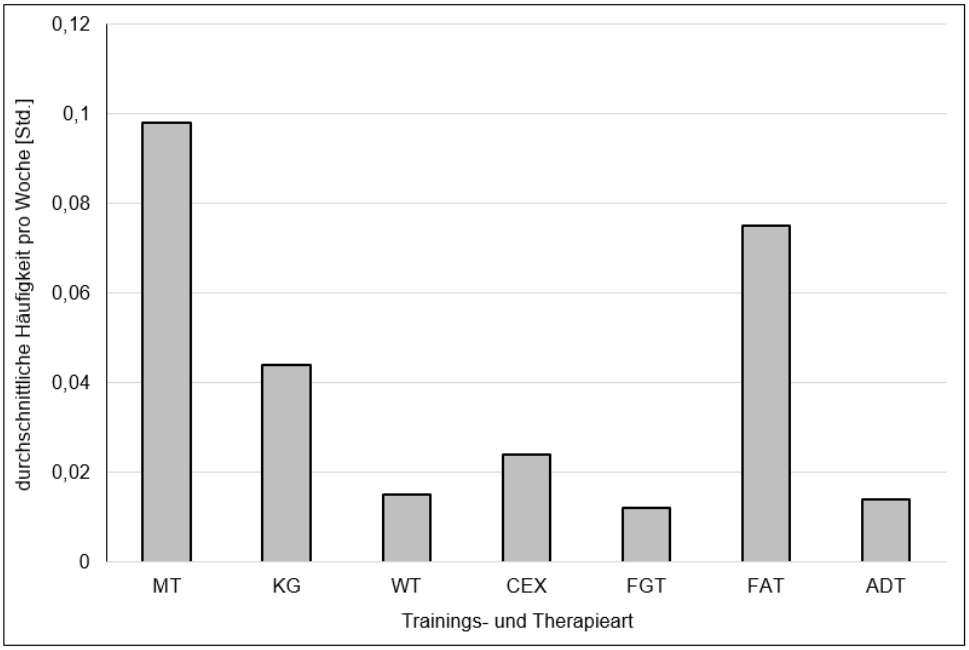


Abbildung 52: Durchschnittliche Trainings-/Therapieart HPE pro Woche zwischen t_0 und t_2 [Std.] (n = 18).

Die nachfolgenden Ergebnisse der isometrischen Maximalkraftmessungen wurden in jeder Massenbewegung kategorisiert.

Die Probanden in vorliegender Untersuchung erzielen eine durchschnittliche isometrische Maximalkraft bei thorakaler Extension von M = 350,28 (SD = 72,44) Newtonmeter. Die Ergebnisse der Stichprobe sind normalverteilt (p = .333). Ein Untersuchungsteilnehmer verzeichnet eine Maximalkraft von weniger als 250 Newtonmeter während vier Probanden ≥ 400 Newtonmeter erzielen (vgl. Abbildung 53).

Während ein Proband eine Maximalkraft bei thorakaler Flexion von unter 150 Newtonmeter verzeichnet, erzielt ein anderer Proband ≥ 300 Newtonmeter (vgl. Abbildung 54). Insgesamt erreichen die Probanden eine durchschnittliche isometrische Maximalkraft bei thorakaler Flexion von M = 232,11 (SD = 44,52) Newtonmeter. Die Ergebnisse der Stichprobe sind normalverteilt (p = .396).

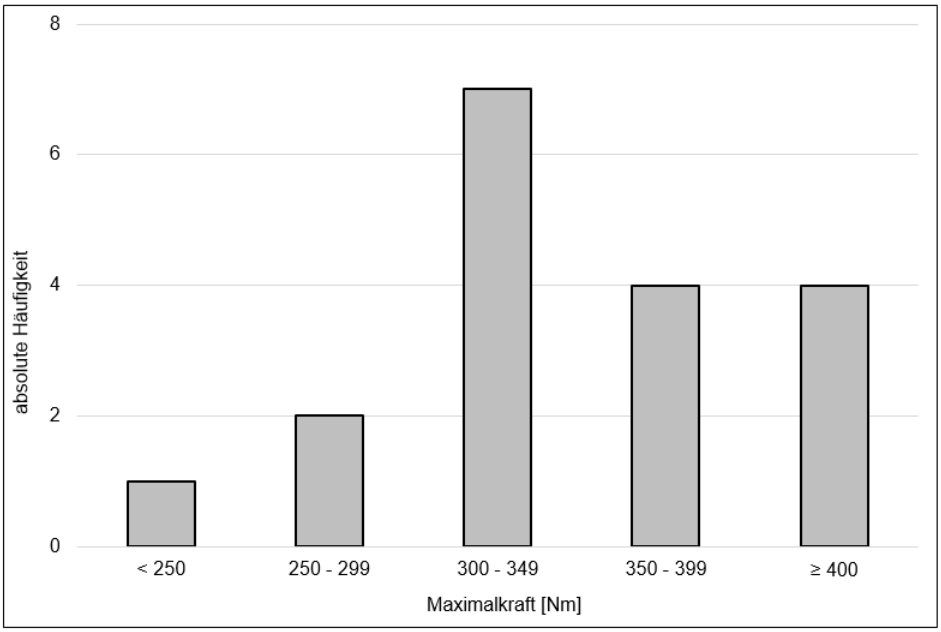


Abbildung 53: Maximalkraft thorakale Extension zum Zeitpunkt t_0 (n = 18).

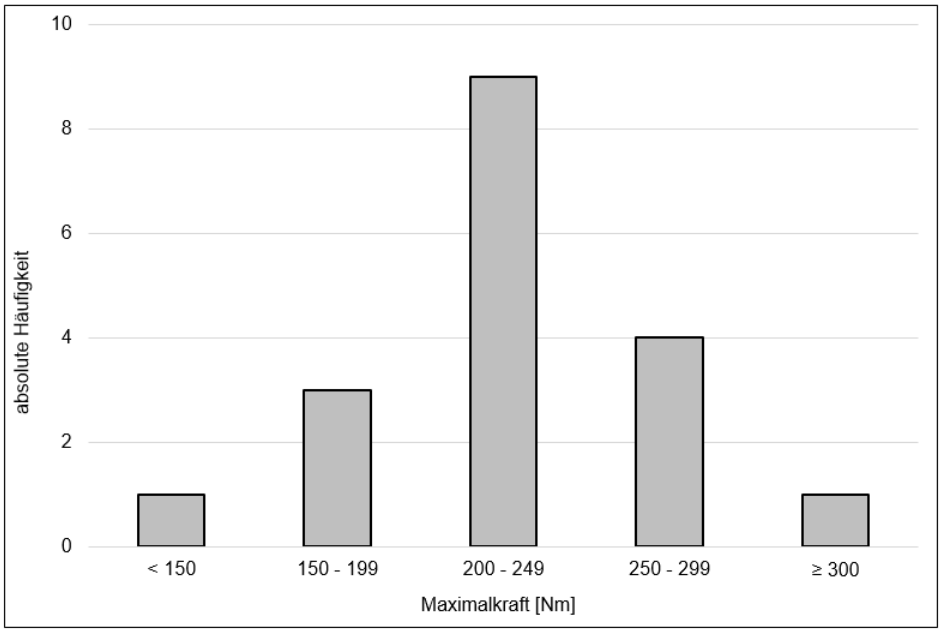


Abbildung 54: Maximalkraft thorakale Flexion zum Zeitpunkt t_0 (n = 18).

Die Untersuchungsteilnehmer in vorliegender Studie erzielen eine durchschnittliche isometrische Maximalkraft bei thorakaler Lateralflexion rechts von M = 183,5 (SD = 41,12) Newtonmeter. Die Ergebnisse sind nicht normalverteilt (p = .006). Während ein Proband

eine Maximalkraft von unter 100 Newtonmeter verzeichnet, weist im Gegensatz zur thorakalen Lateralflexion links, keiner eine Maximalkraft von ≥ 250 Newtonmeter auf (vgl. Abbildung 55).

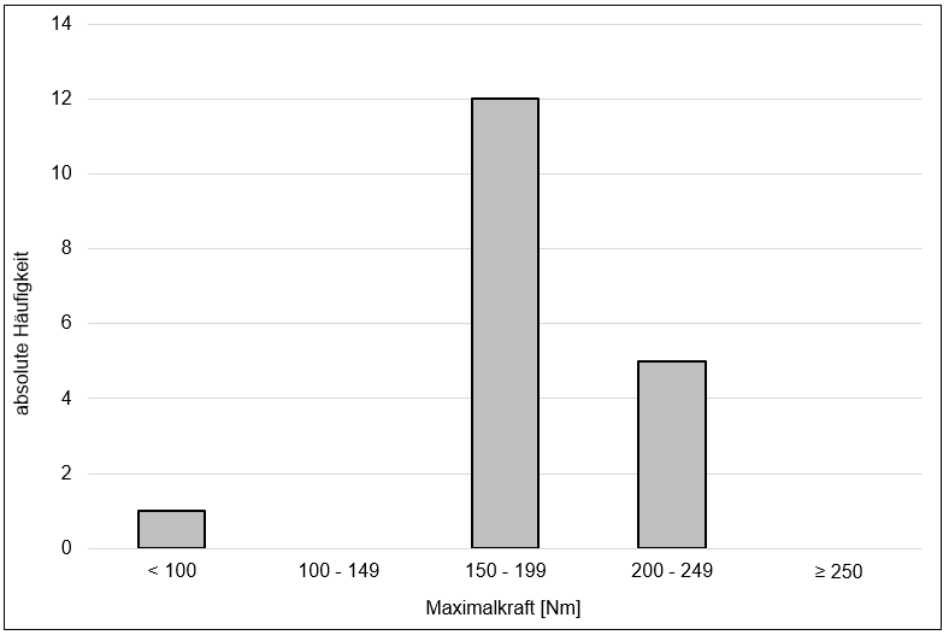


Abbildung 55: Maximalkraft thorakale Lateralflexion rechts zum Zeitpunkt t_0 (n = 18).

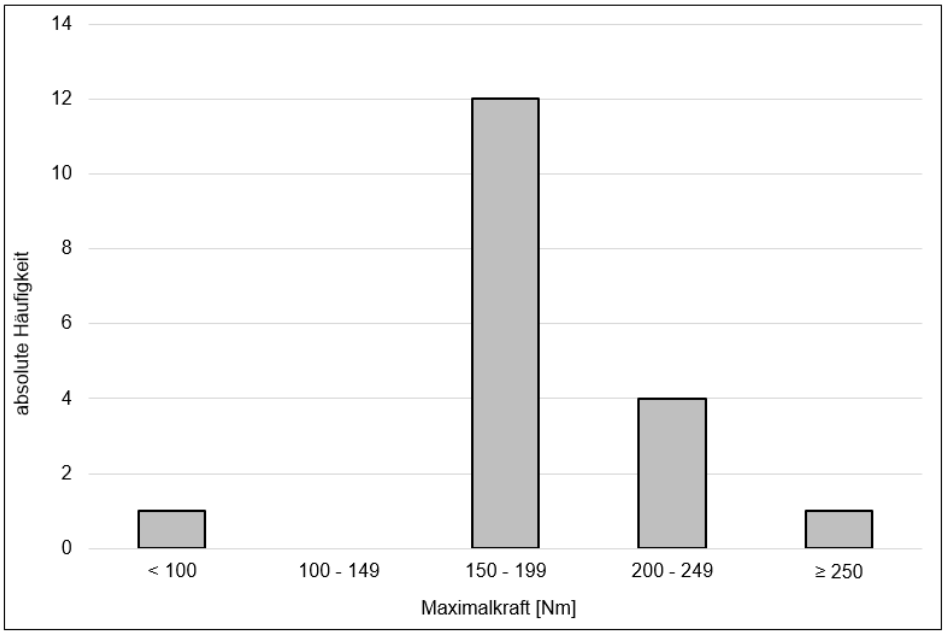


Abbildung 56: Maximalkraft thorakale Lateralflexion links zum Zeitpunkt t_0 (n = 18).

Die Probanden in vorliegender Untersuchung erzielen eine durchschnittliche isometrische Maximalkraft bei thorakaler Lateralflexion links von *M* = 187,17 (*SD* = 41,00) Newtonmeter. Die Ergebnisse der Stichprobe sind nicht normalverteilt (*p* = .039). Ein Untersuchungsteilnehmer verzeichnet eine Maximalkraft von unter 100 Newtonmeter wobei ein anderer ≥ 250 Newtonmeter erzielt (vgl. Abbildung 56).

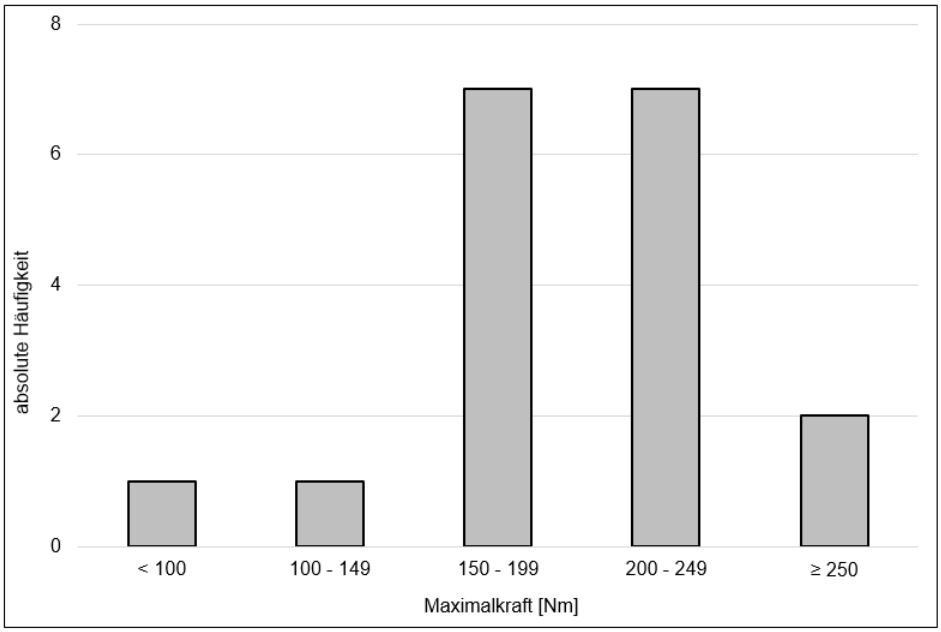


Abbildung 57: Maximalkraft thorakale Rotation rechts zum Zeitpunkt t_0 (*n* = 18).

Hinsichtlich der isometrischen Maximalkraft thorakale Rotation rechts weist ein Untersuchungsteilnehmer eine Kraft von unter 100 Newtonmeter auf während zwei Probanden eine Maximalkraft von ≥ 250 Newtonmeter erreichen (vgl. Abbildung 57). Insgesamt erzielen die Untersuchungsteilnehmer eine durchschnittliche isometrische Maximalkraft bei thorakaler Rotation rechts von *M* = 195,86 (*SD* = 40,82) Newtonmeter. Die Ergebnisse sind normalverteilt (*p* = .779).

Die Untersuchungsteilnehmer in vorliegender Studie erzielen eine durchschnittliche isometrische Maximalkraft bei thorakaler Rotation links von *M* = 188,28 (*SD* = 37,57) Newtonmeter. Die Ergebnisse sind normalverteilt (*p* = .221). Im Gegensatz zur thorakalen Rotation rechts weist kein Proband eine Maximalkraft von ≥ 250 Newtonmeter auf. Ein Untersuchungsteilnehmer verzeichnet eine Kraft von unter 100 Newtonmeter (vgl. Abbildung 58).

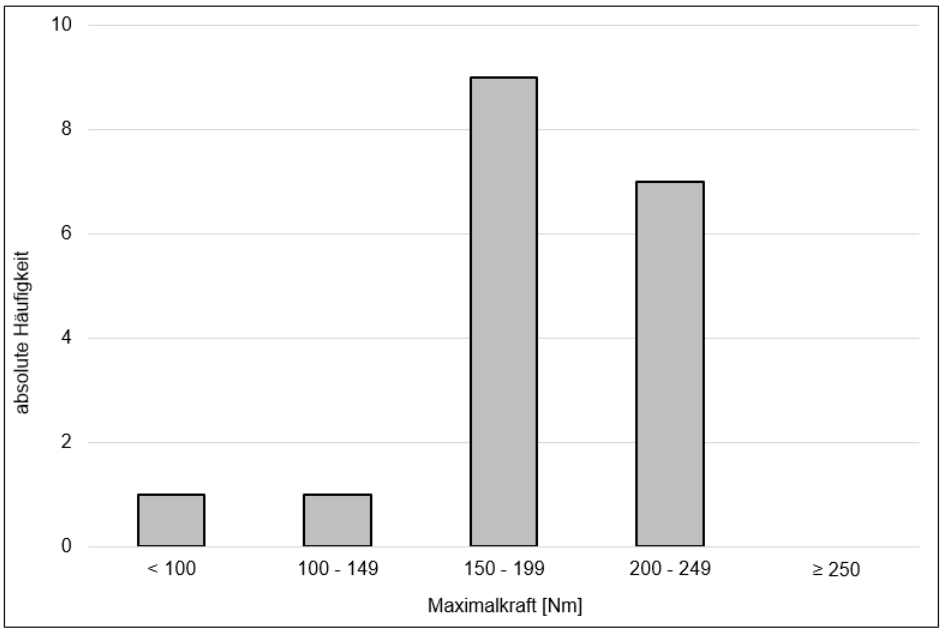


Abbildung 58: Maximalkraft thorakale Rotation links zum Zeitpunkt t_0 (n = 18).

Die Probanden in vorliegender Untersuchung erzielen eine durchschnittliche isometrische Maximalkraft bei cervikale Extension von M = 54,67 (SD = 10,24) Newtonmeter. Die Ergebnisse der Stichprobe sind normalverteilt (p = .818). Während ein Untersuchungsteilnehmer eine Maximalkraft von unter 40 Newtonmeter verzeichnet, erzielen 2 eine Kraft von ≥ 70 Newtonmeter (vgl. Abbildung 59).

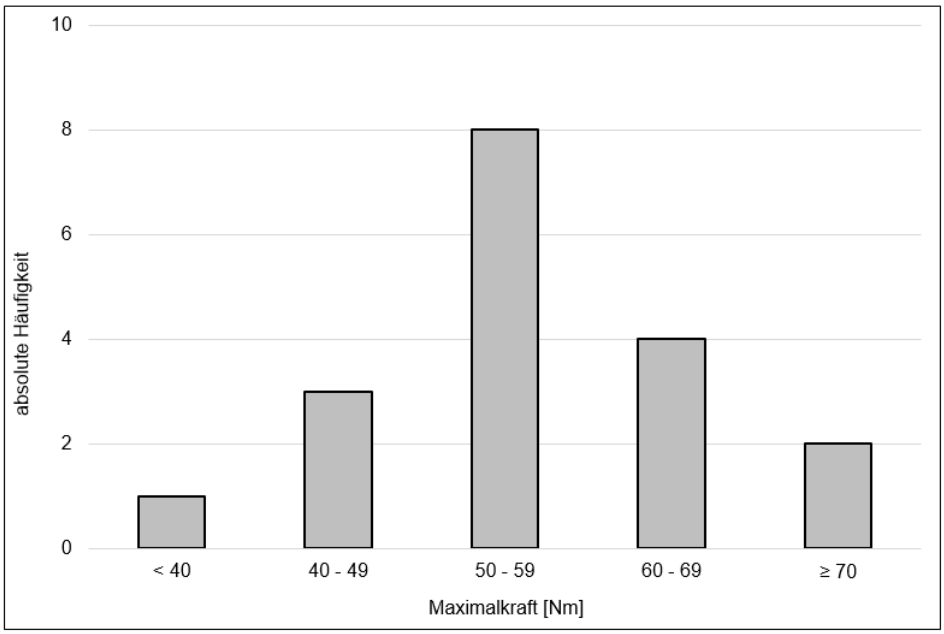


Abbildung 59: Maximalkraft cervikale Extension zum Zeitpunkt t_0 (n = 18).

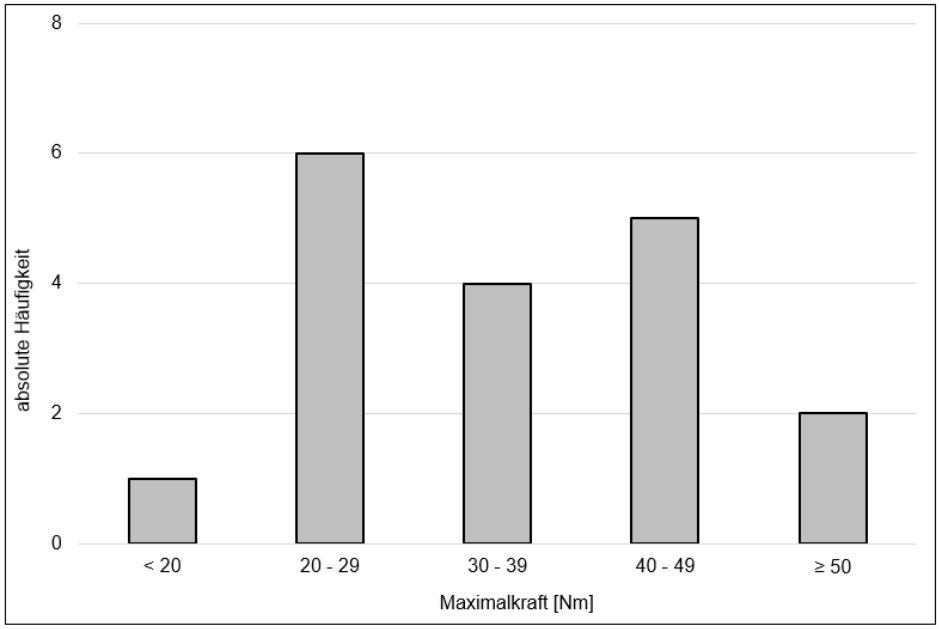


Abbildung 60: Maximalkraft cervikale Flexion zum Zeitpunkt t_0 (n = 18).

Während ein Probanden eine Maximalkraft bei cervikaler Flexion von unter 20 Newtonmeter erreicht, verzeichnen zwei Untersuchungsteilnehmer Werte von ≥ 50 Newtonmeter (vgl. Abbildung 60). Insgesamt erzielen die Untersuchungsteilnehmer eine durchschnittliche isometrische Maximalkraft bei cervikale Flexion von M = 34,78 (SD = 10,14) Newtonmeter. Die Ergebnisse sind normalverteilt (p = .792).

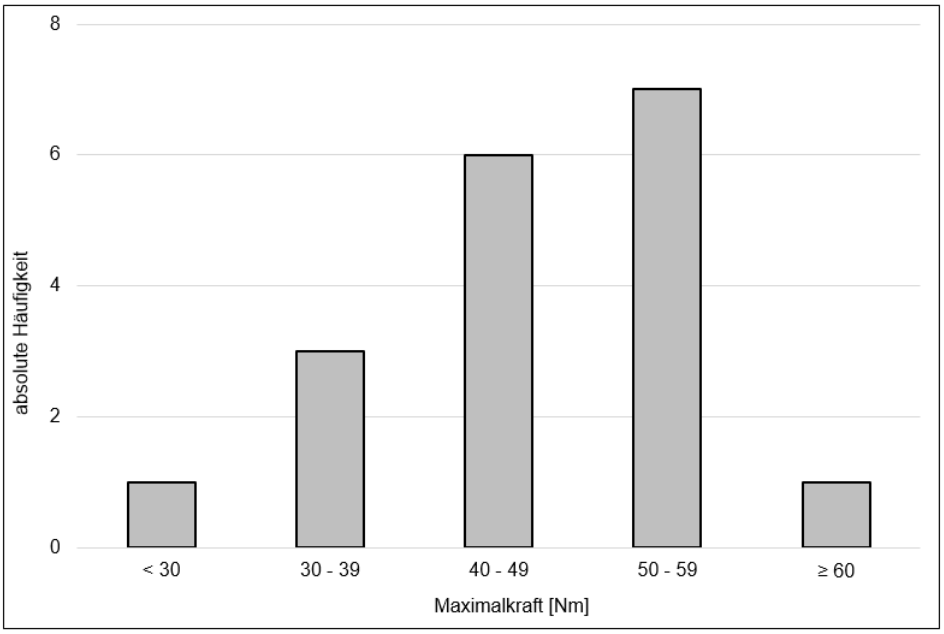


Abbildung 61: Maximalkraft cervikale Lateralflexion rechts zum Zeitpunkt t_0 (n = 18).

Die Probanden in vorliegender Untersuchung erzielen eine durchschnittliche isometrische Maximalkraft bei cervikale Lateralflexion rechts von M = 46,56 (SD = 9,10) Newtonmeter. Die Ergebnisse der Stichprobe sind normalverteilt (p = .156). Während ein Proband eine Maximalkraft von unter 30 Newtonmeter aufweist, erreicht ein anderer einen Wert ≥ 60 Newtonmeter (vgl. Abbildung 61).

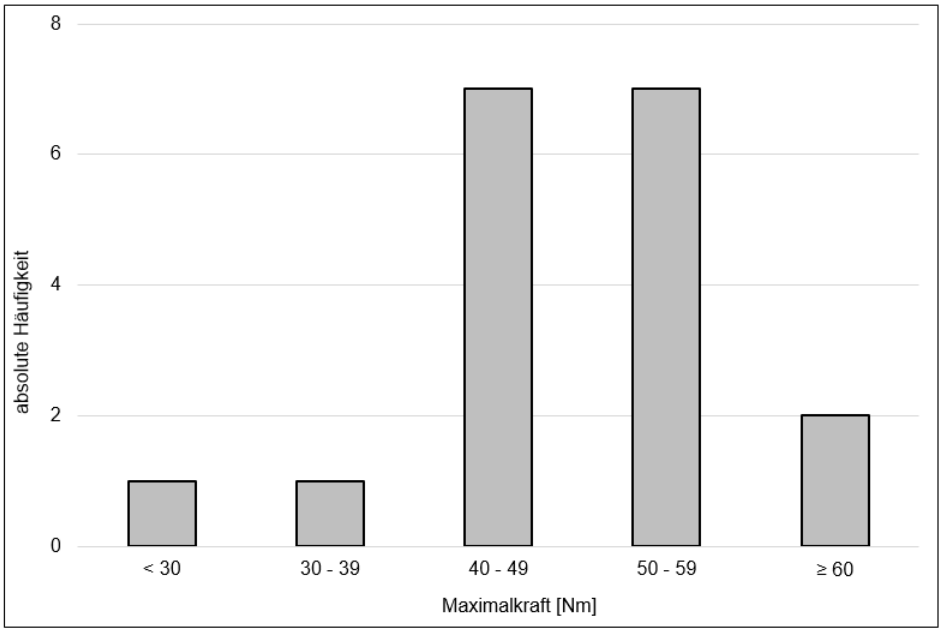


Abbildung 62: Maximalkraft cervikale Lateralflexion links zum Zeitpunkt t_0 (n = 18).

Die Untersuchungsteilnehmer in vorliegender Untersuchung erzielen eine durchschnittliche isometrische Maximalkraft bei cervikale Lateralflexion links von *M* = 48,22 (*SD* = 10,22) Newtonmeter. Die Ergebnisse der Untersuchungsgruppe sind normalverteilt (*p* = .255). Auch hier weist ein Proband eine Maximalkraft von unter 30 Newtonmeter auf, wohingegen zwei eine Maximalkraft ≥ 60 Newtonmeter erzielen (vgl. Abbildung 62).

Bei der cervikalen Rotation rechts weisen zwei Untersuchungsteilnehmer eine Maximalkraft von unter 15 Newtonmeter auf, während zwei andere Kraftwerte ≥ 30 Newtonmeter erreichen (vgl. Abbildung 63). Insgesamt erzielen die Teilnehmer eine durchschnittliche isometrische Maximalkraft bei cervikale Rotation rechts von *M* = 22,67 (*SD* = 5,79) Newtonmeter. Die Ergebnisse der Stichprobe sind normalverteilt (*p* = .311).

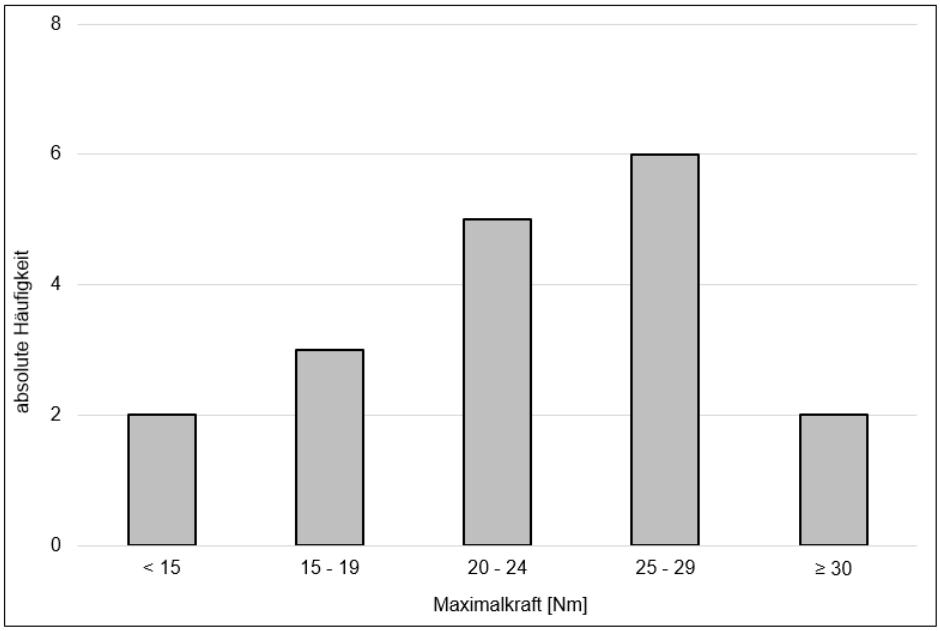


Abbildung 63: Maximalkraft cervikale Rotation rechts zum Zeitpunkt t_0 (*n* = 18).

Die Probanden erzielen eine durchschnittliche isometrische Maximalkraft bei cervikale Rotation links von *M* = 22,17 (*SD* = 4,94) Newtonmeter. Ergebnisse der Untersuchungsgruppe sind normalverteilt (*p* = .314). Im Gegensatz zur Maximalkraftemessung rechts weist hier ein Proband Werte von unter 15 Newtonmeter auf, wobei kein Untersuchungsteilnehmer eine Kraft von ≥ 30 Newtonmeter verzeichnet (vgl. Abbildung 64).

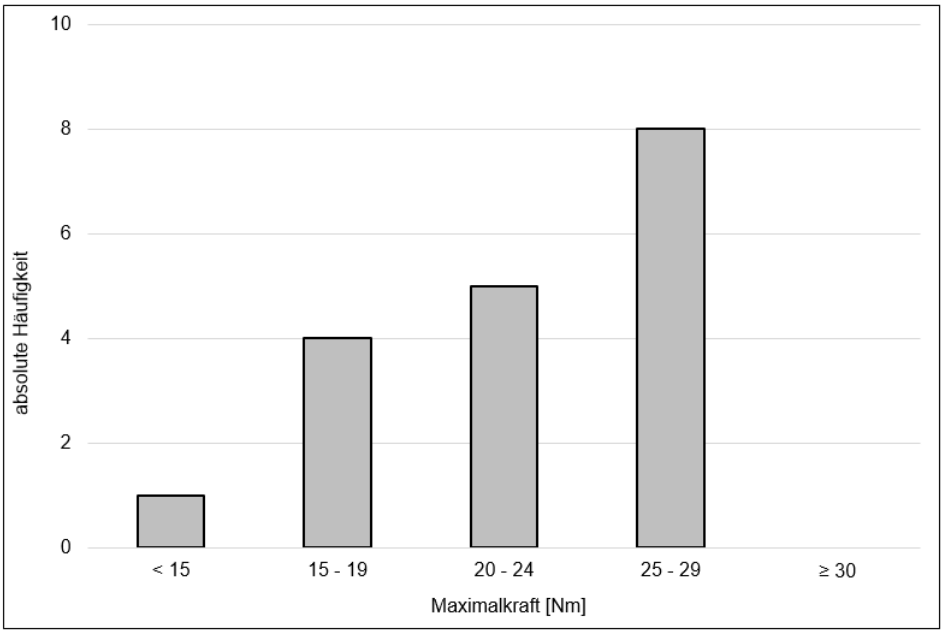


Abbildung 64: Maximalkraft cervikale Rotation links zum Zeitpunkt t_0 (n = 18).

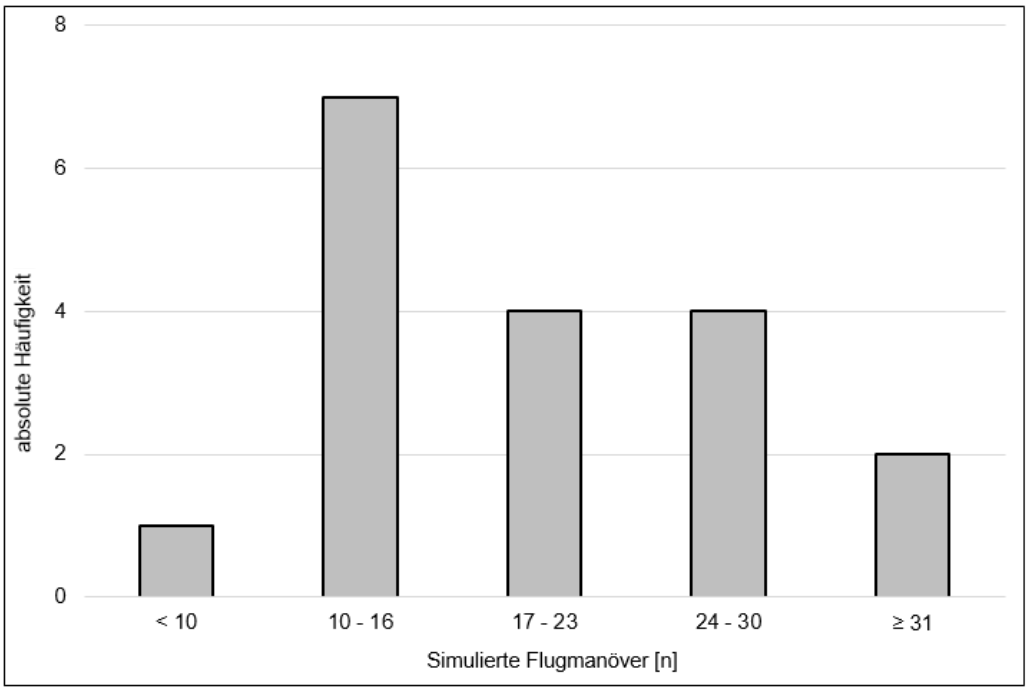


Abbildung 65: Durchgehaltene simulierte Flugmanöver zum Zeitpunkt t_0 (n = 18).

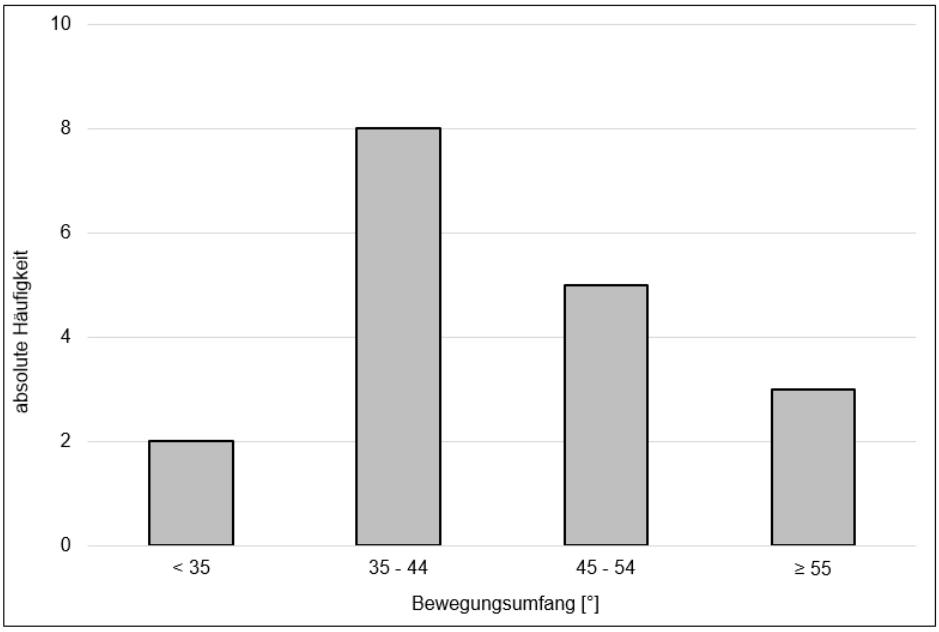


Abbildung 66: ROM thorakale Rotation rechts zum Zeitpunkt t_0 (n = 18).

Die Probanden in vorliegender Untersuchung haben einen maximalen Bewegungsumfang bei thorakaler Rotation rechts von M = 44,00 (SD = 7,91) Grad. Die Ergebnisse sind normalverteilt (p = .218). Während zwei Probanden einen Bewegungsumfang von unter 35 Grad erreichen, weisen drei Untersuchungsteilnehmer einen Bewegungsumfang ≥ 55 Grad auf (vgl. Abbildung 66).

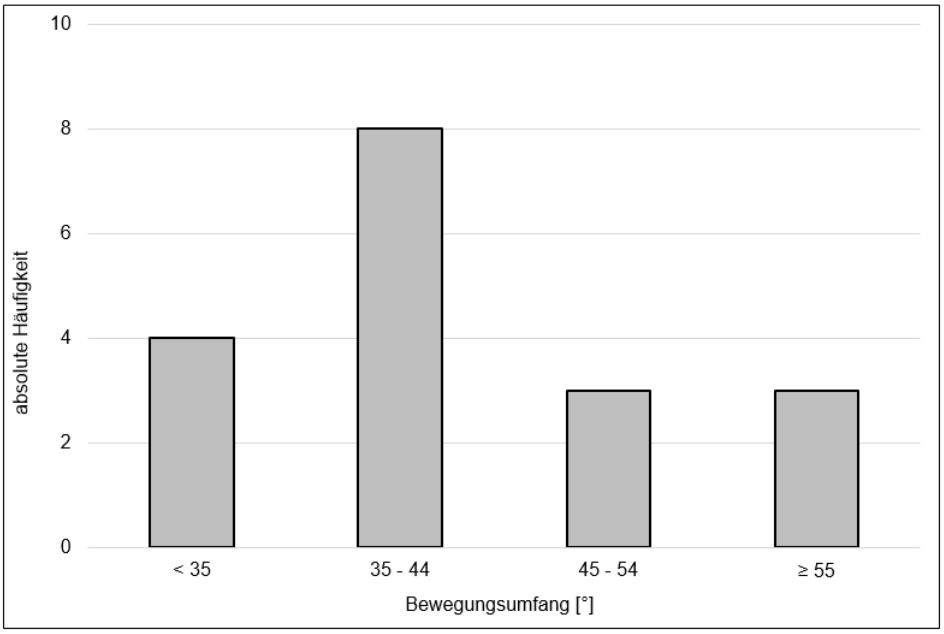


Abbildung 67: ROM thorakale Rotation links zum Zeitpunkt t_0 (n = 18).

Die Untersuchungsteilnehmer in vorliegender Untersuchung haben einen maximalen Bewegungsumfang bei thorakaler Rotation links von *M* = 43,11 (*SD* = 9,60) Grad. Die Ergebnisse der Stichprobe sind normalverteilt (*p* = .487). Im Gegensatz zur Messung rechts weisen hier vier Probanden einen Bewegungsumfang von unter 35 Grad auf während drei andere Umfänge ≥ 55 Grad verzeichnen (vgl. Abbildung 67).
Beim Bewegungsumfang der cervikalen Rotation rechts weist ein Untersuchungsteilnehmer einen Umfang von unter 50 Grad auf und zwei Probanden einen Wert ≥ 80 Grad. (vgl. Abbildung 68). Die Ergebnisse der Untersuchungsgruppe sind normalverteilt (*p* = .827). Die Probanden in vorliegender Untersuchung haben einen maximalen Bewegungsumfang bei cervikaler Rotation rechts von *M* = 65,22 (*SD* = 11,11) Grad.

Ähnlich zu den Ergebnissen der Bewegungsumfänge rechts weist bei den Messungen links ein Proband einen Wert von unter 50 Grad auf, während 2 Untersuchungsteilnehmer Bewegungsumfänge von ≥ 80 Grad erreichen (vgl. Abbildung 69).

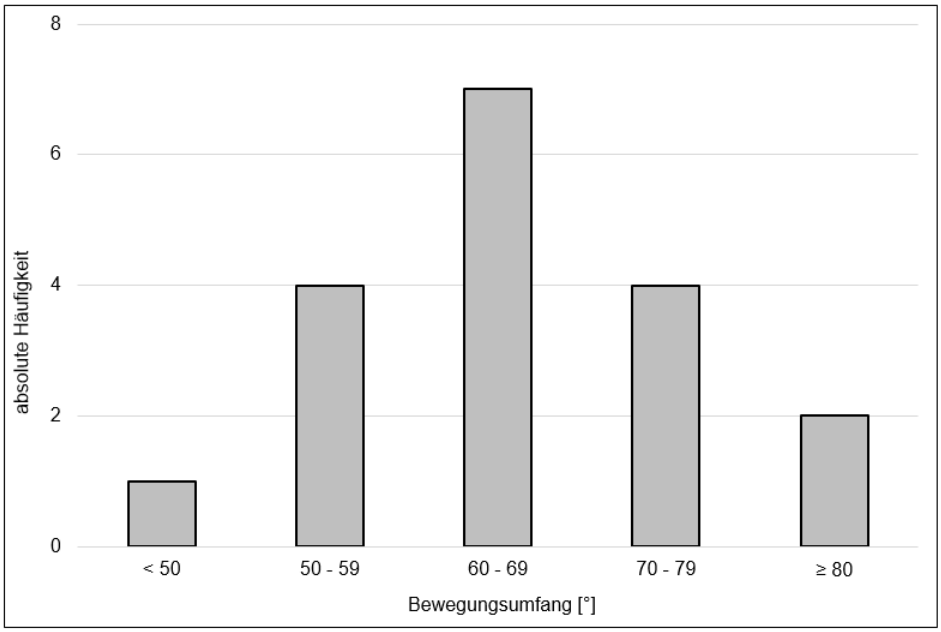


Abbildung 68: ROM cervikale Rotation rechts zum Zeitpunkt t_0 (*n* = 18).

Die Probanden in vorliegender Untersuchung haben einen maximalen Bewegungsumfang bei cervikaler Rotation links von *M* = 67,39 (*SD* = 9,22) Grad. Die Ergebnisse der Stichprobe sind normalverteilt (p = .293) (vgl. Abbildung 69).

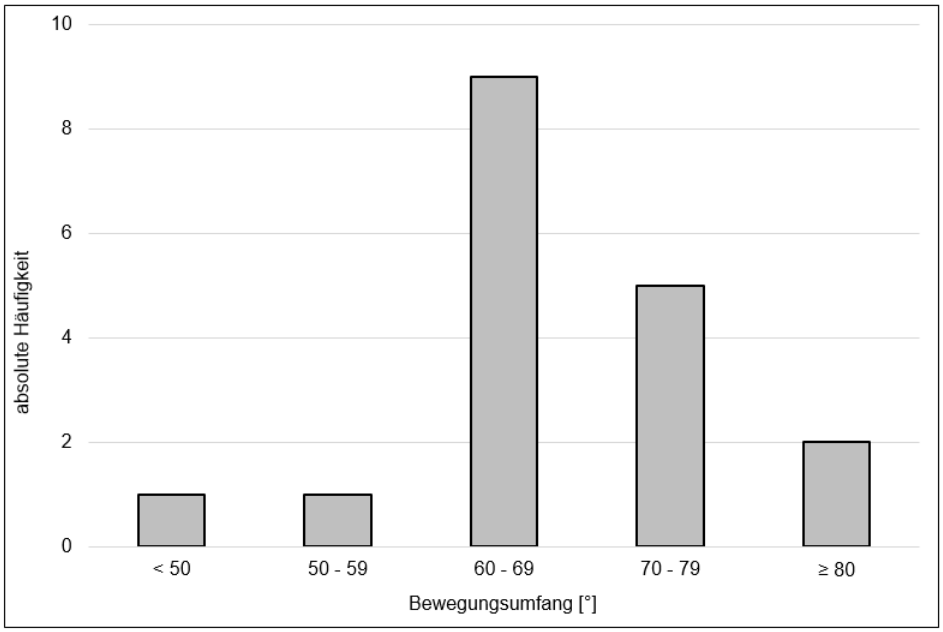


Abbildung 69: ROM cervikale Rotation links zum Zeitpunkt t_0 (*n* = 18).

15 Eurofighter-Piloten absolvierten eine spiroergometrische Untersuchung auf einem Fahrradergometer (vgl. Abbildung 31). Die maximale Sauerstoffaufnahme lag bei *M* = 3,40 L/min (*SD* = 0,62). Relativiert auf das Körpergewicht betrug diese *M* = 41,87 ml/min/kg (*SD* = 4,96). Die maximal erreichte Herzfrequenz lag bei *M* = 175,87 1/sec (*SD* = 9,43). Die Untersuchungsgruppe erreichte eine Testdauer bis Abbruch durch Erschöpfung von *M* = 645,8 Sekunden (*SD* = 140,8) bei einer Ventilation von *M* = 107,01 Liter (*SD* = 20,56). Die Ventilatorische Schwelle 1 lag bei einer Herzfrequenz von *M* = 124,46 1/sec (*SD* = 12,96) und die Ventilatorische Schwelle 2 bei *M* = 164,40 (*SD* = 11,78). Die relative PWC 150 lag bei *M* = 2,13 W/kg (*SD* = 0,33) und die relative PWC 170 bei *M* = 2,80 (*SD* = 0,38). Die Herzfrequenz eine Minute nach Belastung betrug *M* = 149 1/sec (*SD* = 10,09), nach drei Minuten *M* = 120,27 (*SD* = 11,21) und nach fünf Minuten *M* = 113,13 (*SD* = 13,11). Verglichen mit Normstichproben von Güllich und Krüger (2013) ist die Ausdauerleistungsfähigkeit der vorliegenden Untersuchungsgruppe hinsichtlich der rel. VO_{2max} als durchschnittlich zu bewerten. Die Kennzahlen der PWC kennzeichnen verglichen mit der Normstichprobe einen gesunden, untrainierten Zustand.

Tabelle 31: Leistungsdaten des Belastungs-EKG mit spiroergometrischer Untersuchung (n = 15).

VAR	EG				
	n	*MIN*	*MAX*	*M*	*SD*
Rel. VO_{2max} [ml/min/kg]	15	33	52	41,87	4,96
VO_{2max} [L/min]	15	2,03	4,47	3,40	0,62
HF_{max} [1/sec]	15	151	191	175,87	9,43
Respiratorischer Quotient	15	1,00	1,17	1,08	0,06
Ventilation [L/min]	15	71	151	107,01	20,56
Zeit bis Abbruch [sec]	15	391	905	645,8	140,8
VT1_HF [1/sec]	15	101	144	124,46	12,96
VT2_HF[1/sec]	15	141	183	164,40	11,78
Rel. PWC 150 [W/kg]	15	1,5	2,7	2,13	0,33
Rel. PWC 170 [W/kg]	15	2,0	3,5	2,80	0,38
HF nach 1min [1/sec]	15	128	168	149	10,09
HF nach 3min [1/sec]	15	99	139	120,27	11,21
HF nach 5min [1/sec]	15	90	132	113,13	13,11

Tabelle 32: Statistische Kennwerte der zusätzlichen Variablen der EG (*n* = 18).

VAR	TZP	EG				
		n	*MIN*	*MAX*	*M*	*SD*
Thorakale Extension [nm]	t_0	18	179	467	350,28	72,44
	t_2	18	199	510	347,28	66,63
Thorakale Flexion [nm]	t_0	18	120	314	232,11	44,52
	t_2	18	130	301	238,89	47,39
Thorakale Rotation re [nm]	t_0	18	96	260	195,86	40,82
	t_2	18	95	247	190,44	36,54
Thorakale Rotation li [nm]	t_0	18	85	245	188,28	37,57
	t_2	18	93	251	185,61	38,16
Thorakale Lat-flexion re [nm]	t_0	18	54	239	183,5	41,12
	t_2	18	77	256	187,28	40,50
Thorakale Lat-flexion li [nm]	t_0	18	67	263	187,17	41,00
	t_2	18	83	241	189,22	41,44
Cervikale Extension [nm]	t_0	18	33	73	54,67	10,24
	t_2	18	28	89	56,56	13,44
Cervikale Flexion [nm]	t_0	18	16	52	34,78	10,14
	t_2	18	13	54	34,94	10,67
Cervikale Rotation re [nm]	t_0	18	8	32	22,67	5,79
	t_2	18	10	46	24,83	7,63
Cervikale Rotation li [nm]	t_0	18	10	29	22,17	4,94
	t_2	18	12	44	23,61	7,07
Cervikale Lat-flexion re [nm]	t_0	18	23	60	46,56	9,10
	t_2	18	24	73	50,94	11,53
Cervikale Lat-flexion li [nm]	t_0	18	22	64	48,22	10,22
	t_2	18	23	70	49,44	11,03
ROM Thorakale Rotation re [°]	t_0	18	33	58	44,00	7,91
	t_2	18	33	65	42,67	7,67
ROM Thorakale Rotation li [°]	t_0	18	26	61	43,11	9,60
	t_2	18	25	59	40,89	7,90
ROM Cervikale Rotation re [°]	t_0	18	45	87	65,22	11,11
	t_2	18	41	80	58,94	11,21
ROM Cervikale Rotation li [°]	t_0	18	49	89	67,39	9,22
	t_2	18	44	86	58,83	11,20

Tabelle 33: Fortsetzung Statistische Kennwerte der zusätzlichen Variablen der EG (n = 18).

VAR	TZP	EG				
		n	*MIN*	*MAX*	*M*	*SD*
Simulierte Flugmanöver [n]	t_0	18	3	32	19,11	8,74
	t_2	18	3	32	17,33	7,82
Flugstunden Eurofighter [Std.]	t_0	18	0	750	278,44	243,61
	t_2	18	30	900	387,78	279,59
Flugstunden Kampfjet [Std.]	t_0	18	0	1490	415,39	447,31
	t_2	18	30	1640	527,50	476,12
Flugstunden gesamt [Std.]	t_0	18	250	1700	932,61	541,97
	t_2	18	315	1840	1036,39	550,24
Krankheitsbedingte Flugausfallzeiten [Tage]	t_0	18	0	21	7,83	6,09
	t_2	18	0	26	8,50	9,09
Verletzungsbedingte Flugausfallzeiten [Tage]	t_0	18	0	2	0,56	0,71
	t_2	18	0	7	0,39	1,65

Tabelle 34: Statistische Kennwerte der in Anspruch genommenen Trainings- und Therapiestunden der EG (n = 18).

VAR	TZP	EG				
		n	*MIN*	*MAX*	*M*	*SD*
Manuelle Therapie [Std.]	t_0 - t_2	18	0	21,5	5,89	6,98
Krankengymnastik [Std.]	t_0 - t_2	18	0	13,5	2,72	4,03
Wärmetherapie [Std.]	t_0 - t_2	18	0	4	0,86	1,17
Corrective Exercises [Std.]	t_0 - t_2	18	0	5,5	1,42	1,73
Flugmed. Geräte-training [Std.]	t_0 - t_2	18	0	7,5	0,89	2,01
Funktionelles Training [Std.]	t_0 - t_2	18	0	18	4,58	4,60
Ausdauertraining [Std.]	t_0 - t_2	18	0	4,5	0,83	1,15

6.4 Unterschiede der psycho-physischen Leistungsfähigkeit im Vorher-Nachher Vergleich

Nachfolgend werden Unterschiede der physischen und psychischen Leistungsfähigkeit der Gesamtstichprobe im Vorher-Nachher Vergleich untersucht. Dazu werden *t*-Tests und 2-faktorielle Varianzanalysen mit Messwiederholung auf einem Faktor durchgeführt.

Die Variable funktionelle Bewegungsmuster der Gesamtstichprobe erhöht sich statistisch signifikant t (40) = -5,29, $p < .001$ von M = 15,32 (SD = 2,03) bei t_0 auf M = 16,46 (SD = 1,70) bei t_2 (vgl. Abbildung 70) mit einer Effektstärke von d = -0,56. Die EG verzeichnet eine statistisch signifikante Steigerung der funktionellen Bewegungsmuster t (17) = -3,98, p = .001, d = -0,99, von M = 15,67 (SD = 1,28) auf M = 16,94 (SD = 1,39). Die KG verzeichnet ebenfalls eine statistisch signifikante Steigerung t (22) = -3,50, p = .002, d = -0,43, von M = 15,04 (SD = 2,46) auf M = 16,09 (SD = 1,86) (vgl. Abbildung 71).

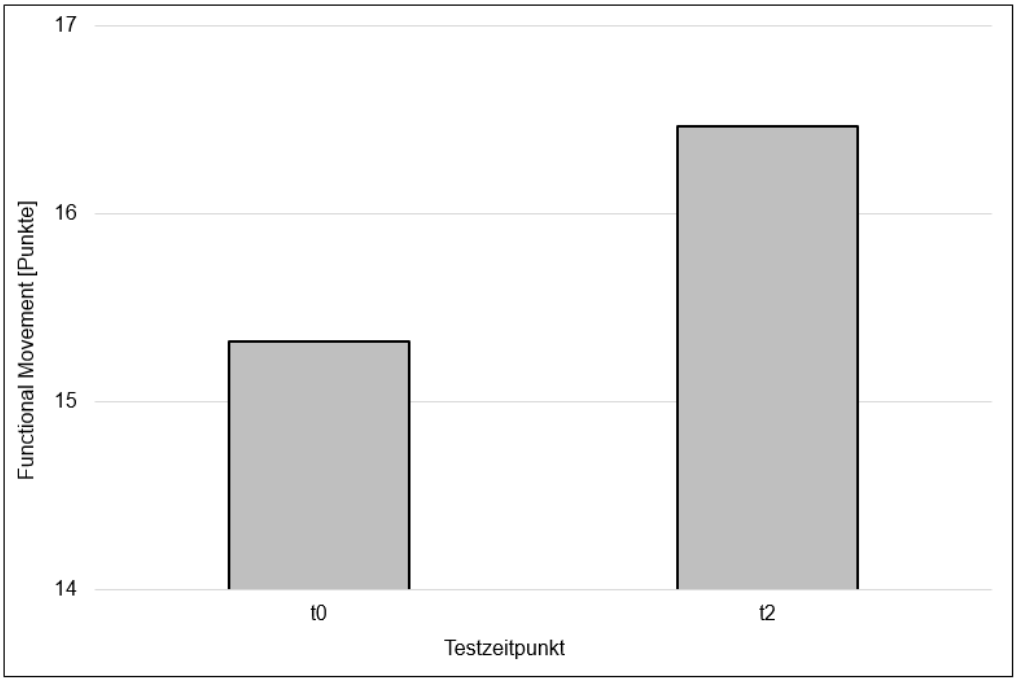


Abbildung 70: Funktionelle Bewegungsmuster [Punkte] zum Zeitpunkt t_0 und t_2 (N = 41).

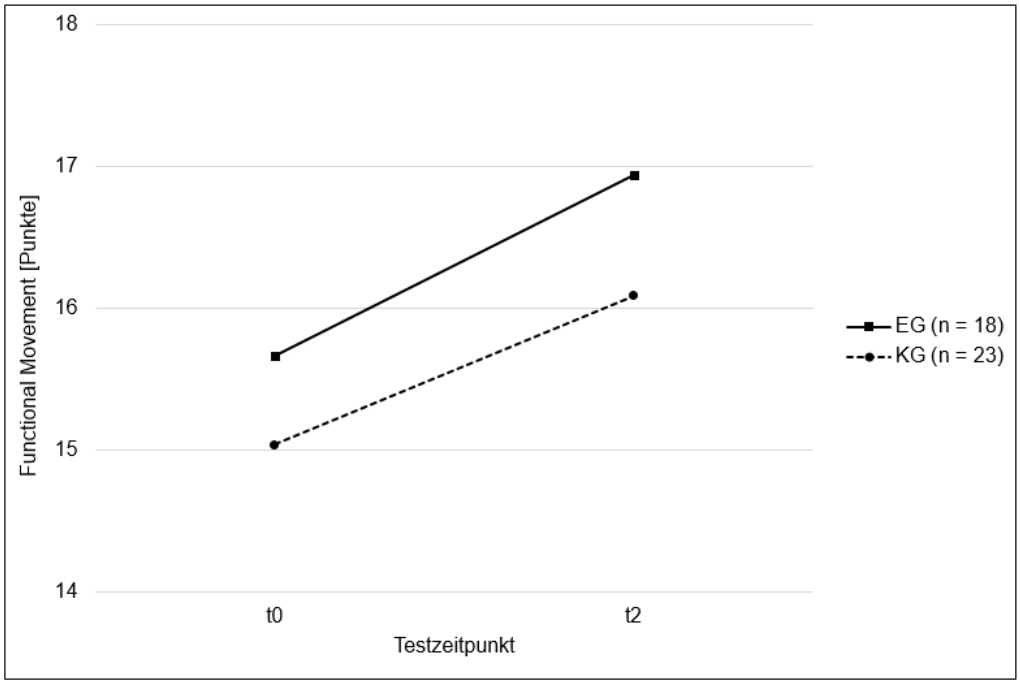


Abbildung 71: Veränderung funktionelle Bewegungsmuster [Punkte] in Abhängigkeit vom Treatment.

Es gibt einen statistisch signifikanten Haupteffekt auf die funktionellen Bewegungsmuster aufgrund des Testzeitpunktes, F (1, 39) = 27,71, $p < .001$. Es zeigt sich kein statistisch signifikanter Haupteffekt auf die funktionellen Bewegungsmuster aufgrund der Teilnahme an einem Treatment, F (1, 39) = 1,87, $p = .180$. Zwischen Testzeitpunkt und Teilnahme an einem Treatment wird kein statistisch signifikanter Interaktionseffekt verzeichnet, F (1, 39) = 0,28, $p = .598$ (vgl. Tabelle 35). Die höchsten Mittelwerte treten beim zweiten Testzeitpunkt unter Teilnahme an einem Interventionsprogramm auf (M = 16,94, SD = 1,39).

Tabelle 35: 2-faktorielle Varianzanalyse der Variable „funktionelle Bewegungsmuster“ (N = 41).

	Mittel der Quadrate	*df*	*F*	*p*
Testzeitpunkt	27,20	1	27,71	< .001
Treatment	11,07	1	1,87	.180
Testzeitpunkt*Treatment	0,27	1	0,28	.598

Die Koordinationsfähigkeit der Gesamtstichprobe erhöht sich statistisch signifikant t (40) = -4,14, p < .001, d = -0,58, von M = 641,83 (SD = 93,9) bei t_0 auf M = 695,95 (SD = 115,46) bei t_2 (vgl. Abbildung 72). Die EG verzeichnet eine Steigerung der Koordinationsfähigkeit t (17) = -1,94, p = .069 von M = 672,11 (SD = 93,19) auf M = 704,50 (SD = 92,14) ohne statistische Signifikanz. Die KG verzeichnet eine statistisch signifikante Steigerung t (22) = -3,77, p = .001, d = -0,79, von M = 618,13 (SD = 89,35) auf M = 689,26 (SD = 132,56) (vgl Abbildung 73).

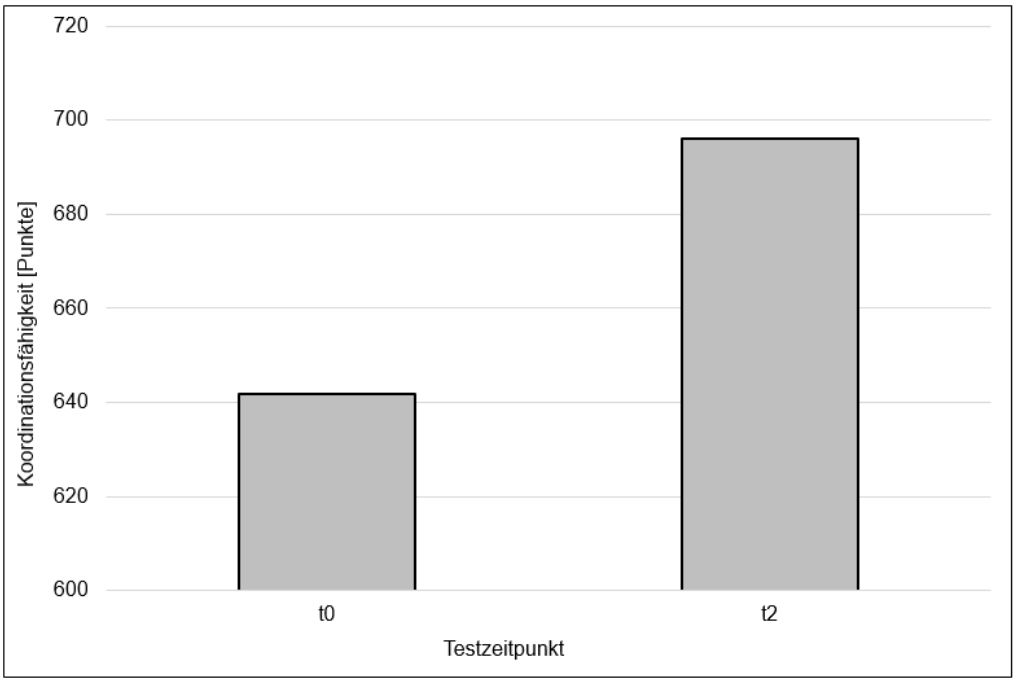


Abbildung 72: Koordinationsfähigkeit [Punkte] zum Zeitpunkt t_0 und t_2 (N = 41).

Es gibt einen statistisch signifikanten Haupteffekt auf die Koordinationsfähigkeit aufgrund des Testzeitpunktes, F (1, 39) = 15,90, p < .001 (vgl. Tabelle 36). Es zeigt sich kein statistisch signifikanter Haupteffekt auf die Koordinationsfähigkeit aufgrund der Teilnahme an einem Treatment, F (1, 39) = 1,31, p = .260.

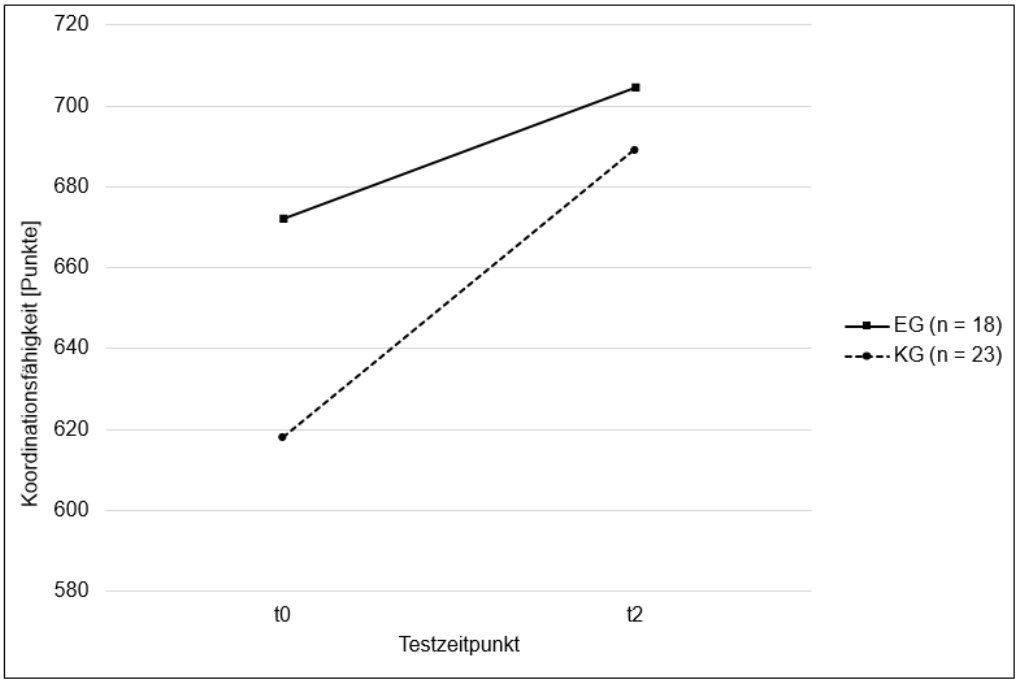


Abbildung 73: Veränderung der Koordinationsfähigkeit [Punkte] in Abhängigkeit vom Treatment.

Zwischen Testzeitpunkt und Teilnahme an einem Treatment wird kein statistisch signifikanter Interaktionseffekt verzeichnet, F (1, 39) = 2,23, p = .144 (vgl. Tabelle 36). Die höchsten Mittelwerte treten beim zweiten Testzeitpunkt unter Teilnahme an einem Interventionsprogramm auf (M = 704,50, SD = 42,14).

Tabelle 36: 2-faktorielle Varianzanalyse der Variable „Koordinationsfähigkeit“ (N = 41).

	Mittel der Quadrate	*df*	*F*	*p*
Testzeitpunkt	54103,99	1	15,90	< .001
Treatment	24190,63	1	1,31	.260
Testzeitpunkt*Treatment	7577,75	1	2,23	.144

Die Rumpfkraft-Ausdauer der Gesamtstichprobe verringert sich ohne statistische Signifikanz von *M* = 263,54 (*SD* = 93,85) bei t_0 auf *M* = 249,17 (*SD* = 119,88) bei t_2 (vgl. Abbildung 74). Die EG verzeichnet eine Reduzierung der Rumpfkraft-Ausdauer von *M* = 273,22 (*SD* = 91,56) auf *M* = 260,39 (*SD* = 126,08). Die KG verzeichnet ebenfalls eine Reduzierung von *M* = 255,96 (*SD* = 96,95) auf *M* = 240,39 (*SD* = 116,89) (vgl. Abbildung 75).

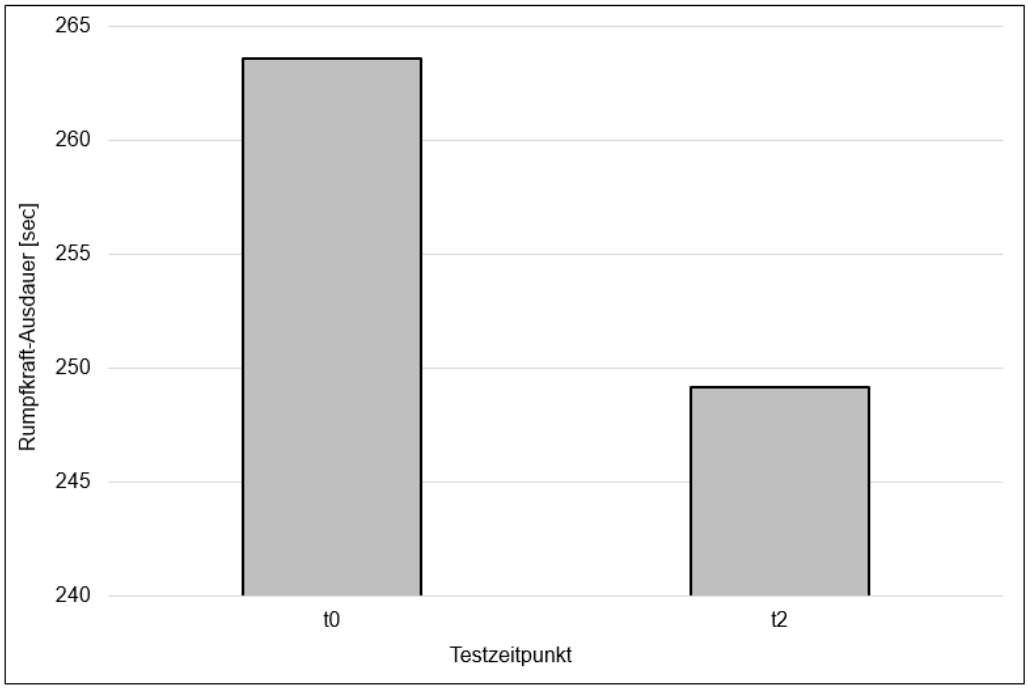


Abbildung 74: Rumpfkraft-Ausdauer [sec] zum Zeitpunkt t_0 und t_2 (*N* = 41).

Es gibt keinen statistisch signifikanten Haupteffekt auf die Rumpfkraft-Ausdauer aufgrund des Testzeitpunktes, F (1, 39) = 1,17, p = .286. Es zeigt sich kein statistisch signifikanter Haupteffekt auf die Rumpfkraft-Ausdauer aufgrund der Teilnahme an einem Treatment, F (1, 39) = 0,35, p = .558.

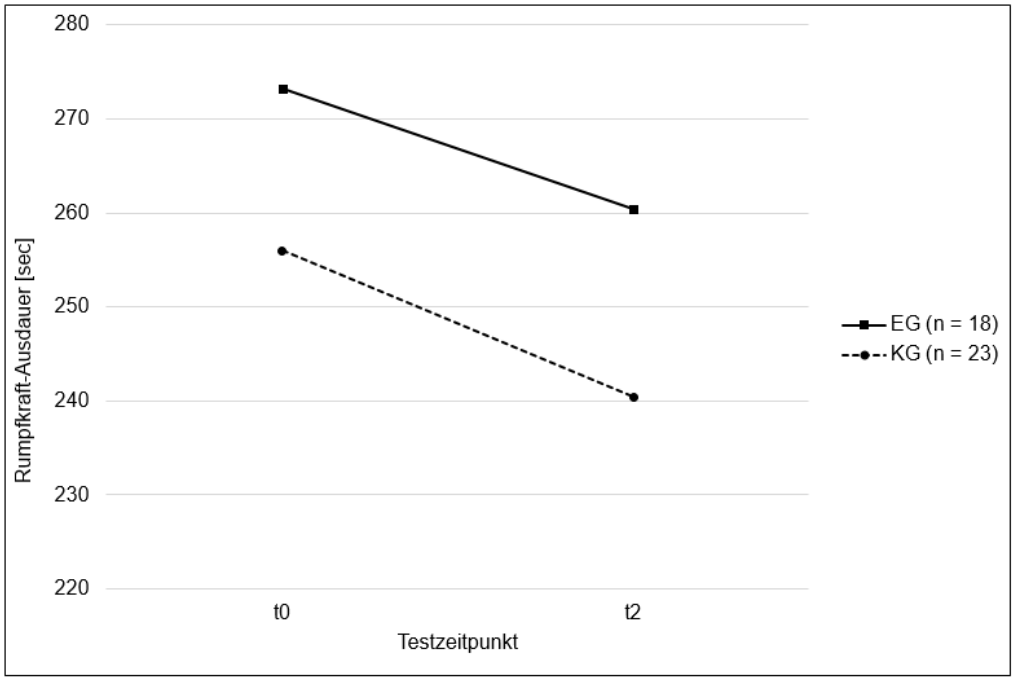


Abbildung 75: Veränderung der Rumpfkraft-Ausdauer [sec] in Abhängigkeit vom Treatment.

Zwischen Testzeitpunkt und Teilnahme an einem Treatment wird kein statistisch signifikanter Interaktionseffekt verzeichnet, F (1, 39) = 0,01, p = .918 (vgl. Tabelle 37). Die höchsten Mittelwerte treten beim ersten Testzeitpunkt unter Teilnahme an einem Interventionsprogramm auf (M = 273,22, SD = 91,56).

Tabelle 37: 2-faktorielle Varianzanalyse der Variable „Rumpfkraft-Ausdauer“ (N = 41).

	Mittel der Quadrate	*df*	*F*	*p*
Testzeitpunkt	4071,73	1	1,17	.286
Treatment	7010,50	1	0,35	.558
Testzeitpunkt*Treatment	37,68	1	0,01	.918

Die Schnelligkeit der Gesamtstichprobe verringert sich ohne statistische Signifikanz von *M* = 376,93 (*SD* = 67,20) bei t_0 auf *M* = 371,39 (*SD* = 48,70) bei t_2 (vgl. Abbildung 76). Die EG verzeichnet eine Reduzierung der Schnelligkeit von *M* = 380,61 (*SD* = 52,50) auf *M* = 378,33 (*SD* = 44,14). Die KG verzeichnet ebenfalls eine Reduzierung von *M* = 374,04 (*SD* = 77,86) auf *M* = 365,96 (*SD* = 52,30) (vgl. Abbildung 77).

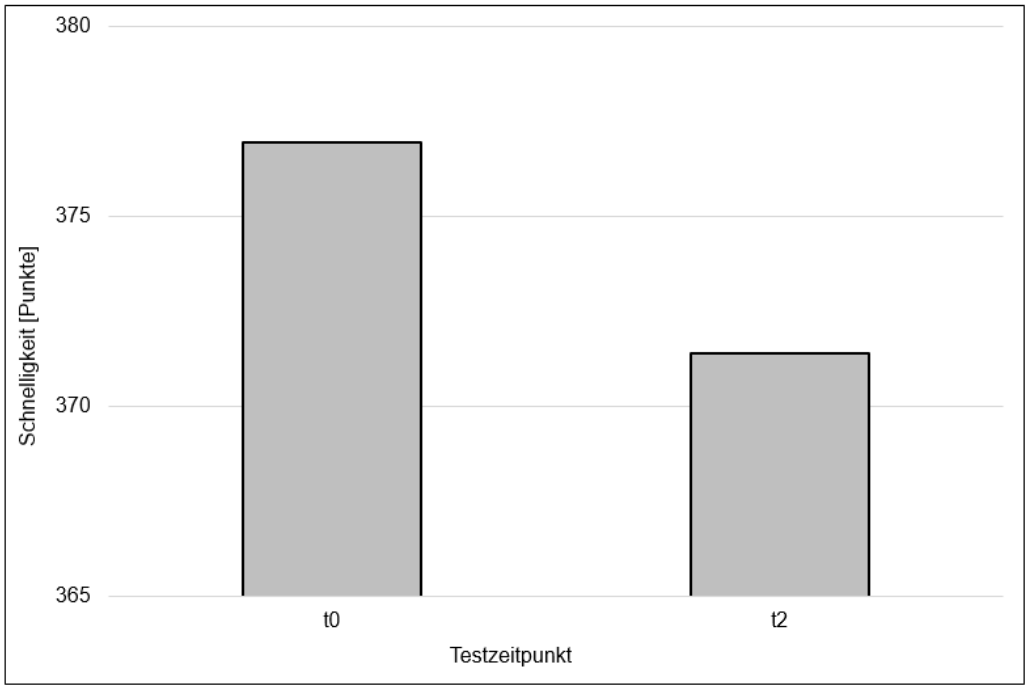


Abbildung 76: Schnelligkeit [Punkte] zum Zeitpunkt t_0 und t_2 (*N* = 41).

Es gibt keinen statistisch signifikanten Haupteffekt auf die Schnelligkeit aufgrund des Testzeitpunktes, F (1, 39) = 0,41, p = .528. Es zeigt sich kein statistisch signifikanter Haupteffekt auf die Schnelligkeit aufgrund der Teilnahme an einem Treatment, F (1, 39) = 0,32, p = .575.

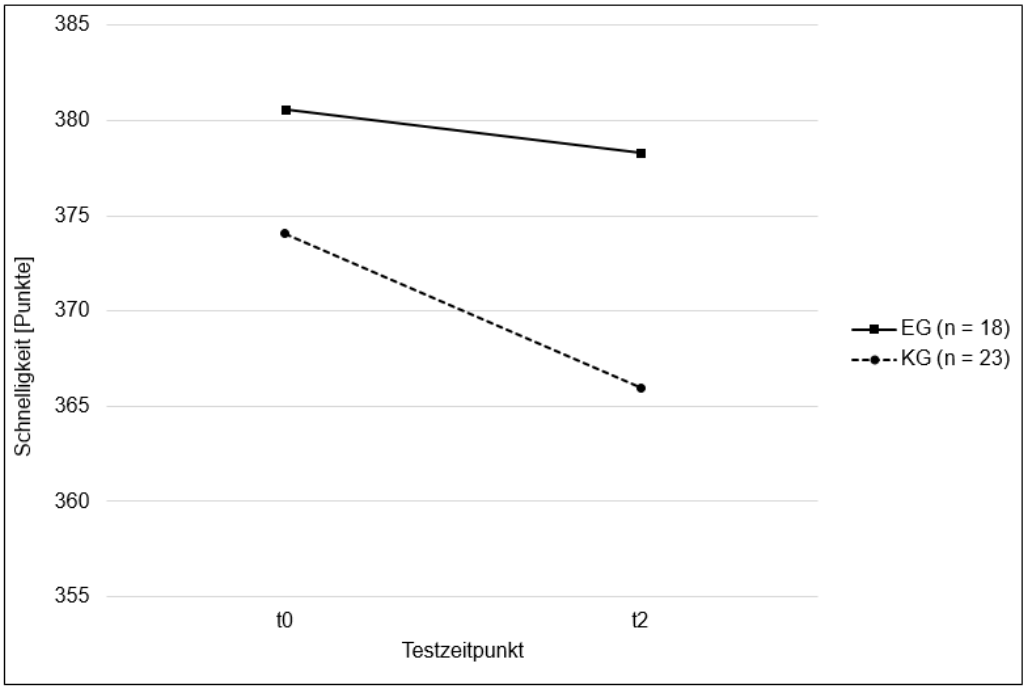


Abbildung 77: Veränderung der Schnelligkeit [Punkte] in Abhängigkeit vom Treatment.

Zwischen Testzeitpunkt und Teilnahme an einem Treatment wird kein statistisch signifikanter Interaktionseffekt verzeichnet, F (1, 39) = 0,13, p = .723 (vgl. Tabelle 38). Die höchsten Mittelwerte treten beim ersten Testzeitpunkt unter Teilnahme an einem Interventionsprogramm auf (M = 380,61, SD = 52,50).

Tabelle 38: 2-faktorielle Varianzanalyse der Variable „Schnelligkeit“ (N = 41).

	Mittel der Quadrate	*df*	*F*	*p*
Testzeitpunkt	542,38	1	0,41	.528
Treatment	1811,97	1	0,32	.575
Testzeitpunkt*Treatment	170,38	1	0,13	.723

Die Kraftfähigkeit der Gesamtstichprobe verringert sich ohne statistische Signifikanz von *M* = 331,46 (*SD* = 105,36) bei t_0 auf *M* = 316,27 (*SD* = 110,95) bei t_2 (vgl. Abbildung 78). Die EG verzeichnet eine Reduzierung der Kraftfähigkeit von *M* = 346,94 (*SD* = 76,17) auf *M* = 328 (*SD* = 97,68). Die KG verzeichnet ebenfalls eine Reduzierung von *M* = 319,35 (*SD* = 123,89) auf *M* = 307,09 (*SD* = 121,69) (vgl. Abbildung 79).

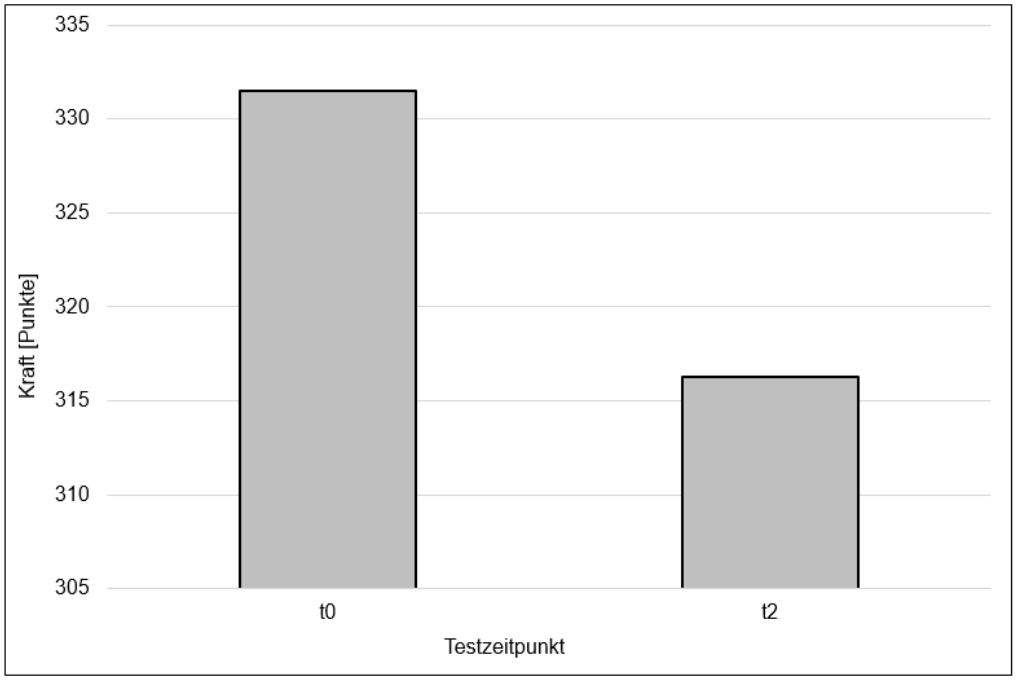


Abbildung 78: Kraftfähigkeit [Punkte] zum Zeitpunkt t_0 und t_2 (*N* = 41).

Es gibt keinen statistisch signifikanten Haupteffekt auf die Kraftfähigkeit aufgrund des Testzeitpunktes, F (1, 39) = 2,03, p = .162. Es zeigt sich kein statistisch signifikanter Haupteffekt auf die Kraftfähigkeit aufgrund der Teilnahme an einem Treatment, F (1, 39) = 0,56, p = .459.

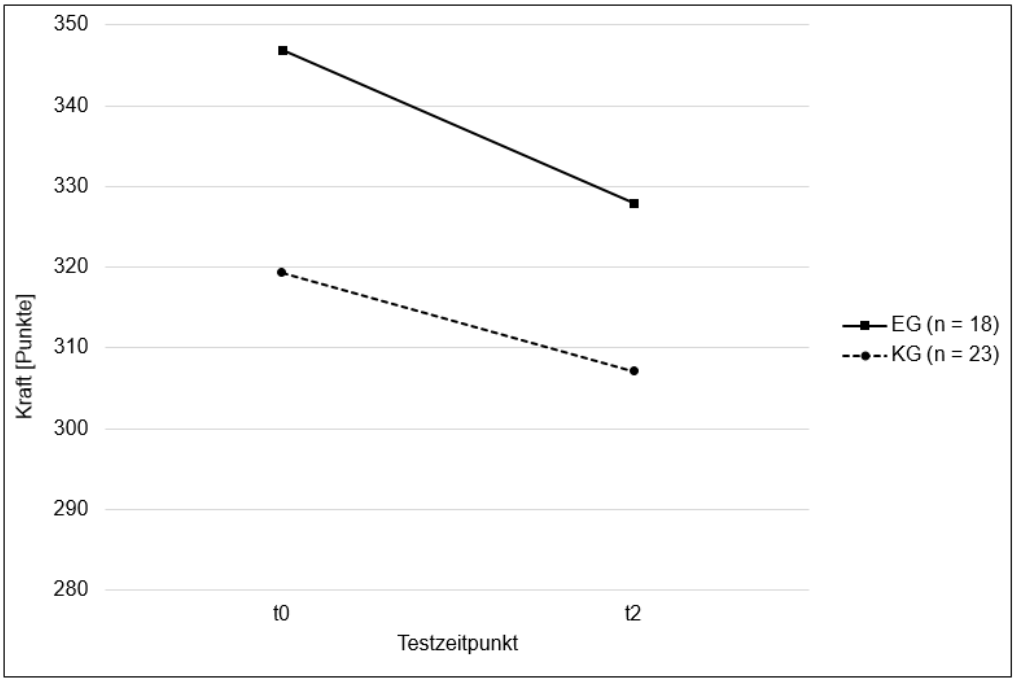


Abbildung 79: Veränderung der Kraftfähigkeit [Punkte] in Abhängigkeit vom Treatment.

Zwischen Testzeitpunkt und Teilnahme an einem Treatment wird kein statistisch signifikanten Interaktionseffekt verzeichnet, F (1, 39) = 0,09, p = .762 (vgl. Tabelle 39). Die höchsten Mittelwerte treten beim ersten Testzeitpunkt unter Teilnahme an einem Interventionsprogramm auf (M = 346,94, SD = 76,17).

Tabelle 39: 2-faktorielle Varianzanalyse der Variable „Kraft“ (N = 41).

	Mittel der Quadrate	*df*	*F*	*p*
Testzeitpunkt	4916,36	1	2,03	.162
Treatment	11880,73	1	0,56	.459
Testzeitpunkt*Treatment	225,53	1	0,09	.762

Die Ausdauerleistungsfähigkeit der Gesamtstichprobe verringert sich ohne statistische Signifikanz von *M* = 337,37 (*SD* = 74,41) bei t_0 auf *M* = 330,66 (*SD* = 74,02) bei t_2 (vgl. Abbildung 80). Die EG verzeichnet eine Steigerung der Ausdauerleistungsfähigkeit von *M* = 326,50 (*SD* = 69,39) auf *M* = 338 (*SD* = 59,73). Die KG verzeichnet eine Reduzierung von *M* = 345,87 (*SD* = 78,57) auf *M* = 324,91 (*SD* = 84,41) (vgl. Abbildung 81).

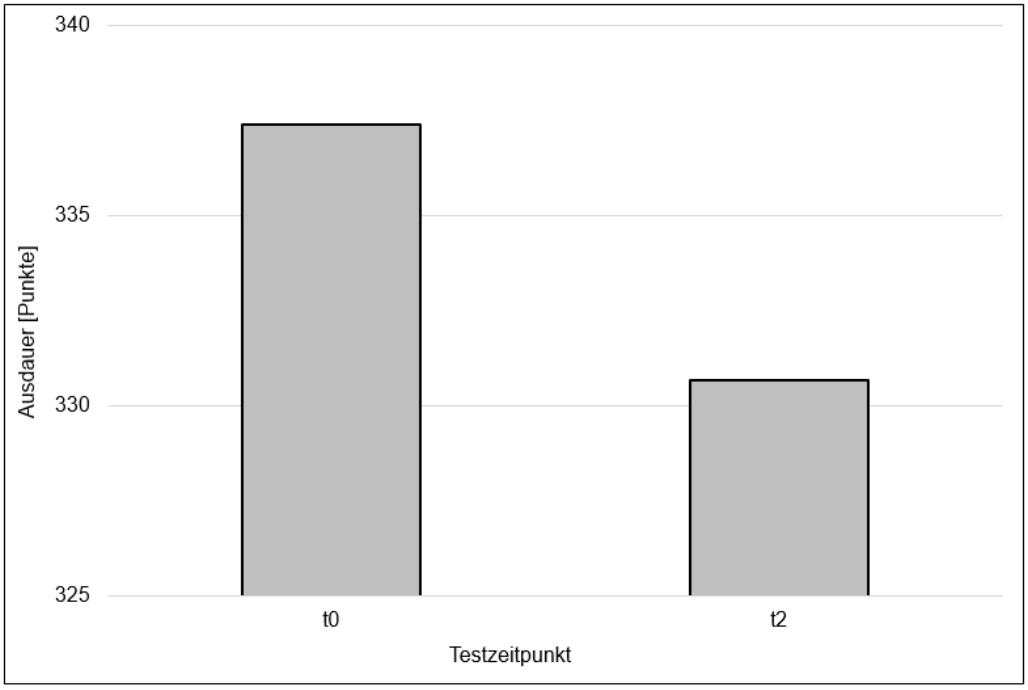


Abbildung 80: Ausdauerleistungsfähigkeit [Punkte] zum Zeitpunkt t_0 und t_2 (*N* = 41).

Es gab keinen statistisch signifikanten Haupteffekt auf die Ausdauerleistungsfähigkeit aufgrund des Testzeitpunktes, F (1, 39) = 0,24, p = .624. Es zeigt sich kein statistisch signifikanter Haupteffekt auf die Ausdauerleistungsfähigkeit aufgrund der Teilnahme an einem Treatment, F (1, 39) = 0,02, p = .884.

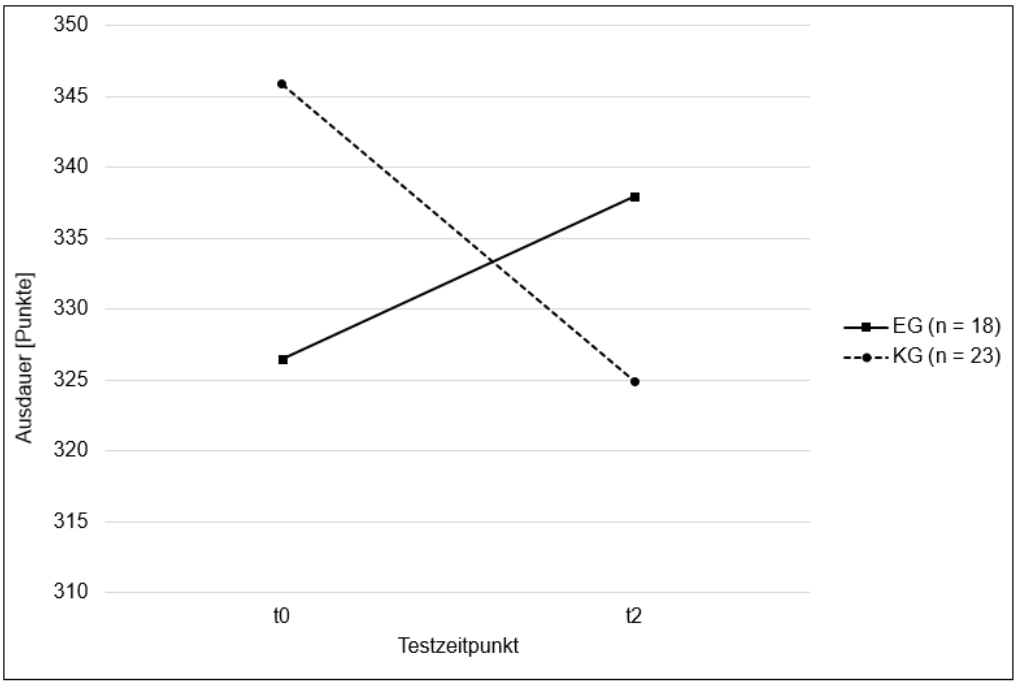


Abbildung 81: Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit [Punkte] in Abhängigkeit vom Treatment.

Zwischen Testzeitpunkt und Teilnahme an einem Treatment wird kein statistisch signifikanter Interaktionseffekt verzeichnet, F (1, 39) = 2,87, p = .098 (vgl. Tabelle 40). Die höchsten Mittelwerte treten beim ersten Testzeitpunkt ohne Teilnahme an einem Interventionsprogramm auf (M = 345,87, SD = 78,57).

Tabelle 40: 2-faktorielle Varianzanalyse der Variable „Ausdauerleistungsfähigkeit“ (N = 41).

	Mittel der Quadrate	*df*	*F*	*p*
Testzeitpunkt	451,49	1	0,24	.624
Treatment	199,28	1	0,02	.884
Testzeitpunkt*Treatment	5318,52	1	2,87	.098

Der Basis-Fitness-Test der Gesamtstichprobe verschlechtert sich ohne statistische Signifikanz von *M* = 1045,76 (*SD* = 208,37) bei t_0 auf *M* = 1018,32 (*SD* = 196,73) bei t_2 (vgl. Abbildung 82). Die EG verzeichnet eine Verschlechterung beim Basis-Fitness-Test von *M* = 1054,06 (*SD* = 157,78) auf *M* = 1044,33 (*SD* = 165,17). Die KG verzeichnet ebenfalls eine Verschlechterung von *M* = 1039,26 (*SD* = 244,15) auf *M* = 997,96 (*SD* = 219,78) (vgl. Abbildung 83).

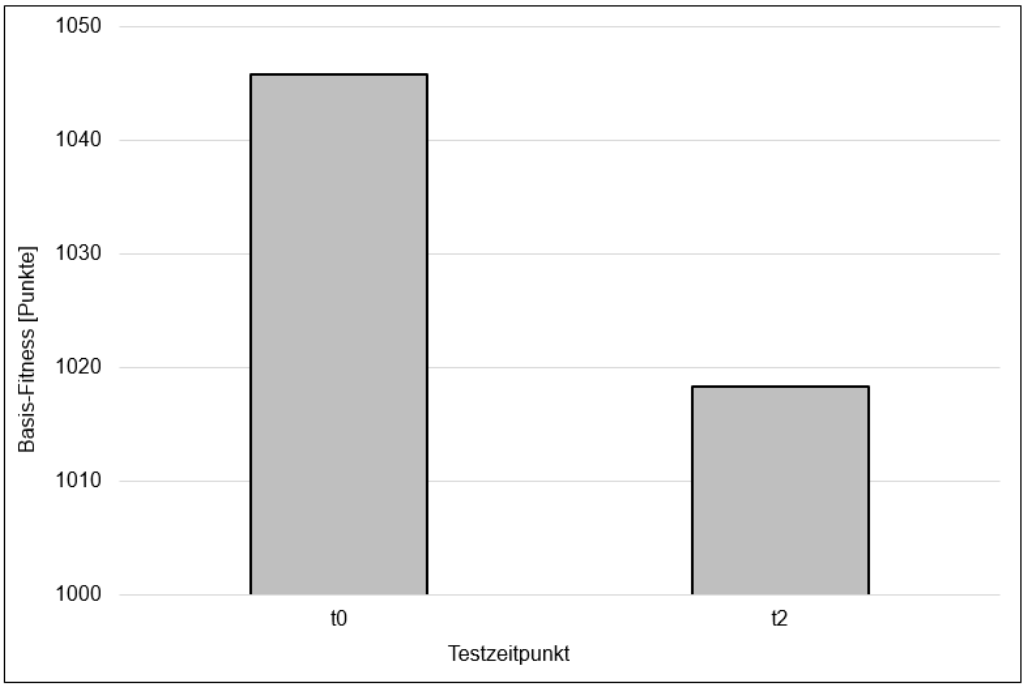


Abbildung 82: Basis-Fitness [Punkte] zum Zeitpunkt t_0 und t_2 (*N* = 41).

Es gab keinen statistisch signifikanten Haupteffekt auf die Basis-Fitness aufgrund des Testzeitpunktes, F (1, 39) = 1,40, p = .244. Es zeigt sich kein statistisch signifikanter Haupteffekt auf die Basis-Fitness aufgrund der Teilnahme an einem Treatment, F (1, 39) = 0,25, p = .617.

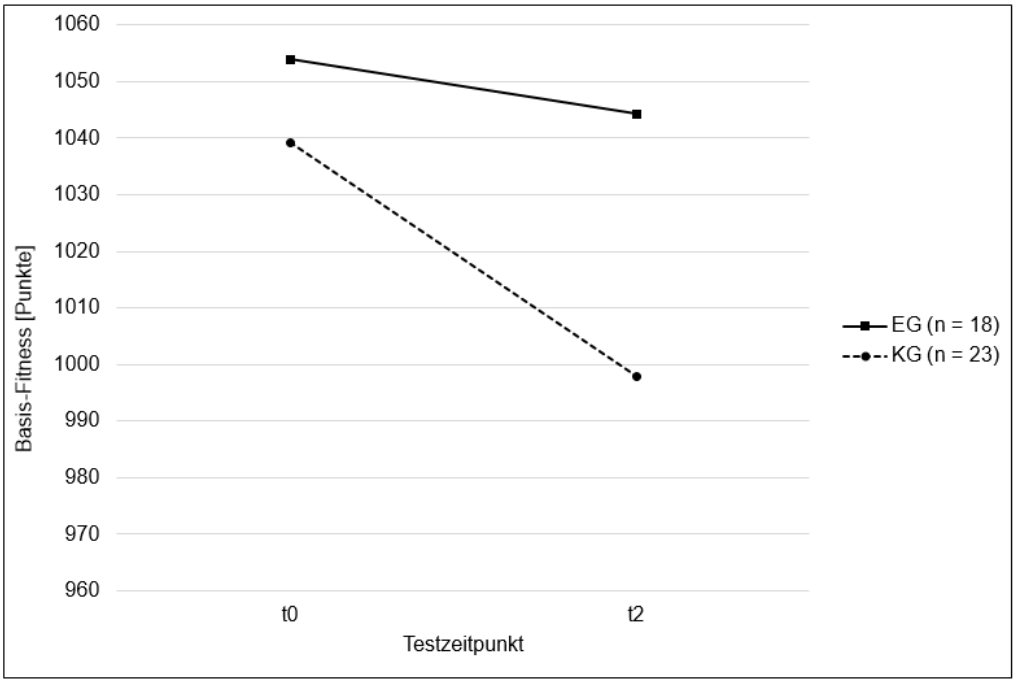


Abbildung 83: Veränderung der Basis-Fitness [Punkte] in Abhängigkeit vom Treatment.

Zwischen Testzeitpunkt und Teilnahme an einem Treatment wird kein statistisch signifikanter Interaktionseffekt verzeichnet, F (1, 39) = 0,54, p = .468 (vgl. Tabelle 41). Die höchsten Mittelwerte treten beim ersten Testzeitpunkt unter Teilnahme an einem Interventionsprogramm auf (M = 1054,06, SD = 157,78).

Tabelle 41: 2-faktorielle Varianzanalyse der Variable „Basis-Fitness“ (N = 41).

	Mittel der Quadrate	*df*	*F*	*p*
Testzeitpunkt	13145,57	1	1,40	.244
Treatment	18892,30	1	0,25	.617
Testzeitpunkt*Treatment	5035,80	1	0,54	.468

Die Resilienz der Gesamtstichprobe verringert sich ohne statistische Signifikanz von *M* = 75,73 (*SD* = 5,14) bei t_0 auf *M* = 75,46 (*SD* = 6,57) bei t_2 (vgl. Abbildung 84). Die EG verzeichnet eine Reduzierung der Resilienz von *M* = 75,11 (*SD* = 5,21) auf *M* = 74,67 (*SD* = 6,41). Die KG verzeichnet ebenfalls eine Reduzierung von *M* = 76,22 (*SD* = 5,14) auf *M* = 76,09 (*SD* = 6,77) (vgl. Abbildung 85).

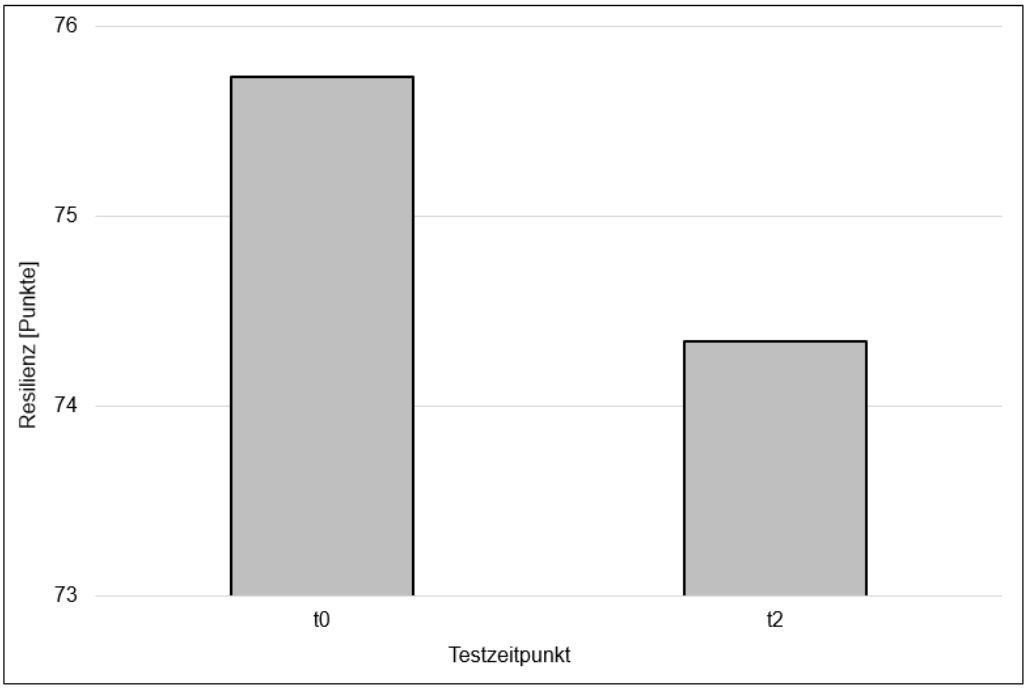


Abbildung 84: Resilienz [Punkte] zum Zeitpunkt t_0 und t_2 (*N* = 41).

Es gab keinen statistisch signifikanten Haupteffekt auf die Resilienz aufgrund des Testzeitpunktes, F (1, 39) = 0,09, p = .771. Es zeigt sich kein statistisch signifikanten Haupteffekt auf die Resilienz aufgrund der Teilnahme an einem Treatment, F (1, 39) = 0,63, p = .432.

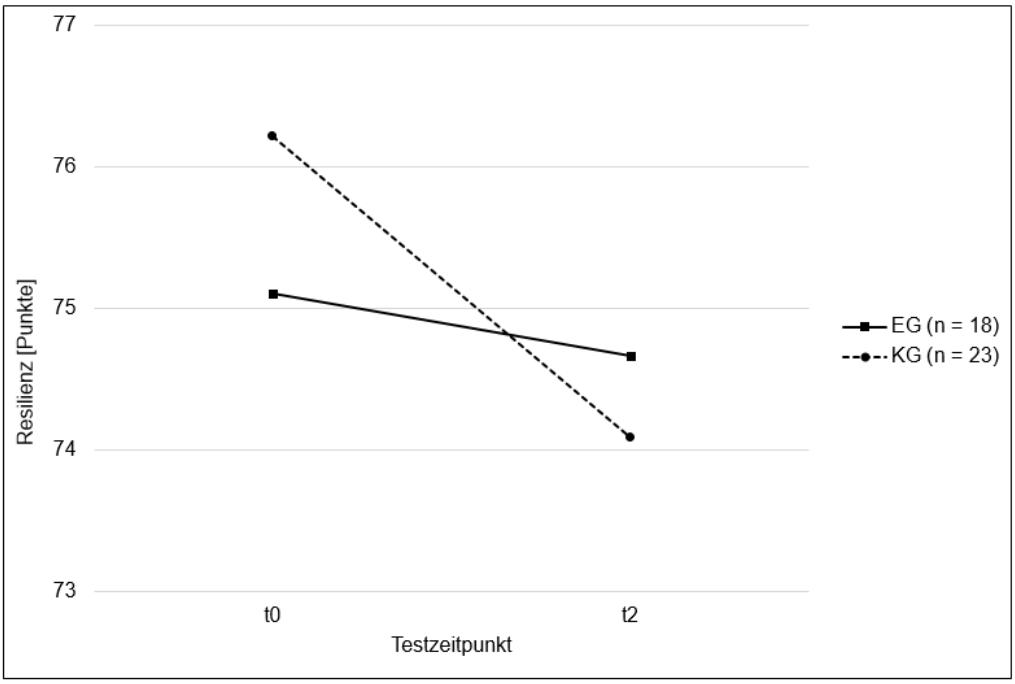


Abbildung 85: Veränderung der Resilienz [Punkte] in Abhängigkeit vom Treatment.

Zwischen Testzeitpunkt und Teilnahme an einem Treatment wird kein statistisch signifikanter Interaktionseffekt verzeichnet, F (1, 39) = 0,03, p = .874 (vgl. Tabelle 42). Die höchsten Mittelwerte treten beim ersten Testzeitpunkt ohne Teilnahme an einem Interventionsprogramm auf (M = 76,22, SD = 5,14).

Tabelle 42: 2-faktorielle Varianzanalyse der Variable „Resilienz“ (N = 41).

	Mittel der Quadrate	*df*	*F*	*p*
Testzeitpunkt	1,67	1	0,09	.771
Treatment	32,23	1	0,63	.432
Testzeitpunkt*Treatment	0,50	1	0,03	.874

Die allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung der Gesamtstichprobe erhöht sich ohne statistische Signifikanz t (40) = -1,82, p = .077 von M = 31,02 (SD = 2,85) bei t_0 auf M = 31,98 (SD = 4,02) bei t_2 (vgl. Abbildung 86). Die EG verzeichnet eine Steigerung der Selbstwirksamkeitserwartung von M = 31,44 (SD = 3,15) auf M = 31,78 (SD = 3,30). Die KG verzeichnet eine Steigerung t (22) = -1,79, p = .087 von M = 30,70 (SD = 2,62) auf M = 32,13 (SD = 4,58) (vgl. Abbildung 87).

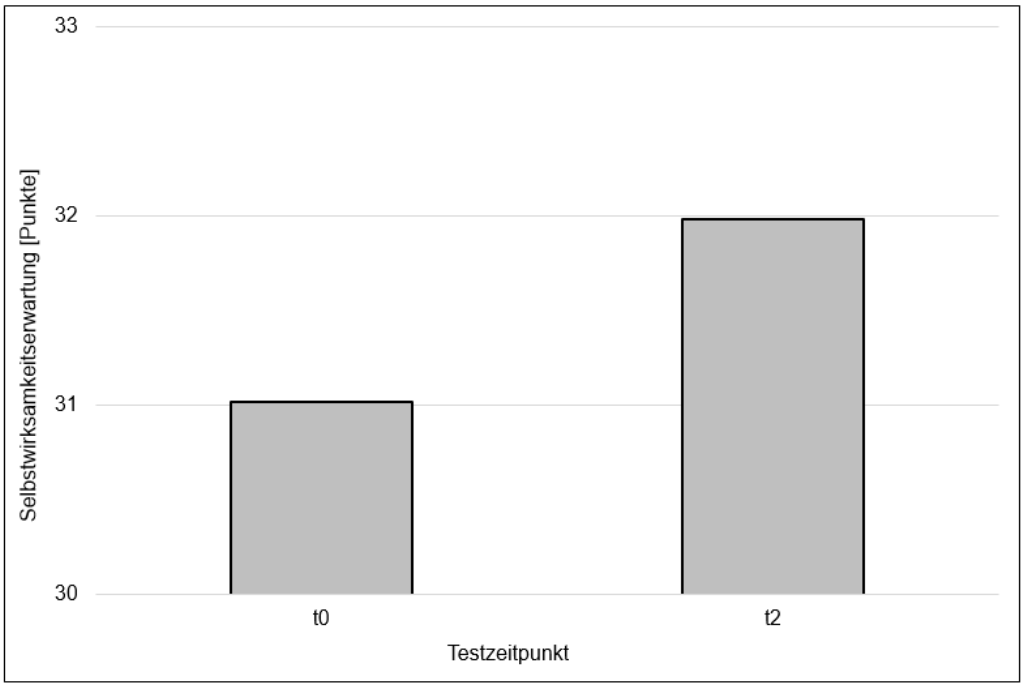


Abbildung 86: Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung [Punkte] zum Zeitpunkt t_0 und t_2 (N = 41).

Es gab keinen statistisch signifikanten Haupteffekt auf die allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung aufgrund des Testzeitpunktes, F (1, 39) = 2,81, p = .102. Es zeigte sich kein statistisch signifikanter Haupteffekt auf die allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung aufgrund der Teilnahme an einem Treatment, F (1, 39) = 0,04, p = .840.

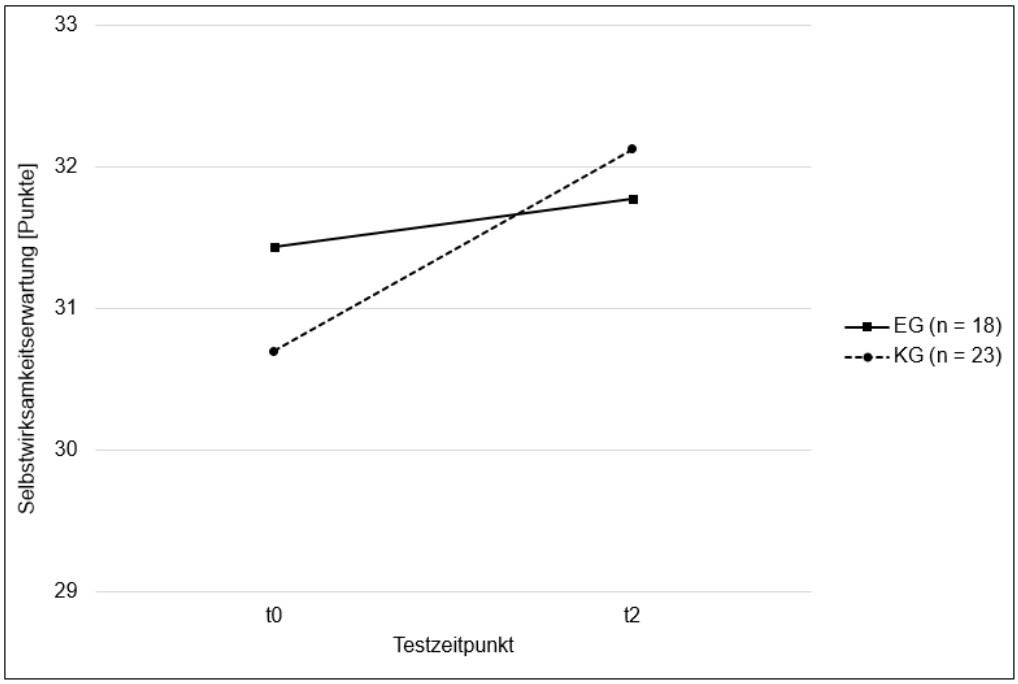


Abbildung 87: Veränderung der allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung [Punkte] in Abhängigkeit vom Treatment.

Zwischen Testzeitpunkt und Teilnahme an einem Treatment wird kein statistisch signifikanter Interaktionseffekt verzeichnet, F (1, 39) = 1,09, p = .303 (vgl. Tabelle 43). Die höchsten Mittelwerte treten beim zweiten Testzeitpunkt unter Teilnahme an einem Interventionsprogramm auf (M = 31,78, SD = 3,30).

Tabelle 43: 2-faktorielle Varianzanalyse der Variable „Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung“ (N = 41).

	Mittel der Quadrate	*df*	*F*	*p*
Testzeitpunkt	15,78	1	2,81	.102
Treatment	0,79	1	0,04	.840
Testzeitpunkt*Treatment	6,13	1	1,09	.303

6.5 Unterschiede der psycho-physischen Leistungsfähigkeit im Vorher-Nachher Vergleich bei den zusätzlich erhobenen Variablen der EG

Nachfolgend werden Unterschiede der physischen und psychischen Leistungsfähigkeit bei zusätzlich erhobenen Variablen der EG im Vorher-Nachher Vergleich untersucht. Eine Untersuchung der betrachteten Variablen mittels Shapiro-Wilk-Analyse ergab, dass alle Variablen normalverteilt sind und somit der *t*-Test bei verbundenen Stichproben anzuwenden ist.

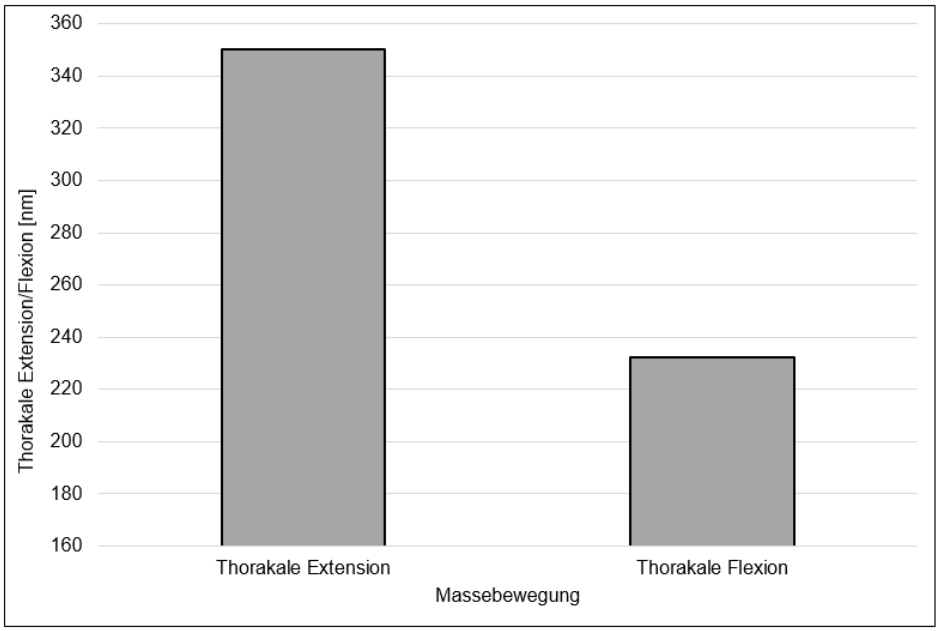


Abbildung 88: Maximalkraft thorakale Extension/Flexion [nm] zum Zeitpunkt t_0 (n = 18).

Die EG verzeichnet einen Rückgang der Maximalkraft thorakale Extension von M = 350,28 (SD = 72,44) auf M = 347,28 (SD = 66,63) ohne statistische Signifikanz, t (17) = 0,28, p = .787. Die Maximalkraft thorakale Flexion erhöht sich von M = 232,11 (SD = 44,52) auf M = 238,89 (SD = 47,39) ohne statistische Signifikanz, t (17) = -0,76, p = .456 (vgl. Abbildung 89).

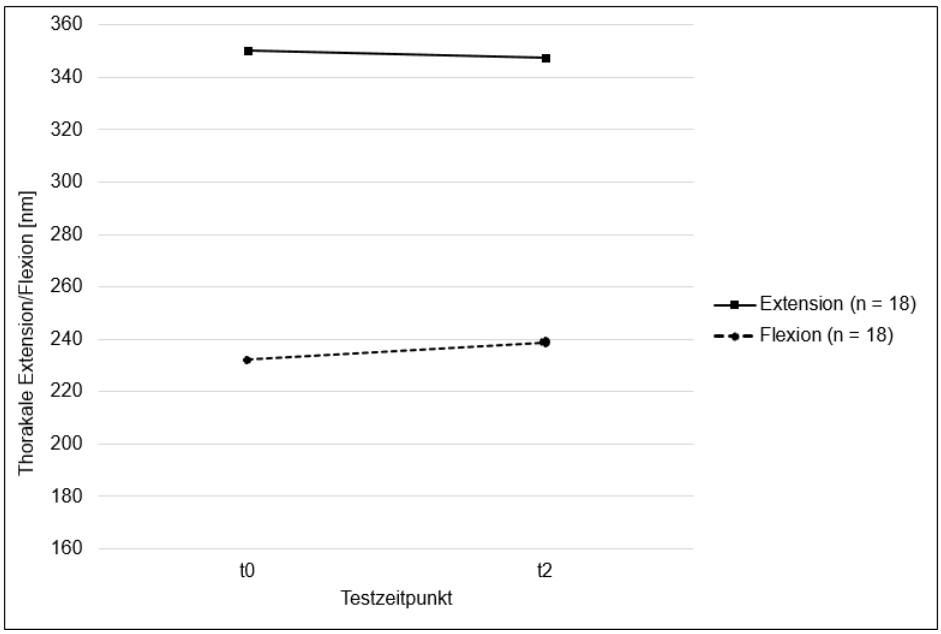


Abbildung 89: Veränderung der Maximalkraft thorakale Extension/Flexion [nm] (*n* = 18).

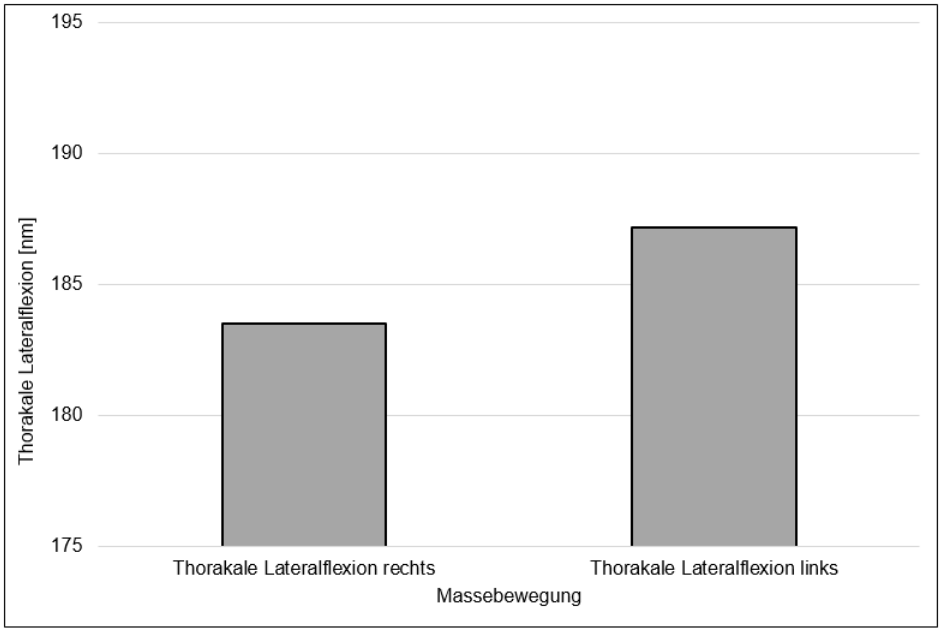


Abbildung 90: Maximalkraft thorakale Lateralflexion rechts/links [nm] zum Zeitpunkt t_0 (*n* = 18).

Die EG verzeichnet eine Steigerung der Maximalkraft thorakale Lateralflexion rechts von *M* = 183,5 (*SD* = 41,12) auf *M* = 187,28 (*SD* = 40,50) ohne statistische Signifikanz, *t* (17) = -0,48, *p* = .636. Die Maximalkraft thorakale Lateralflexion links erhöht sich ebenfalls ohne statistische Signifikanz von *M* = 187,17 (*SD* = 41) auf *M* = 189,22 (*SD* = 41,44) , *t* (17) = -0,29, *p* = .776 (vgl. Abbildung 91).

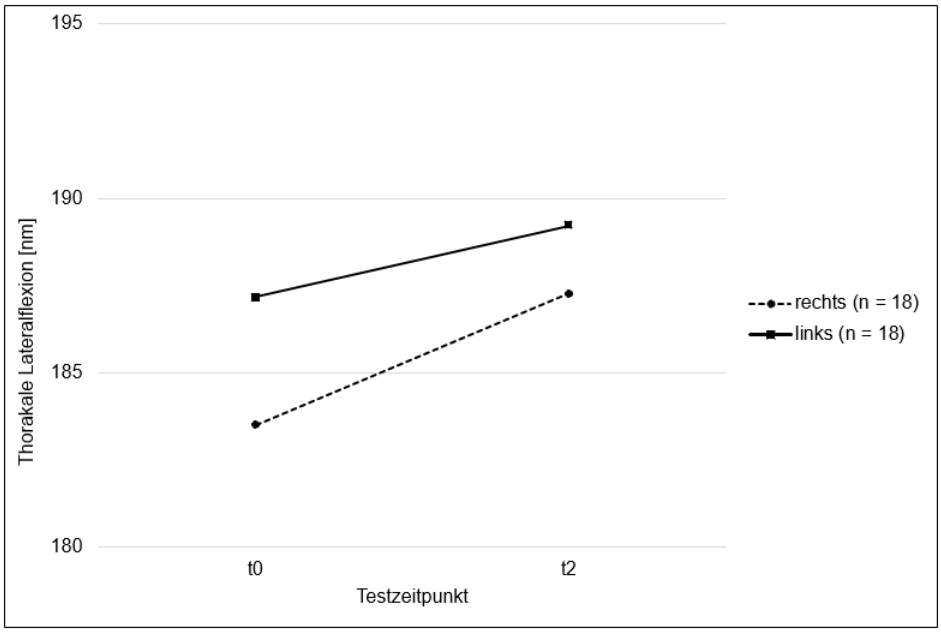


Abbildung 91: Veränderung der Maximalkraft thorakale Lateralflexion [nm] (*n* = 18).

Die EG verzeichnet einen Rückgang der Maximalkraft thorakale Rotation rechts von *M* = 195,86 (*SD* = 40,82) auf *M* = 190,44 (*SD* = 36,54) ohne statistische Signifikanz, *t* (17) = 0,72, *p* = .483. Die Maximalkraft thorakale Rotation links reduziert sich ebenfalls ohne statistische Signifikanz von *M* = 188,28 (*SD* = 37,57) auf *M* = 185,61 (*SD* = 38,16) , *t* (17) = 0,48, *p* = .637 (vgl. Abbildung 93).

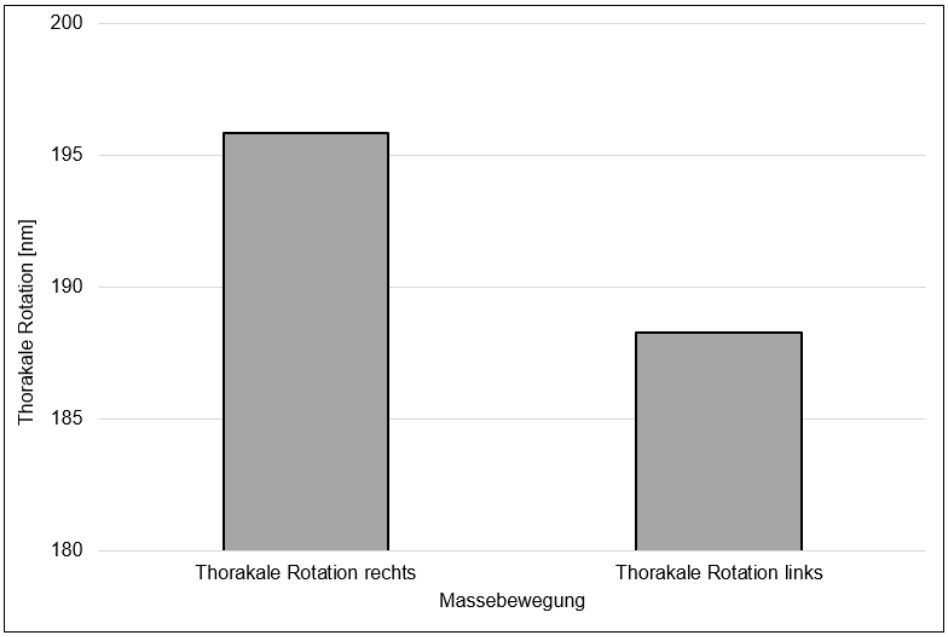


Abbildung 92: Maximalkraft thorakale Rotation rechts/links [nm] zum Zeitpunkt t_0 (n = 18).

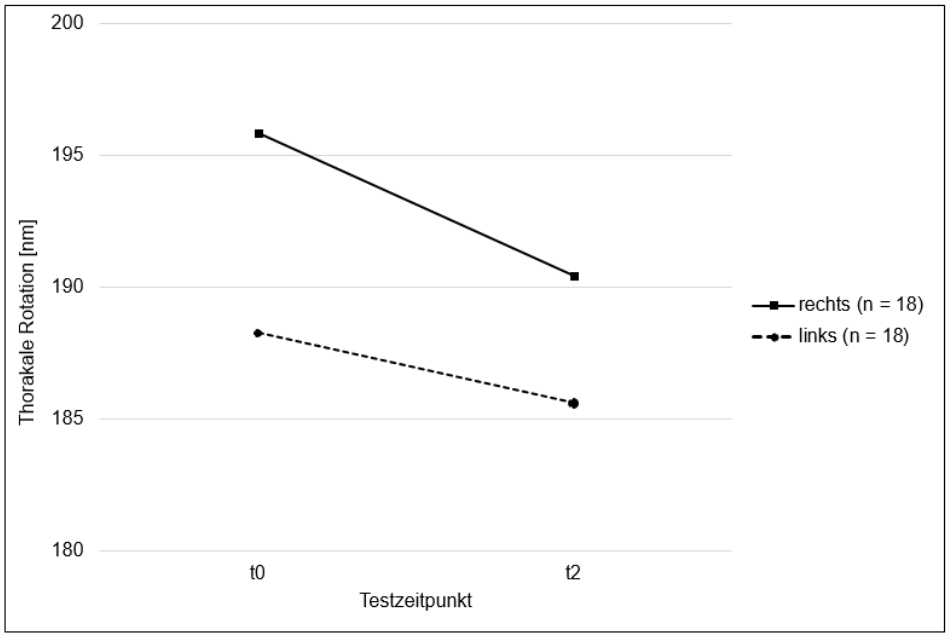


Abbildung 93: Veränderung der Maximalkraft thorakale Rotation [nm] (n = 18).

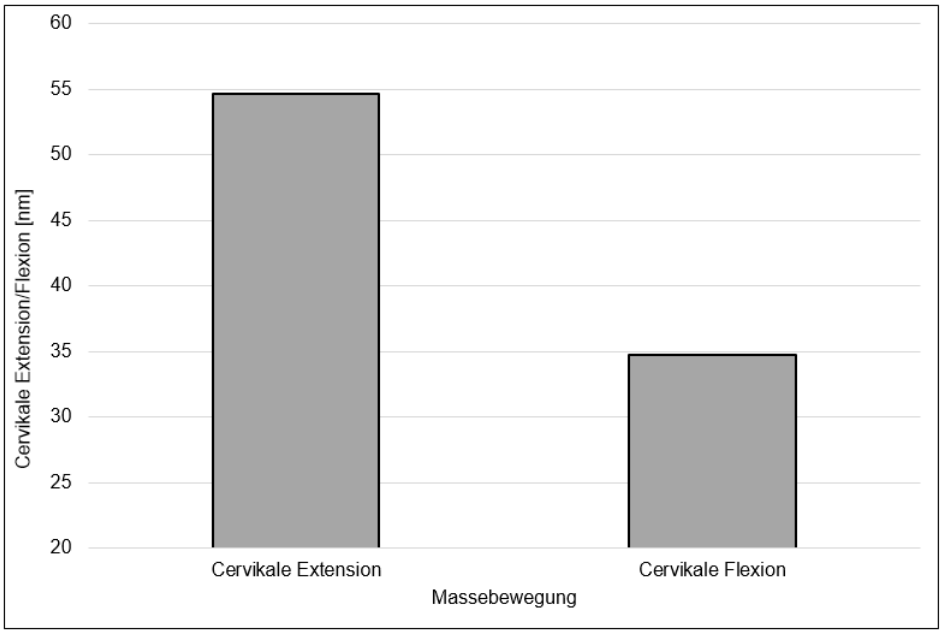


Abbildung 94: Maximalkraft cervikale Extension/Flexion [nm] zum Zeitpunkt t_0 (n = 18).

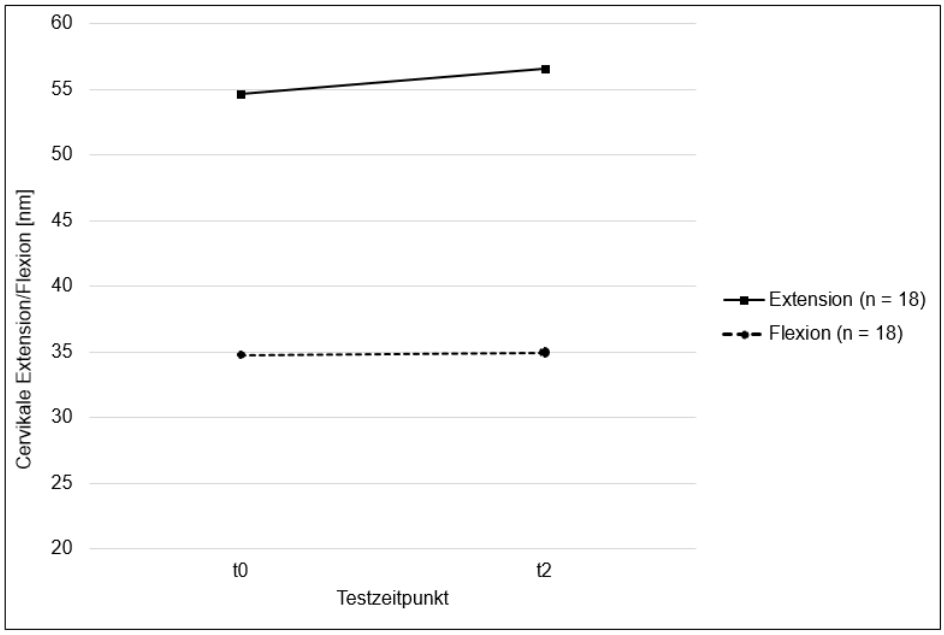


Abbildung 95: Veränderung der Maximalkraft cervikale Extension/Flexion [nm] (n = 18).

Die EG verzeichnet eine Steigerung der Maximalkraft cervikale Extension von *M* = 54,67 (*SD* = 10,24) auf *M* = 56,56 (*SD* = 13,44) ohne statistische Signifikanz, *t* (17) = -1,22, *p* = .239. Die Maximalkraft cervikale Flexion erhöht sich ebenfalls ohne statistische Signifikanz von *M* = 34,78 (*SD* = 10,14) auf *M* = 34,94 (*SD* = 10,67) , *t* (17) = -0,10, *p* = .920 (vgl. Abbildung 95). Die EG verzeichnet eine statistisch signifikante Steigerung der Maximalkraft cervikale Lateralflexion rechts *t* (17) = -2,31, *p* = .034, *d* = -0,48 von *M* = 46,56 (*SD* = 9,10) auf *M* = 50,94 (*SD* = 11,53). Die Maximalkraft cervikale Lateralflexion links erhöht sich ebenfalls von *M* = 48,22 (*SD* = 10,22) auf *M* = 49,44 (*SD* = 11,03), jedoch ohne statistische Signifikanz, *t* (17) = -0,88, *p* = .394 (vgl. Abbildung 97).

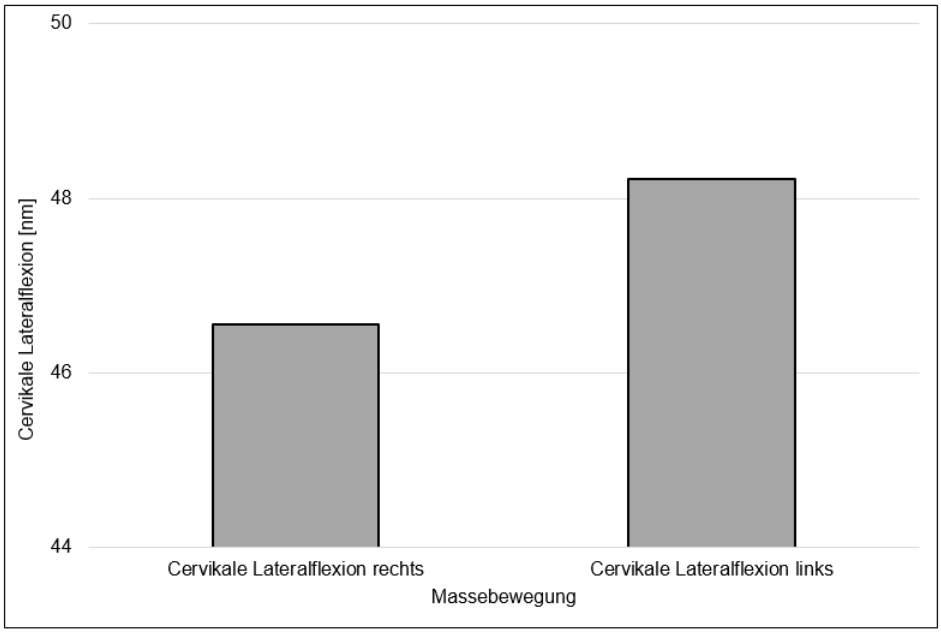


Abbildung 96: Maximalkraft cervikale Lateralflexion rechts/links [nm] zum Zeitpunkt t_0 (*n* = 18).

Die EG verzeichnet einen Steigerung der Maximalkraft cervikale Rotation rechts von *M* = 22,67 (*SD* = 5,79) auf *M* = 24,83 (*SD* = 7,63) ohne statistische Signifikanz, *t* (17) = -1,54, *p* = .142. Die Maximalkraft cervikale Rotation links steigert sich ebenfalls ohne statistische Signifikanz von *M* = 22,17 (*SD* = 4,94) auf *M* = 23,61 (*SD* = 7,07) , *t* (17) = -1,20, *p* = .248 (vgl. Abbildung 99).

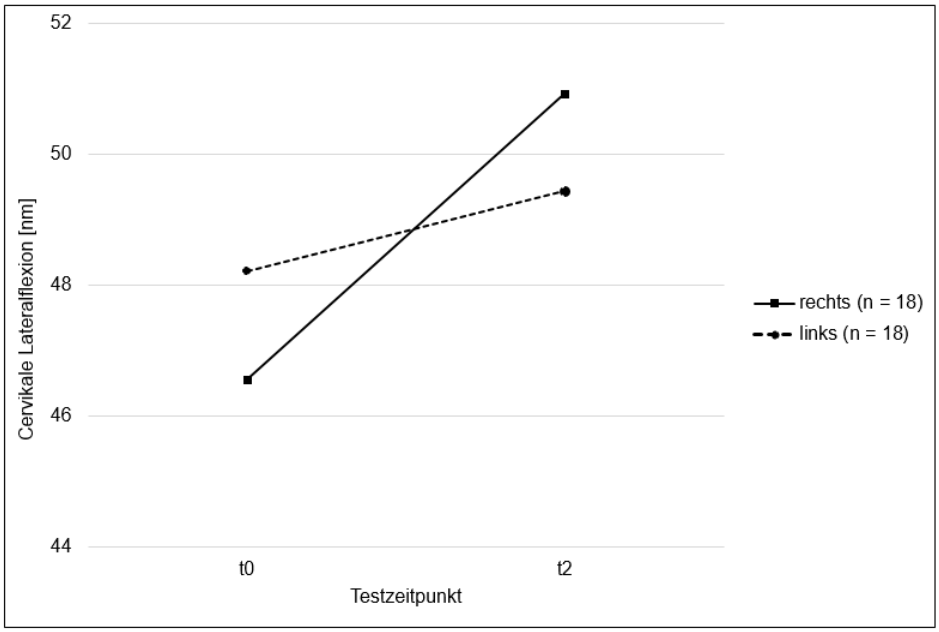


Abbildung 97: Veränderung der Maximalkraft cervikale Lateralflexion [nm] (*n* = 18).

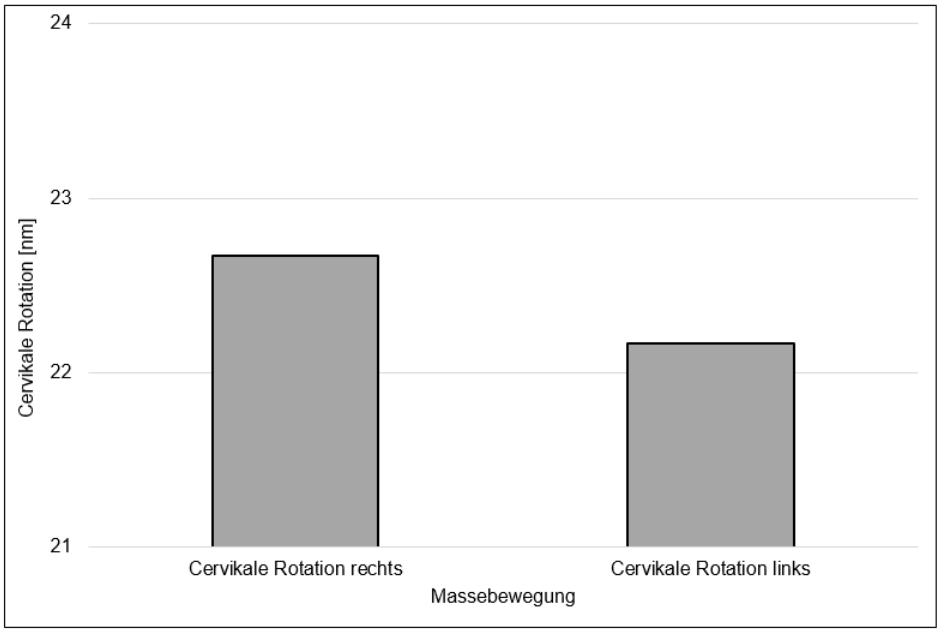


Abbildung 98: Maximalkraft cervikale Rotation rechts/links [nm] zum Zeitpunkt t_0 (*n* = 18).

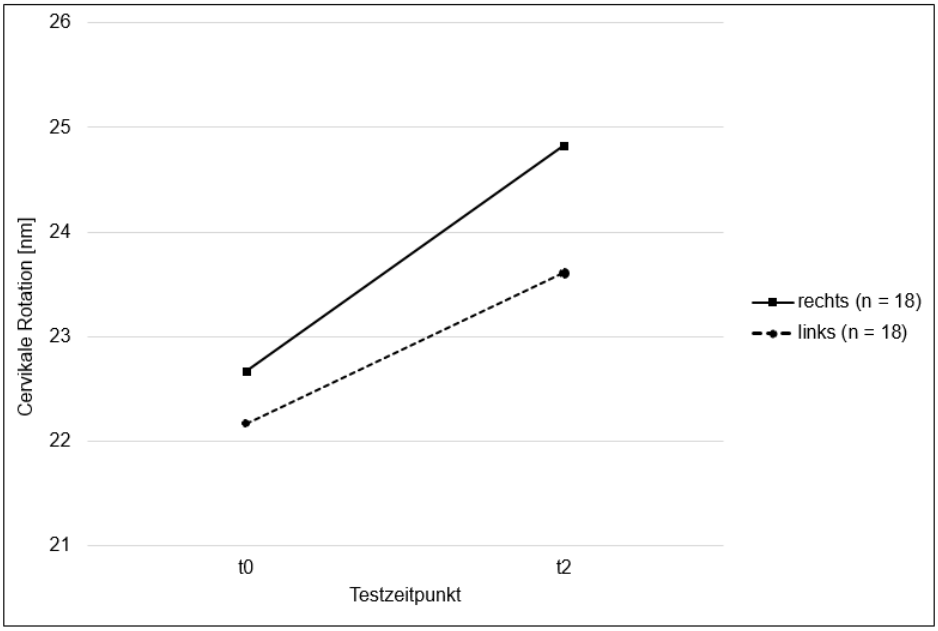


Abbildung 99: Veränderung der Maximalkraft cervikale Rotation [nm] (*n* = 18).

Die EG verzeichnet einen Rückgang der durchgehaltenen simulierten Flugmanöver von *M* = 19,11 (*SD* = 8,74) auf *M* = 17,33 (*SD* = 7,82) ohne statistische Signifikanz, *t* (17) = 1,40, *p* = .193. An dieser Stelle ist eine Abbildung überflüssig, da nur eine Variable einer Gruppe betrachtet wird.

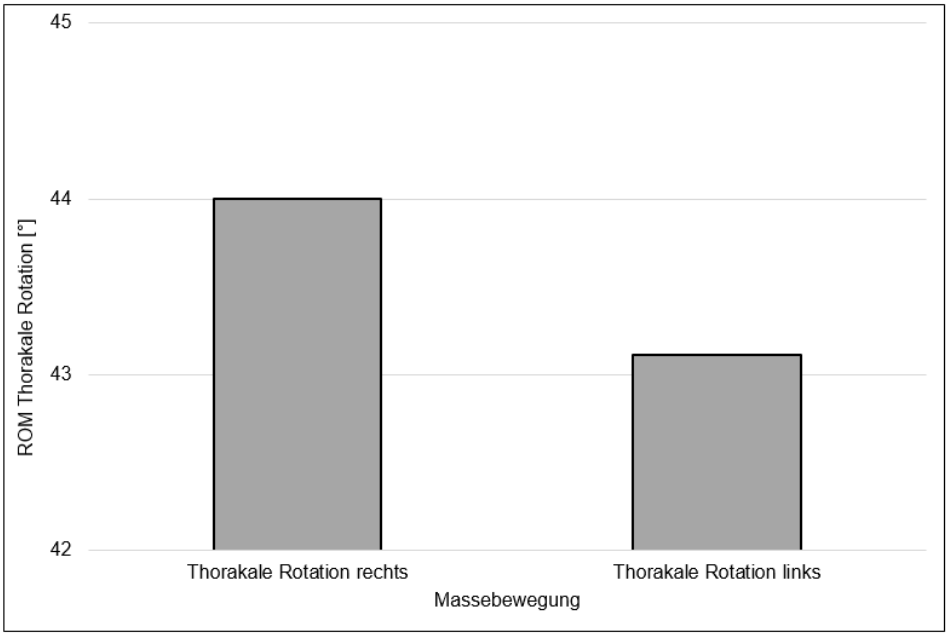


Abbildung 100: Maximaler Bewegungsumfang thorakale Rotation [°] zum Zeitpunkt t_0 (*n* = 18).

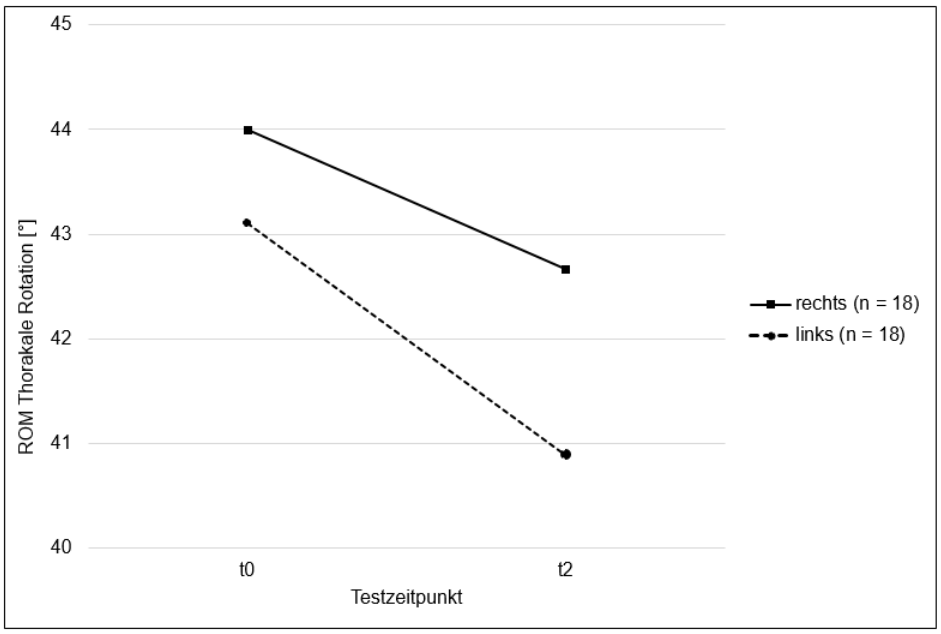


Abbildung 101: Veränderung ROM thorakale Rotation [°] (*n* = 18).

Die EG verzeichnet einen Rückgang der ROM thorakale Rotation rechts von *M* = 44 (*SD* = 7,91) auf *M* = 42,67 (*SD* = 7,67) ohne statistische Signifikanz, *t* (17) = 0,53, *p* = .601. Der Bewegungsumfang thorakale Rotation links verringert sich ebenfalls ohne statistische Signifikanz von *M* = 43,11 (*SD* = 9,60) auf *M* = 40,89 (*SD* = 7,90) , *t* (17) = 0,92, *p* = .369 (vgl. Abbildung 101).

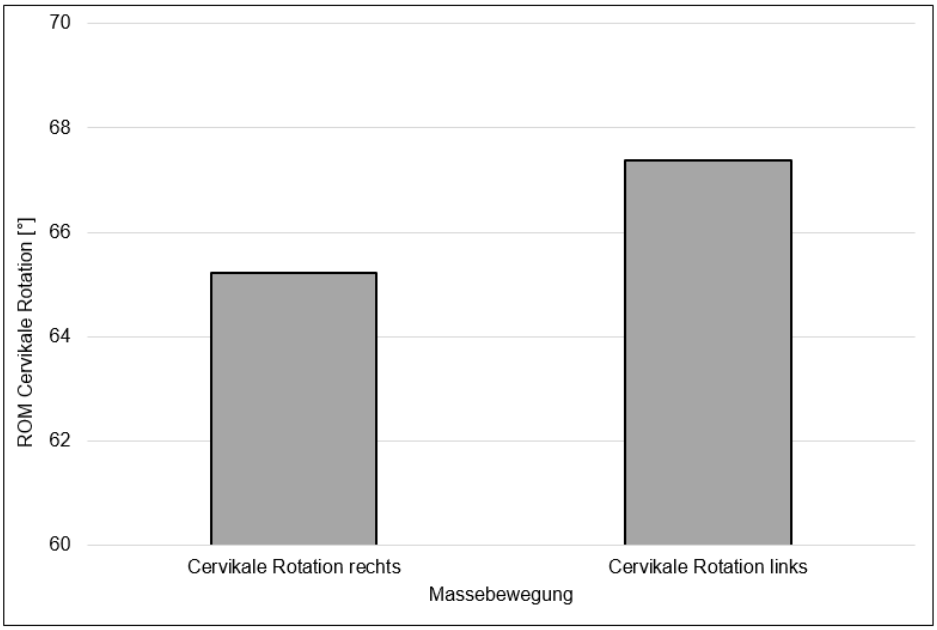


Abbildung 102: Maximale ROM cervikale Rotation [°] zum Zeitpunkt t_0 (*n* = 18).

Die EG verzeichnet einen statistisch signifikanten Rückgang des Bewegungsumfangs cervikale Rotation rechts t (17) = 2,71, p = .015, d = 0,57 von M = 65,22 (SD = 11,11) auf M = 58,94 (SD = 11,21). Der Bewegungsumfang cervikale Rotation links verringerte sich ebenfalls statistisch signifikant t (17) = 3,39, p = .003, d = 0,93 von M = 67,39 (SD = 9,22) auf M = 58,83 (SD = 11,20)

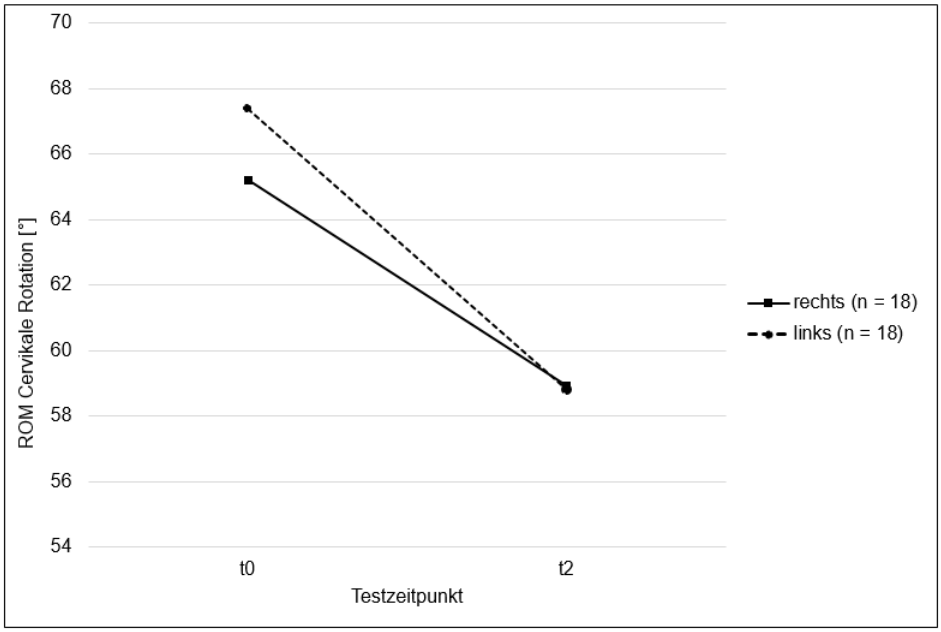


Abbildung 103: Veränderung des maximalen Bewegungsumfangs cervikale Rotation [°] (n = 18).

6.6 Beziehungen zwischen physischen und psychischen Leistungsparametern

In diesem Kapitel wird untersucht, ob Beziehungen zwischen physischen und psychischen Parametern der Leistungsfähigkeit bestehen. Nachdem Korrelationsanalysen zwischen physischen und psychischen Parametern der Leistungsfähigkeit durchgeführt wurden (vgl. Tabelle 44, Tabelle 45), folgen Interkorrelationsanalysen des physischen und psychischen Bereichs (vgl. Tabelle 46). Weiterhin werden Zusammenhänge zwischen personenbezogenen Parametern und der physischen und psychischen Leistungsfähigkeit untersucht (vgl. Tabelle 47, Tabelle 48). Aufgrund des zentralen Grenzwertsatzes wird eine Normalverteilung angenommen (N = 41), weshalb eine Korrelation nach Pearson angewendet wird.

Tabelle 44: Zusammenhänge zwischen Resilienz und physischen Variablen (*N* = 41).

Psychische Variable	Physische Variablen	*N*	Pearson-Korrelation	Signifikanz (2-seitig)
Resilienz	Funktionelle Bewegungsmuster	41	-0,19	.227
	Koordination	41	-0,20	.220
	Rumpfkraft-Ausdauer	41	-0,25	.113
	Kraft	41	-0,14	.398
	Schnelligkeit	41	-0,01	.971
	Ausdauer	41	0,01	.936
	Basis-Fitness	41	-0,07	.683
	Sportliche Aktivität	41	0,17	.295

Zwischen Resilienz und den Variablen der physischen Leistungsfähigkeit liegen keine statistisch signifikanten Zusammenhänge vor (vgl. Tabelle 44). Zwischen allgemeiner Selbstwirksamkeitserwartung und den Variablen der physischen Leistungsfähigkeit liegen keine statistisch signifikanten Zusammenhänge vor (vgl. Tabelle 45).

Hinsichtlich der physischen Parameter bestehen positive, statistisch signifikante Beziehungen zwischen funktionelle Bewegungsmuster (FM) und Koordination (KO), r (39) = 0,58, $p < .001$ und zwischen Funktionelle Bewegungsmuster und Rumpfkraft-Ausdauer (RA), r (39) = 0,48, $p = .002$.

Tabelle 45: Zusammenhänge zwischen allgemeiner Selbstwirksamkeitserwartung und physischen Variablen (*N* = 41).

Psychische Variable	Physische Variablen	*N*	Pearson-Korrelation	Signifikanz (2-seitig)
Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung	Funktionelle Bewegungsmuster	41	-0,10	.549
	Koordination	41	-0,01	.973
	Rumpfkraft-Ausdauer	41	-0,23	.148
	Kraft	41	-0,17	.293
	Schnelligkeit	41	-0,04	.825
	Ausdauer	41	-0,17	.283
	Basis-Fitness	41	-0,16	.324
	Sportliche Aktivität	41	0,25	.111

Weiterhin bestehen positive, statistisch signifikante Beziehung sowohl zwischen funktionelle Bewegungsmuster und Kraftfähigkeit (KR), *r* (39) = 0,51, *p* = .001 als auch zwischen Funktionelle Bewegungsmuster und Schnelligkeit (SC), *r* (39) = 0,33, *p* = .037 (vgl. Tabelle 46). Zwischen funktionelle Bewegungsmuster und Basis-Fitness (BF) herrscht eine positive, statistisch signifikante Beziehung, *r* (39) = 0,47, *p* = .002.

Tabelle 46: Interkorrelation der Parameter der physischen Leistungsfähigkeit (*N* = 41).

	FM	KO	RA	KR	SC	AU	BF	SA
FM		0,58**	0,48*	0,51**	0,33*	0,31	0,47*	-0,17
KO			0,29	0,29	0,23	0,13	0,27	-0,18
RA				0,68**	0,29	0,31*	0,55**	-0,08
KR					0,51**	0,55**	0,87**	0,01
SC						0,65**	0,81**	0,18
AU							0,85**	0,09
BF								0,13
SA								

*p ≤ .05
**p ≤ .01

Die Variable Kraftfähigkeit weist positive, statistisch signifikante Beziehung mit Ausdauerleistungsfähigkeit (AU), *r* (39) = 0,55, *p* < .001, Schnelligkeit, *r* (39) = 0,51, *p* = 001. und Rumpfkraft-Ausdauer, *r* (39) = 0,68, *p* < .001 auf. Es besteht eine positive, statistisch signifikante Beziehung zwischen Ausdauerleistungsfähigkeit und Rumpfkraft-Ausdauer, *r* (39) = 0,31, *p* = .048. Des Weiteren wird eine positive, statistisch signifikante Beziehung zwischen Ausdauerleistungsfähigkeit und Schnelligkeit verzeichnet, *r* (39) = 0,65, *p* = <.001. Die Variable Basis-Fitness weist positive, statistisch signifikante Beziehungen mit Rumpfkraft-Ausdauer, *r* (39) = 0,55, *p* < .001, Kraftfähigkeit, *r* (39) = 0,87, *p* < .001, Schnelligkeit, *r* (39) = 0,81, *p* < .001, und Ausdauerleistungsfähigkeit *r* (39) = 0,85, *p* < .001 auf. Die Variable sportliche Aktivität (SA) steht in keiner statistisch signifikanten Beziehungen zu den anderen betrachteten Variablen (vgl. Tabelle 46). Die Interkorrelation der Parameter der psychischen Leistungsfähigkeit ergibt eine positive statistisch signifikante Beziehung zwischen Resilienz und allgemeiner Selbstwirksamkeitserwartung, *r* (39) = 0,56, *p* < .001.

Tabelle 47: Zusammenhang zwischen personenbezogenen Parametern und der physischen Leistungsfähigkeit (*N* = 41).

	BMI	WHR	Alter
Funktionelle Bewegungsmuster	-0,53**	-0,30	-0,05
Koordination	-0,44**	-0,05	-0,75
Rumpfkraft-Ausdauer	-0,43**	-0,24	0,02
Kraft	-0,53**	-0,20	0,01
Schnelligkeit	-0,17	-0,22	0,01
Ausdauer	-0,33*	-0,21	0,15
Basis-Fitness	-0,44**	-0,25	0,11
Sportliche Aktivität	0,06	-0,13	-0,09

*p ≤ .05
**p ≤ .01

Die Variable BMI weist negative, statistisch signifikante Beziehungen mit funktionelle Bewegungsmuster, r (39) = -0,53, p < .001, Koordination, r (39) = -0,44, p = .004, Rumpfkraft-Ausdauer, r (39) = -0,43, p = .005, Kraftfähigkeit, r (39) = -0,53, p < .001, Ausdauerleistungsfähigkeit, r (39) = -0,33, p = .038 und Basis-Fitness, r (39) = -0,44, p = .004 auf (vgl. Tabelle 47). Die Variablen WHR und Alter stehen in keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zu den Variablen der physischen Leistungsfähigkeit (vgl. Tabelle 47).

Tabelle 48: Zusammenhang zwischen personenbezogenen Parametern und der psychischen Leistungsfähigkeit (*N* = 41).

	BMI	WHR	Alter
Resilienz	0,15	-0,02	-0,31*
Selbstwirksamkeitserwartung	0,13	0,17	-0,18

*p ≤ .05
**p ≤ .01

Die Variable Resilienz weist eine negative statistisch signifikante Beziehung mit dem Alter auf, r (39) = -0,31, p < .047 (vgl. Tabelle 48).

6.7 Einflüsse auf verletzungsbedingte Flugausfallzeiten

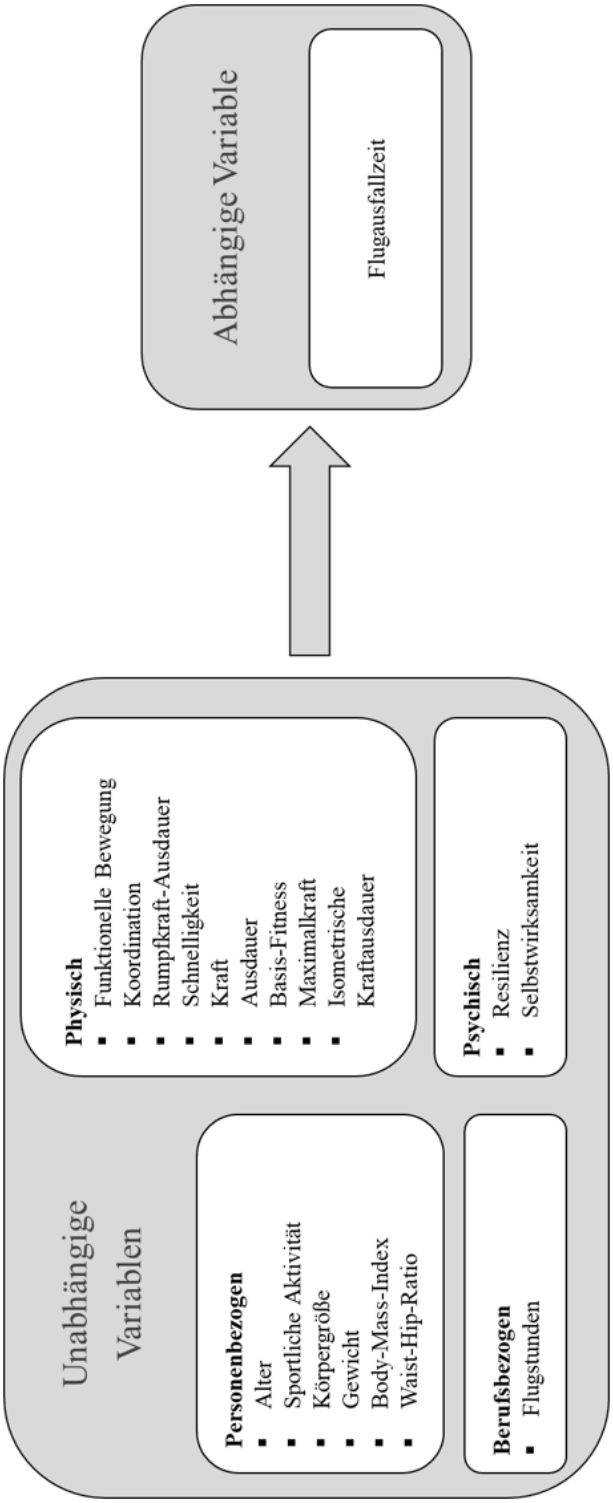


Abbildung 104: Ausgangsmodell der Regressionsanalyse zur Analyse des Einflusses verschiedener unabhängiger Variablen auf die Flugausfallzeit.

Nachfolgend werden die Einflüsse aller betrachteten Variablen auf die verletzungsbedingte Flugausfallzeit von Eurofighter-Piloten untersucht um etwaige Prädiktorvariablen herauszustellen. Dazu werden multiple lineare Regressionsanalysen durchgeführt. Durch eine schrittweise Analyse konnten die einflussreichsten Prädiktoren bestimmt werden. Die Analyse deutet darauf hin, dass die Variablen Rumpfkraft-Ausdauer (β = 0,74) und Trainings-/Therapiehäufigkeit im Rahmen von HPE (β = -0,51) in diesem Modell die einflussreichsten Prädiktoren darstellen (vgl. Tabelle 51). Es handelt sich um ein statistisch signifikantes Modell, F (2, 17) = 9,55, p = .002 (vgl. Tabelle 49).

Tabelle 49: Korrelationskoeffizienten der multiplen linearen Regressionsanalyse (n = 18).

R^2	*korrigiertes* R^2	F	p
0,56	0,50	9,55	.002

Das korrigierte R^2 zeigt, dass 50,1 Prozent der Varianz in der verletzungsbedingten Flugausfallzeit durch Varianzen in den zwei Prädiktorvariablen Rumpfkraft-Ausdauer und Trainings-/Therapiehäufigkeit HPE aufgeklärt werden können (vgl. Tabelle 49).

Tabelle 50: Varianzanalyse der multiplen linearen Regressionsanalyse (n = 18).

	Quadrat-summe	*df*	Mittel der Quadrate	*F*	*p*
Regression	25,92	2	12,96	9,55	.002
Nicht standardisierte Residuen	20,36	15	1,36		

Sowohl für die Variable Rumpfkraft-Ausdauer (t = 4,10, p = .001) als auch für die Variable Training-/Therapiehäufigkeit HPE (t = -2,80, p = .013) konnte gezeigt werden, dass es sich um statistisch signifikante Prädiktoren der verletzungsbedingten Flugausfallzeit handelt (vgl. Tabelle 51).

Tabelle 51: Koeffizienten der multiplen linearen Regressionsanalyse (n = 18).

Koeffizient	Regressions-koeffizient B	SE	Beta	t	p
(Konstante)	-2,34	0,89		-2,64	.019
Trainings/Therapiehäufigkeit	-0,05	0,02	-0,51	-2,80	.013
Rumpfkraft-Ausdauer	0,01	0,01	0,74	4,10	.001

Die Regressionsgleichung des Modells lautet:

$$y = -2{,}43 + 0{,}013x_1 - 0{,}054x_2$$

Verletzungsbedingte Flugausfallzeit =
– 2,43 + 0,013 × Rumpfkraft-Ausdauer – 0,054 × Trainings-/Therapiehäufigkeit HPE

Die verletzungsbedingten Flugausfallzeiten werden in vorliegender Arbeit anhand ganzer Ausfalltage dargestellt. Experteninterviews zufolge ist davon auszugehen, dass ein Kampfpilot im Schnitt täglich eine Mission mit einer Dauer von zwei Flugstunden absolviert. Eine Einheit verletzungsbedingte Flugausfallzeit entspricht damit zwei Stunden. Erhöht man die Trainings-/Therapiehäufigkeit HPE um eine Einheit, also 60 Minuten und geht davon aus, dass die Rumpfkraft-Ausdauer unverändert bleibt, würde sich die verletzungsbedingte Flugausfallzeit theoretisch um 06:30 Minuten verringern. Die verletzungsbedingte Flugausfallzeit würde sich demnach um einen ganzen Flugausfalltag reduzieren, wenn die Trainings-/Therapiehäufigkeit um 18,5 Stunden erhöht wird.

Durch diese Erhöhung der Trainings-/Therapiehäufigkeit von 18,5 Stunden könnte somit ein wirtschaftlicher Schaden in Höhe von 60.000 Euro abgewendet (vgl. Kapitel 5.4.3.4) werden. Eine Erhöhung der Trainings-/Therapiehäufigkeit um 60 Minuten würde damit die Abwendung eines wirtschaftlichen Schadens in Höhe von 3.243 Euro für das Bundesministerium der Verteidigung erwirken.

7 DISKUSSION

In diesem Kapitel werden die dargestellten Ergebnisse (vgl. Kapitel 6) interpretiert und diskutiert. Die Fragestellungen aus Kapitel 4 werden systematisch bearbeitet und geklärt. Abschließend folgt eine Methodendiskussion.

Nachdem in Kapitel 6.1 die Gesamtstichprobe beschrieben wurde, werden nun die unterschiedlichen Voraussetzungen der Untersuchungsgruppen dargestellt und interpretiert, welche einen potenziellen Einfluss auf die Ergebnisse ausüben könnten. Während die KG drei weiblichen Probanden beinhaltet, wird in der EG nur ein weiblicher Proband verzeichnet. Die EG war zu Untersuchungsbeginn 0,56 Jahre jünger als die KG und verzeichnet eine geringere Standardabweichung (vgl. Abbildung 33).

Die Selbstauskunft zur sportlichen Aktivität ergibt, dass die KG im Schnitt pro Woche 4,7 Stunden Sport in der Freizeit und 2,4 Stunden in der Dienstzeit durchführen. Die EG hingegen absolvieren pro Woche 1,5 Stunden weniger Sport in der Freizeit und 1,1 Stunden in der Dienstzeit. Die EG führt folglich pro Woche 2,6 Stunden weniger Sport durch als die KG (vgl. Abbildung 36). An dieser Stelle wird ersichtlich, dass weder die KG, noch die EG, die in der Vorschrift festgeschriebene Mindestanforderung von 180 Minuten Sport pro Woche erfüllen (vgl. 5.3.2; BMVg Kdo SKB, 2018).

Alle Trainings-/Therapieeinheiten im Rahmen von HPE werden durch das Durchführungspersonal dokumentiert und kategorisiert (vgl. Abbildung 51). Im Schnitt führt ein Proband der EG im gesamten Betrachtungszeitraum 17,1 Stunden Interventionsmaßnahmen im Rahmen von HPE durch. Bezogen auf die Woche nimmt jeder Pilot 0,3 Stunden an HPE-Maßnahmen in Anspruch. Hinsichtlich diesen Umstandes, dass jeder Pilot lediglich 18 Minuten pro Woche an HPE-Maßnahmen teilnimmt, erscheint die Aufklärung der Fragestellung hinsichtlich Wirksamkeit von HPE nur schwerlich aufklärbar. Im weiteren Verlauf des Kapitels werden die aufgestellten Hypothesen systematisch getestet.

H1: Kampfpiloten weisen eine höhere physische und psychische Leistungsfähigkeit auf als Nicht-Piloten.

Um diese Hypothese zu testen, werden die Variablen der physischen und psychischen Leistungsfähigkeit zum Testzeitpunkt t_0 und t_2 analysiert. Bartz und Jäschner (2015) stellen im Rahmen der Untersuchungen von Eurofighter-Piloten Defizite bei funktionellen Bewegungsmustern heraus (vgl. Kapitel 3.2.1). Hervorgehoben werden Mobilitätsdefizite im Bereich der Schulter und Hüfte. Da weder eine Vergleichsgruppe untersucht, noch Angaben zu Normwerten gemacht werden, sind die Ergebnisse nur eingeschränkt nutzbar. Die Eurofighter-Piloten in vorliegender Untersuchung erzielen größtenteils durchschnittliche Leistungen im Bereich der funktionellen Bewegungsmuster (vgl. Abbildung 40).

Die Ergebnisse von Bartz und Jäschner (2015) können nicht bestätigt werden. Die erzielten Punkte des Functional Movement Tests unterscheiden sich bei EG und KG weder zu t_0 (t (39) = 1,05 , p = .302), noch zu t_2 (t (39) = 1,63 , p = .111) statisitsch signifikant voneinander (vgl. Abbildung 71). Die Koordinationsfähigkeit der Gruppen unterscheidet sich weder zu Untersuchungsbeginn (t (39) = 1,88, p = .067) noch zu Untersuchungsende (t (39) = 0,42 , p = .680) (vgl. Abbildung 73) signifikant voneinander. Durch die hohen koordinativen Anforderungen eines Kampfpiloten (vgl. Kapitel 2.5) wird erwartet, dass sich die Koordinationsfähigkeit der EG statistisch signifikant von der KG unterscheidet. Der Unterschied zu Beginn der Untersuchung ist jedoch nur tendenziell signifikant (p = .067).

Hinsichtlich Rumpfkraft-Ausdauer unterscheidet sich die EG weder zu Beginn (t (39) = 0,58 , p = .565), noch zu Ende der Untersuchung (t (39) = 0,53 , p = .602) statistisch signifikant von der KG (vgl. Abbildung 75). Bartz und Jäschner (2015) stellen Stabilitätsdefizite bei Eurofighter-Piloten im Körperstamm heraus, welche jedoch ohne Vergleichsgruppe und Normwerte nur eingeschränkt nutzbar sind. Die Ergebnisse können in vorliegender Untersuchung nicht bestätigt werden, da die erzielten Leistungen der Eurofighter-Piloten als durchschnittlich zu interpretieren sind (vgl. Abbildung 41).

Die Variablen Schnelligkeit und Kraftfähigkeit spielen im Anforderungsprofil Kampfpilot eine untergeordnete Rolle (vgl. Kapitel 2.5). Eine ausführliche Diskussion der Ergebnisse wäre an dieser Stelle nicht zweckmäßig. Im Bereich Schnelligkeit unterscheiden sich beide Gruppen weder bei t_0 (t (39) = 0,31 , p = .760), noch bei t_2 (t (39) = 0,80 , p = .426) statistisch signifikant voneinander (vgl. Abbildung 77). Ähnlich verhält es sich bei der Variablen Kraftfähigkeit. Auch hier unterscheiden sich die Gruppen an

keinem der beiden Testzeitpunkte (t_0: t (39) = 0,88 , p = .386; t_2: t (39) = 0,59 , p = .556) (vgl. Abbildung 79).

Die Ausdauerleistungsfähigkeit erfährt im Anforderungsprofil Kampfpilot in Form von „Mehrfachbelastungen standhalten“ einen sehr hohen Stellenwert (vgl. Kapitel 2.5.2; Abbildung 10). Die EG und KG unterscheiden sich weder zu Beginn (t (39) = -0,82 , p = .415), noch zu Ende der Untersuchung (t (39) = 0,56 , p = .581) signifikant voneinander (vgl. Abbildung 81). Es werden durchschnittliche Ergebnisse erzielt, welche durch zusätzliche Untersuchungen mittels Spiroergometrie bestätig werden konnten (vgl. Tabelle 31).

Gemäß Stufenmodell des Trainings der körperlichen Leistungsfähigkeit in der Bundeswehr (vgl. BMVg Kdo SKB, 2018, S. 6) stellt die Basis-Fitness die streitkräftegemeinsame Grundlage dar. Dementsprechend fallen die Ergebnisse des Basis-Fitness-Tests nicht überraschend aus. Die beiden Gruppen unterscheiden sich zu keinem der Testzeitpunkte statistisch signifikant voneinander (t_0: t (39) = 0,22 , p = .825; t_2: t (39) = 0,75 , p = .461) (vgl. Abbildung 83). Wie sich der Unterschied in der obersten Stufe des Modells (Funktionsfitness) verhält, ist mit den angewandten Methoden nicht aufzuklären.

Carretta et al. (2016) stellen ähnlich wie Boyd et al. (2005) die erhöhte kognitive Leistungsfähigkeit von Kampfpiloten im Vergleich zu Piloten anderer Muster und der Normstichprobe heraus. Die psychischen Leistungsparameter der vorliegenden Arbeit werden durch Resilienz und Selbstwirksamkeitserwartung dargestellt. Aufgrund der Ergebnisse bestehender Forschung in Zusammenhang mit den hohen mental-kognitiven Anforderungen eines Kampfpiloten (vgl. Kapitel 2.5.2; Abbildung 10) liegt die Vermutung nahe, dass sich die EG sowohl bei der Resilienz, als auch bei der Selbstwirksamkeit signifikant von der KG unterscheidet. Die Resilienz der Gruppen unterscheidet sich jedoch weder bei t_0 (t (39) = -0,68 , p = .501), noch bei t_2 (t (39) = -0,68 , p = .499) statistisch signifikant voneinander (vgl. Abbildung 85). Ähnlich verhält es sich bei der Selbstwirksamkeitserwartung. Beide Gruppen unterscheiden sich weder zu Beginn (t (39) = 0,83 , p = .411), noch zu Ende der Untersuchung (t (39) = -0,28, p = .784) statistisch signifikant voneinander (vgl. Abbildung 87). Hackfort (2014) stellt heraus, dass sich psychisch belastbare Personen selbstwirksamer einschätzen als weniger psychisch belastbare Personen. Demnach wäre es möglich, dass Kampfpiloten psychisch ähnlich belastbar sind als Nicht-Piloten.

Zusammengefassend unterscheidet sich die EG weder zu Beginn, noch zu Ende der Untersuchung in einer der betrachteten physischen und psychischen Variablen von der KG. Die Arbeitshypothese H1 kann somit nicht bestätigt werden.

H2: Die physische und psychische Leistungsfähigkeit erhöht sich im Untersuchungsverlauf in Abhängigkeit eines Treatments (Interventionsprogramm HPE) bei Kampfpiloten stärker als bei Nicht-Piloten.

Um diese Hypothese zu testen, werden die Ergebnisse der 2-faktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung auf einem Faktor diskutiert. Bartz und Jäschner (2015) stellen bei Untersuchungen mit Eurofighter-Piloten Mobilitätsdefizite im Bereich der Schulter und Hüfte heraus, welche durch ein nicht näher beschriebenes Interventionsprogramm verbessert wurden. Aufgrund der fehlenden Vergleichsgruppe ist dieses Ergebnis nur eingeschränkt nützlich. Bei den funktionellen Bewegungsmustern in vorliegender Arbeit zeigt sich ein signifikanter Haupteffekt aufgrund des Testzeitpunktes, F (1, 39) = 27,71, $p < .001$. Es liegt weder ein signifikanter Haupteffekt aufgrund des Treatments, noch ein signifikanter Interaktionseffekt vor (vgl. Tabelle 35). Die Steigerung dieses Leistungsparameters könnte folglich bei beiden Gruppen auf einen Lerneffekt zurückzuführen sein.

Ähnlich verhält es sich bei der Variablen Koordinationsfähigkeit. Es zeigt sich ein signifikanter Haupteffekt aufgrund des Testzeitpunktes, F (1, 39) = 15,90, $p < .001$. Es wird weder ein signifikanter Haupteffekt aufgrund des Treatments, noch ein signifikanter Interaktionseffekt verzeichnet. Auch bei dieser Variable könnte die Steigerung des Leistungsniveaus folglich bei beiden Gruppen auf einen Lerneffekt zurückzuführen sein. Gemäß Anforderungsprofil Kampfpilot wird der Koordinationsfähigkeit jedoch ein hoher Stellenwert zugesprochen (vgl. Abbildung 10), weshalb die Ergebnisse der EG als unzureichend interpretiert werden können.

Die Rumpfkraft-Ausdauer verfügt über einen hohen Stellenwert im Anforderungsprofil Kampfpilot (vgl. Kapitel 2.5.2). Bartz und Jäschner (2015) stellen bei Untersuchungen mit Kampfpiloten Stabilitätsdefizite im Körperstamm heraus, welche durch ein nicht näher beschriebenes Interventionsprogramm nicht verbessert werden konnten (vgl. Kapitel 3.2.1). In vorliegender Untersuchung zeigen sich weder signifikante Haupteffekte auf-

grund des Testzeitpunktes und Treatments, noch signifikante Interaktionseffekte. Die erbrachte Leistung reduziert sich bei beiden Gruppen (vgl. Abbildung 75). Ähnlich verhält es sich mit den Variablen Schnelligkeit und Kraft. Es zeigen sich weder signifikante Haupteffekte aufgrund des Testzeitpunktes und Treatments, noch signifikante Interaktionseffekte. Die Leistungen reduzieren sich bei beiden Gruppen (vgl. Abbildung 77; Abbildung 79).

Hinsichtlich Ausdauerleistungsfähigkeit wird kein signifikanter Haupteffekt aufgrund des Testzeitpunktes und des Treatments verzeichnet. Es zeigt sich ein tendenziell statistisch signifikanter Interaktionseffekt, F (1, 39) = 2,87, p = .098 (vgl. Tabelle 40). Gemäß Anforderungsprofil Kampfpilot wird die Ausdauerleistungsfähigkeit in Form von „Mehrfachbelastungen standhalten“ als sehr wichtig eingeschätzt (vgl. Abbildung 10). Die vergleichsweise geringe Anzahl durchgeführter Trainingseinheiten in diesem Bereich erzielte eine Steigerung ohne statistische Signifikanz.

Bei der Variablen Basis-Fitness zeigen sich weder signifikante Haupteffekte aufgrund des Testzeitpunktes und Treatments, noch signifikante Interaktionseffekte. Da sich die Interventionsmaßnahmen vor dem Hintergrund des Stufenmodells der körperlichen Leistungsfähigkeit (vgl. BMVg Kdo SKB, 2018, S. 6) vorwiegend mit der Funktionsfitness beschäftigen, erscheint das vorliegende Ergebnis nicht überraschen. Hinsichtlich der psychischen Leistungsparameter Resilienz und Selbstwirksamkeitserwartung zeigen sich weder signifikante Haupteffekte aufgrund des Testzeitpunktes und Treatments, noch signifikante Interaktionseffekte. Während sich die Resilienz bei beiden Gruppen reduziert, steigert sich die Selbstwirksamkeitserwartung.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der zusätzlich erhobenen Leistungsparameter der EG diskutiert. Die Maximalkraftmessungen der thorakalen Massenbewegungen bleiben ohne statistisch signifikante Veränderungen und liefern keine brauchbaren Erkenntnisse zur Aufklärung der zugrundeliegenden Fragestellung. Die Maximalkraftmessungen der cervikalen Massenbewegungen verzeichnen zum Teil statistisch signifikante Veränderungen. Die Maximalkraft der cervikalen Extension, Flexion, Rotation beidseitig und Lateralflexion links erhöhen sich ohne statistische Signifikanz. Die Lateralflexion rechts erhöht sich statistisch signifikant t (17) = -2,31, p = .034. Anzumerken bleibt, dass sich die Maximalkraft jeder betrachteten Massenbewegung im cervikalen Bereich im Laufe der Untersuchungen steigert. Dieser Umstand könnte den gezielten

Interventionsmaßnahmen im Rahmen von HPE und dem hohen Stellenwert der cervikalen Ebene zuzuschrieben sein. Burnett et al. (2005) verzeichnen ähnliche Ergebnisse. Mittels körperlichem Training an dem Gerät „Multi-Cervikal-Unit“ (vgl. Kapitel 3.2.1) werden Kraftzuwächse in der cervikalen Ebene verzeichnet, welche nicht signifikant sind. Auch Alricsson et al. (2004) sowie Hämäläinen et al. (1998) stellen mittels unterschiedlichen Krafttrainingsmethoden eine Steigerung der cervikalen Maximalkraft bei Kampfpiloten heraus, jedoch ohne statistische Signifikanz. Die Erkenntnissen bestehender Forschung können damit bestätigt werden.

Während sich die maximalen Bewegungsumfänge der thorakalen Rotation beidseitig ohne statistische Signifikanz verringern (vgl. Abbildung 101), reduzieren sich die maximalen Bewegungsumfänge der cervikalen Rotation beidseitig (vgl. Abbildung 103) statistisch signifikant (rechts t (17) = 2,71, p = .015, links t (17) = 3,39, p = .003). Da im Rahmen von HPE keine aktiven Interventionen auf die Beweglichkeit abzielen, könnte die Reduzierung der Bewegungsumfänge auf die Steigerung der Maximalkraft zurückzuführen sein. Chumbley et al. (2017) stellen heraus, dass eine hohe Beweglichkeit im cervikalen Bereich mit einer Reduzierung von Nackenschmerzen einhergehen könnte. Dies würde den Ergebnissen von Burnett et al. (2005), Alricsson et al. (2004) und Hämäläinen et al. (1998) widersprechen, die sich für ein Maximalkrafttraining der cervikalen Ebene und eine damit einhergehende Reduzierung der Beweglichkeit aussprechen.

Zusammenfassend zeigt sich bei keiner der betrachteten Variablen der Gesamtstichprobe ein statistisch signifikanter Haupteffekt aufgrund der Teilnahme an einem Treatment. Die Arbeitshypothese H2 kann folglich nicht bestätigt werden.

H3: Die physischen Leistungsparameter korrelieren mit den psychischen Leistungsparametern.

Hackfort (2014) stellt eine signifikante Beziehung zwischen physischem Leistungsniveau und psychischer Belastbarkeit heraus (vgl. Kapitel 3.2.2). Weiterhin wird ein positiver Einfluss auf die psychische Belastbarkeit durch die Ausdauerleistungsfähigkeit verzeichnet. Auf Grund dieser Erkenntnisse wird davon ausgegangen, dass die physischen Leis-

tungsparameter in vorliegender Arbeit mit den psychischen Leistungsparametern korrelieren. Weder zwischen Resilienz und den physischen Leistungsparametern (vgl. Tabelle 44), noch zwischen Selbstwirksamkeitserwartung und den physischen Leistungsparametern (vgl. Tabelle 45) liegen statistisch signifikante Beziehungen vor.

Die Interkorrelation der physischen Variablen ergeben eine Vielzahl statistisch signifikanter Beziehungen (vgl. Tabelle 46). Anhand dieser Beziehungen könnten die Screeningverfahren im Rahmen von HPE effizienter gestaltet werden. Die Interkorrelation der psychischen Variablen ergeben, ähnlich wie bei Hackfort (2014), eine statistisch signifikante Beziehung zwischen Resilienz und Selbstwirksamkeitserwartung, r (39) = 0,56, $p < .001$. Die Variable Body-Mass-Index weist mit sechs von sieben physischen Leistungsparametern negative signifikante Beziehungen auf (vgl. Tabelle 47). Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Leyk et al. (2010) bei Untersuchungen zum Basis-Fitness-Test der Bundeswehr (vgl. Kapitel 3.2.1). Zusammenfassend kann die vorliegende Arbeitshypothese H3 nicht bestätigt werden.

H4: Die Faktoren cervikale Maximalkraft und Trainings-Therapiehäufigkeit HPE haben einen positiven Einfluss auf die verletzungsbedingten Flugausfallzeiten und stellen Prädiktoren dieser dar.

Um diese Hypothese zu testen, werden die Ergebnisse der multiplen linearen Regressionsanalyse diskutiert. Rintala et al. (2015) beschreiben, dass die muskulären Beschwerden im Bereich der Wirbelsäule linear mit der täglichen Flugbelastung ansteigen (vgl. Kapitel 3.1). Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Wagstaff et al. (2012), die eine negative signifikante Beziehung zwischen Nackenschmerzen und Trainingshäufigkeit beschreiben (vgl. Kapitel 3.1). Nagai et al. (2014) berichten von einer signifikanten Risikoreduktion fluginduzierter Nackenschmerzen bei Piloten, welche wöchentlich mehr als eine Stunde Krafttraining absolvierten. Zu vergleichbaren Ergebnissen kommen Tucker et al. (2012), welche von einem signifikanten Zusammenhang zwischen Nackenschmerzen nach dem Flug und der Häufigkeit an durchgeführten Nackentrainings berichten. Die aus den körperlichen Beschwerden resultierenden Konsequenzen werden dabei in den meisten Fällen nicht betrachtet.

Die Regressionsanalyse deutet darauf hin, dass die Variablen Rumpfkraft-Ausdauer und Trainings-/Therapiehäufigkeit im Rahmen von HPE in diesem Modell die einflussreichsten Prädiktoren darstellen (vgl. Tabelle 51). Es handelt sich um ein statistisch signifikantes Modell, F (2, 17) = 9,55, p = .002 (vgl. Tabelle 49, Kapitel 6.7). Durch dieses Modell können 50,1 Prozent der Varianz in den Flugausfallzeiten aufgeklärt werden, welche aufgrund körperlicher Beschwerden zustande kommen. Die Arbeitshypothese H4 kann somit teilweise bestätigt werden.

Das Modell deutet darauf hin, dass durch diese Erhöhung der Trainings-/Therapiehäufigkeit von 18,5 Stunden ein wirtschaftlicher Schaden in Höhe von 60.000 Euro abgewendet werden könnte (vgl. Kapitel 5.4.3.4).

Nachfolgend wird die zugrunde liegende Methode anhand von Erkenntnissen aus vorliegender Arbeit diskutiert. Die angewandten Screeningverfahren für Eurofighter-Piloten der Bundeswehr sind sehr umfangreich und mit einer Dauer von etwa sechs Stunden pro Pilot sehr zeitaufwendig. Der zu untersuchende Kampfpilot ist einen gesamten Tag vom Flugdienst ausgeschlossen, wodurch weniger Flugstunden produziert werden können. Die Screeningverfahren müssen adäquat angepasst werden, um die Untersuchungsdauer und die damit verbundenen, nicht realisierbaren Flugstunden, zu reduzieren ohne Qualität in den Ergebnissen einzubüßen. Die Untersuchungsverfahren müssen demnach effizienter gestaltet werden. Im Mittelpunkt vorliegender Untersuchung stehen sportwissenschaftliche Methoden. Die angewandten fliegerärztlichen- und physiotherapeutischen Methoden können an dieser Stelle nicht disziplingerecht beurteilt werden. Die Interkorrelationsanalysen der physischen Leistungsparametern zeigen eine Vielzahl von statistisch signifikanten Beziehungen (vgl. Tabelle 46), wodurch Testverfahren als überflüssig interpretiert werden könnten. Zwischen der Variable „funktionelle Bewegungsmuster“ und fünf von sechs analysierten physischen Leistungsparametern herrscht eine statistisch signifikante Beziehung (vgl. Tabelle 46). Weiterhin weist die Variable „Body-Mass-Index“ negative statistisch signifikante Beziehungen mit sechs von sieben physischen Leistungsparametern auf. Die betrachteten Variablen „Kraft“, „Schnelligkeit“ und „Ausdauer“ stellen Leistungsparameter der Basis-Fitness dar. Bei dem Tätigkeitsprofil von Kampfpiloten sollten sich die Screeningsverfahren zum Großteil mit Leistungsparametern der Funktionsfitness beschäftigen. Vor dem Hintergrund des Anforderungsprofils

Kampfpilot (vgl. Kapitel 2.5.2) und den Ergebnissen aus Kapitel 6 sollten die Untersuchungsverfahren auf folgende reduziert werden: Functional Movement Screen, Magglinger-Test und isometrische Maximalkraftmessung aller Bewegungen im cervikalen Bereich, ergänzt durch Größe und Gewicht. Die Programminhalte sollten standardisiert werden. Der individuelle Charakter der interventionsmaßnahmen kann erhalten bleiben, sollte jedoch um ein standardisiertes Vorgehen ergänzt werden.

8 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Die vorliegende Arbeit liefert Erkenntnisse für das Bundesministerium für Verteidigung und alle unterstellen fliegenden Verbände der Bundeswehr. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass durch die Teilnahme an Interventionsmaßnahmen im Rahmen von HPE immense wirtschaftliche Schäden für die Bundesrepublik Deutschland vermieden werden können.

Die Ergebnisse schaffen eine belastbare Grundlage für andere Geschwader hinsichtlich Material, Infrastruktur, Personal, Programminhalte und Screening Verfahren. HPE hat damit einen entscheidenden Einfluss auf die Einsatzbereitschaft der Kampfpiloten, indem die Funktionsfitness der Piloten gesteigert und die Flugausfallzeiten, welche durch körperliche Beschwerden bedingt sind, reduziert werden. Um dies zu gewährleisten, könnte die Teilnahme an HPE-Interventionsmaßnahmen für jeden Kampfpiloten verpflichtend sein. Diese Verpflichtung könnte jedoch nur dann realisiert werden, wenn die Dienstpläne der jeweiligen fliegenden Staffeln dahingehend angepasst werden würden. Es wäre an dieser Stelle nicht ausreichend, auf die Selbsteinsicht der Piloten hinsichtlich des Stellenwertes von HPE zu hoffen. Vor dem Hintergrund des enormen wirtschaftlichen Schadens, welcher bei langfristigen Flugausfallzeiten durch muskuläre- oder strukturelle Verletzungen Bereich der Wirbelsäule entsteht, sollte eine kontinuierliche Teilnahme der Kampfpiloten an HPE angestrebt werden. Alle Geschwader der Bundeswehr sollten mit einheitlichem Material zu Trainings- und Diagnostikzwecken ausgestattet werden. Das Durchführungspersonal muss einheitlich geschult werden, um die Qualitätskriterien sicherzustellen.

Um eine Steigerung- und letztendlich die Optimierung der Leistungsfähigkeit von Kampfpiloten zu realisieren und somit die „Air Force Human Systems Integration“ (vgl. Booher, 2003; United States Air Force, 2008) voranzutreiben, bedarf es validen Normwerten hinsichtlich psycho-physischer Leistungsfähigkeit, welche längst überfällig sind. Die Flugmedizin muss diese Forschungslücke schließen, indem Anforderungsprofile, Arbeitsplatzanalysen und psycho-physische Normwerte der jeweiligen Luftfahrzeugmuster erstellt werden. Die vorliegende Arbeit leistet dazu mit dem Anforderungsprofil Kampfpilot und den erhobenen psycho-physischen Leistungsdaten einen weiteren Beitrag.

9 ZUSAMMENFASSUNG

Die Einführung von High-Performance Kampfflugzeugen führte neben Veränderungen der operativen Kriegsführung zu noch nie da gewesenen Belastungen für den menschlichen Körper (vgl. Yacavone & Bason, 1992; Kikukawa, Techibana & Yagura, 1995; Wagstaff, Jahr & Rodskier, 2012). Mehr als die Hälfte aller Kampfpiloten litten bereits an cervikalen- oder lumbalen Beschwerden, welche häufig zu eingeschränkten Flugleistungen oder sogar zu Flugverboten führten (vgl. Drew, 2000; Wagstaff et al., 2012). Um die psycho-physische Leistungsfähigkeit des fliegenden Personals zu erhalten und so die Durchhaltefähigkeit des Systems „Fliegerischer Dienst im Einsatz“ sicherzustellen, setzte die Luftwaffe das Konzept für Human Performance Enhancement (vgl. BMVg, 2012) in den Geschwadern in Kraft. Im Taktischen Luftwaffengeschwader 31 „Boelcke“ wurde ein Betreuungskonzept verfasst, welches grundlegende Methoden in der Betreuung von Eurofighter-Piloten beschreibt. Seit diesem Zeitpunkt nutzen Eurofighter-Piloten der Bundeswehr die Interventionsmaßnahmen, welche im Rahmen von HPE zur Verfügung gestellt werden.

Die vorliegende Arbeit untersucht die Wirksamkeit von HPE über einen Zeitraum von zwei Jahren und liefert Erkenntnisse für das Bundesministerium für Verteidigung und alle unterstellen fliegenden Verbände der Bundeswehr. Nachdem die Relevanz des Forschungsvorhabens verdeutlicht und das theoretische Rahmenkonzept erläutert wurde, folgt die Darstellung eines eigens entwickelten Anforderungsprofils für Kampfpiloten. Nach Erläuterung des Forschungsstandes und Aufstellung der Hypothesen wird die Methodik dargestellt. Die Ergebnisse werden aufgezeigt und diskutiert um darauf aufbauende Handlungsempfehlungen zu geben. Das Untersuchungsdesign sah eine Längsschnittstudie mit zwei Experimentalgruppen und einer Kontrollgruppe vor und umfasste drei Testzeitpunkte in einem Abstand von je sechs Monaten. Die EG der Eurofighter-Piloten durchlief darüber hinaus zusätzliche Testverfahren in Form von Maximalkraftmessungen- und Beweglichkeitsmessungen in der thorakalen- und cervikalen Ebene, spiroergometrische Untersuchungen sowie Screenings der Flugausfallzeiten und der fluginduzierten Nackenschmerzen. Die Teilnahme an Interventionsmaßnahmen im Rahmen von HPE wurde dokumentiert und kategorisiert. Das Treatment der EG Eurofighter-Pilo-

ten beinhaltete drei Phasen, welche aufgrund der körperlichen Leistungsfähigkeit individuell angepasst wurden und umfasste sowohl sportwissenschaftliche- als auch physiotherapeutische Interventionen mit geeigneter Ausstattung und Infrastruktur. Das Treatment der EG 2 Tornado-Piloten umfasste ungerichtete Gruppen-Fitness-Trainings nach dem Zirkel- und HIIT-Prinzip und physiotherapeutische Intervention. Diese Versuchsgruppe verfügt über mangelnde Ausstattung sowie Infrastruktur. Die KG absolvierte eigenverantwortlich den in der Vorschrift geforderten Dienstsport ohne fachliche Aufsicht.

Die KG (n = 23) absolvierte im Betrachtungszeitraum durchschnittlich 2,6 Stunden mehr Sport pro Woche als die EG (n = 18). Die Interventionsmaßnahmen, welche im Rahmen von HPE angeboten werden, wurden durch die EG im Schnitt 18 Minuten pro Woche in Anspruch genommen. Die EG unterscheidet sich weder zu Beginn, noch zu Ende der Untersuchung in einer der betrachteten physischen und psychischen Variablen statistisch signifikant von der KG. Anzumerken ist, dass die EG bei sieben von neun betrachteten Variablen der psycho-physischen Leistungsfähigkeit zu Untersuchungsbeginn ein höheres Ausgangsniveau als die KG aufweist. Die 2-faktoriellen Varianzanalysen der psycho-physischen Leistungsfähigkeit mit Messwiederholung zeigen bei keiner der Variablen der Gesamtstichprobe einen statistisch signifikanten Haupteffekt aufgrund der Teilnahme an Interventionsmaßnahmen im Rahmen von HPE. Korrelationsanalysen zwischen psychischen und physischen Leistungsparametern zeigen keine statistisch signifikanten Beziehungen. Multiple lineare Regressionsanalysen deuten darauf hin, dass die Rumpfkraft-Ausdauer und Trainings-/Therapiehäufigkeit im Rahmen von HPE die einflussreichsten Prädiktoren für Flugausfallzeiten darstellen. Es handelt sich um ein statistisch signifikantes Modell, F (2, 17) = 9,55, p = .002, durch das 50,1 Prozent der Varianz in den Flugausfallzeiten aufgeklärt werden, welche aufgrund körperlicher Beschwerden zustande kommen. Das Modell deutet an, dass durch eine Erhöhung der Trainings-/Therapiehäufigkeit HPE eines Piloten um 18,5 Stunden ein wirtschaftlicher Schaden in Höhe von 60.000 Euro abgewendet werden könnte.

10 LITERATUR

Agius, R.M., Lloyd, M.H., Campbell, S., Hutchinson, P., Seaton, A. & Soutar, C.A. (1994). Questionnaire for the Identification of Back Pain for Epidemiological Purposes. Occupational and Environmental Medicine, 51(11), 756-760.

Ahern, N., Kiehl, E.M., Sole, M.L. & Byers, J. (2006). A Review of Instruments Measuring Resilience. Issues in Comprehensive Pediatric Nursing, 29, 103-125.

Aho, J., Hämäläinen, O., & Vanharanta, H. (1990). Neck Pain Among Finnish Military Pilots. Annales Medicinae Militaris Fenniae, 65, 74-79.

Albano, J.J. & Stanford, J.B. (1998). Prevention of Minor Neck Injuries in F-16 Pilots. Aviation, Space and Environmental Medicine, 69(12), 1193-1199.

Alricsson, M., Harms-Ringdahl, K. Larsson, B., Linder, J. & Werner, S. (2004). Neck Muscle Strength and Endurance in Fighter Pilots. Effects of a Supervised Training Program. Aviation, Space and Environmental Medicine, 75(1), 23-28.

Andersen, H.T. (1988). Neck Injury Sustained During Exposure to High-G Forces in the F-16B. Aviation, Space and Environmental Medicine, 59(4), 356-358.

Andersen, J.H., Kaergaard, A., Frost, P. Thomsen, J.F. & Bonde (2002). Physical, Psychosocial and Individual Risk Factors for Neck/Shoulder Pain with Pressure Tenderness in the Muscles Among Workers Performing Monotonous, repetitive Work. Spine, 27(6), 660-667.

Äng, B.O., Linder, J. & Harms-Ringdahl, K. (2005). Neck strength and myoelectric fatigue in fighter and helicopter pilots with a history of neck pain. Aviation, Space and Environmental Medicine, 76, 375–380.

Äng, B.O. & Harms-Ringdahl, K. (2006). Neck Pain and Related Disability in Helicopter Pilots. A Survey of Prevalence and Risk Factors. Aviation, Space and Environmental Medicine, 77, 713-719

Äng, B.O., Monnier, A. & Harms-Ringdahl, K. (2009). Neck/Shoulder Exercise for Neck Pain in Air Force Helicopter Pilots. Spine, 34(16), 544-551.

Antonovsky, A. (1989). Die salutogenetische Perspektive. Zu einer neuen Sicht von Gesundheit und Krankheit. Meducs, 2(2), 51-57.

Ashendorf, L. & McCaffrey, R.J. (2008). Exploring Age-Related Decline on the Wisconsin Card Sorting Test. The Clinical Neuropsychologist, 22(2), 262-272.

Balldin, U.I., Werchan, P.M., French, J. & Self, B. (2003). Endurance and Performance During Multiple Intense High +Gz Exposures With Efficient Anti-G Protection. Aviation, Space and Environmental Medicine, 74, 303-308.

Balladin, U., Annicelli, L., Gibbson, J. & Kisner, J. (2008). An Electric Muscle Stimulation Suit for Increasing Blood Pressure. Aviation, Space and Environmental Medicine, 79, 914-918.

Balldin, U.I. & Gibbson, J.A. (2014). Inferior G Protection with an Electrical Muscle Stimulation Suit Compared to a Standard G-Suit. Aviation, Space and Environmental Medicine, 85, 1071-1077.

Bar-Or, O. (1987). The Wingate Anaerobic Test. An Update on Methodology, Reliability and Validity. Sports Medicince, 4(6), 381-394.

Bartz, O. & Jäschner, A. (2015). Evaluation von Human Performance Enhancement unter sportwissenschaftlichen Aspekten. Wehrmedizinische Monatsschrift, 59, 311-315.

Baruth, K.E. & Caroll, J.J. (2002). A Formal Assessment of Resilience. The Baruth Protective Factors Inventory. The Journal of Individual Psychology, 58(3), 235-244.

Bayle, F., Bourdel, M., Caci, H., Gorwood, P., Chignon, J., Ades, J. & Loo, H. (2000). Factor Analysis of French Translation of the Barratt Impulsivity Scale (BIS-10). Canadian Journal of Psychiatry, 45(2), 156.

Beck, J. & Bös, K. (1995). Normwerte motorischer Leistungsfähigkeit (Berichte und Materialien des Bundesinstituts für Sportwissenschaft, 1995,5, 1. Auflage). Köln: Sport und Buch Strauss, Ed. Sport.

Bengel, J. & Lyssenko, L. (2012). Resilienz und psychologische Schutzfaktoren im Erwachsenenalter: Stand der Forschung zu psychologischen Schutzfaktoren von Gesundheit im Erwachsenenalter. Köln: Bundeszentrale für Gesundheitliche Aufklärung.

Berg, H.E., Berggren, G. & Tesch, P.A. (1994). Dynamic Neck Strength Training Effect on Pain and Function. Archieves of Physical Medicine and Rehabilitation, 75, 661-665.

Block, J. & Kremen, A.M. (1996). IQ and Ego-Resiliency. Conceptual and Empirical Connections and Separateness. Journal of Personality and Social Psychology, 70(2), 349-361.

BMVg P II 4 (1995). Psychophysische Stressbewältigung im Rahmen akuter und chronischer Stressexposition des Fliegenden Personals der Bundeswehr. Berlin: Bundesministerium der Verteidigung.

BMVg (2006). Durchführungsbestimmungen zum Physical Fitness Test. Berlin: Bundesministerium der Verteidigung.

BMVg (2006). Konzept für Human Performance and Limitations und Crew Resource Management für den Flugbetrieb der Bundeswehr. Berlin: Bundesministerium der Verteidigung.

BMVg Kdo SKB (2018). Zentralvorschrift A1-224/0-1 (1. Änderung). Sport und Körperliche Leistungsfähigkeit. Bonn: Bundesministerium der Verteidigung.

BMVg (2011). Die Verteidigungspolitischen Richtlinien. Nationale Interessen wahren – Internationale Verantwortung übernehmen – Sicherheit gemeinsam gestalten. Berlin: Bundesministerium der Verteidigung.

BMVg R I 1 (2011). Soldatengesetz. §10 Abs. 3. Pflichten des Vorgesetzen. Berlin: Bundesministerium der Verteidigung.

BMVg (2012). Konzept für Human Performance im Fliegerischen Dienst der Bundeswehr. Berlin: Bundesministerium der Verteidigung.

BMVg GenInsp (2013). Zentralanweisung B1-224/0-2. Weisung zur Ausbildung, zum Erhalt der individuellen Grundfertigkeiten und zur körperlichen Leistungsfähigkeit IGF/KLF. Berlin: Bundesministerium der Verteidigung.

BMVg FüSK II 7 (2014). Umgang mit psychischen Einsatzschädigungen einschließlich posttraumatischer Belastungsstörung (PTBS) in der Bundeswehr. Berlin: Bundesministerium der Verteidigung.

BMVg IUD II 1 (2015). Bereichsvorschrift C1-1810/0-6002: Grundsätzliche Infrastrukturforderung für eine Truppenunterkunft. Sporthalle und Konditionsräume. Berlin: Bundesministerium der Verteidigung.

BMVg IUD I 6 (2015). Zentrale Dienstvorschrift A-1800/113. Raumausstattungssätze. Sportanlagen. Berlin: Bundesministerium der Verteidigung.

BMVg KdoSanDstBw II (2016). Zentralvorschrift A1-831/0-4008. Wehrfliegerverwendungsfähigkeit. Vorgaben zur Feststellung der Wehrfliegerverwendungsfähigkeit (1. Änderung). Berlin: Bundesministerium der Verteidigung.

BMVg LwTrKdo Luft II (2019). Persönliche Gespräche mit den Abteilungsleitern. Köln: Luftwaffentruppenkommando.

Booher, H. R. (2003). Handbook of Human Systems Integration. Hoboken: John Wiley & Sons.

Borg, G. (2004). Anstrengungsempfinden und körperliche Aktivität. Deutsches Ärzteblatt, 101(15), S. 1016 - 1021.

Bortz, J. & Schuster, C. (2010). Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler (7. Auflage). Heidelberg: Springer-Verlag.

Bös, K. (1987). Handbuch sportmotorischer Tests. Göttingen: Verlag für Psychologie Hogrefe.

Bourban, P., Hübner, K., Tschopp, M. & Marti, B. (2001). Grundkraftanforderungen im Spitzensport. Ergebnisse eines 3-teiligen Rumpfkrafttests. Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie. 49 (2), 73-78.

Boyd, J.E., Patterson, J.C. & Thompson, B.T. (2005). Psychological Test Profiles of USAF Pilots Before Training vs. Type Aircraft Flown. Aviation, Space and Environmental Medicine, 76(5), 463-468.

Bruchon-Schweitzer, M.L. & Paulhan, I. (1993). Le Manuel du STAI-Y de CD Spielberger, Adaptation Française. Paris: ECPA.

Buld, S. (2000). Der Arbeitsplatzinhaber als Experte bei der Arbeitsplatzbewertung. Dargestellt an der fliegerischen Tätigkeit der Bundeswehr. Unveröffentlichte Disser-tation: Julius-Maximilians-Universität Würzburg.

Bundesbesoldungsgesetz (2017). Stellenzulagen II, Zulage für Soldaten und Beamte in fliegerischer Verwendung. Anlage I, Nr. 6.1.

Burnett, A.F., Naumann, F.L., Price, R.S. & Sanders, R.H. (2005). A Comparison of Training Methods to Increase Neck Muscle Strength. Work, 25(3), 205-2010.

Butcher, J.N., Graham, J.R., Ben-Porath, Y.S., Dahlstrom, W.G. & Kaemmer, B. (2001). MMPI-2 (Minnesota Multipasic Personality Inventory-2). Manual for Ad-ministration, Scoring, and Interpretation. Revised Edition. Minneapolis: Pearson.

Callister, J., King, R. & Retzlaff, P. (1996). Cognitive Assessment of USAF Pilot Training Candidates. Aviation, Space and Environmental Medicine, 67, 1124-1129.

Callister, J., King, R., Retzlaff, P. & Marsh, R. (1999). NEO-PI-R Profiles of Male and Female U.S. Air Force Pilots. Military Medicine, 164, 885-890.

Campbell, J.S., Castaneda, M. & Pulos, S. (2010). Meta-Analysis of Personality Assessments as Predictors of Military Aviation Training Success. International Journal of Aviation Psychology, 20, 92-109.

Campbell-Sills, L. & Stein, M.B. (2007). Psychometric Analysis and Refinement of the Connor–Davidson Resilience Scale (CD-RISC). Validation of a 10-Item Measure of Resilience. Journal of Traumatic Stress, 20(6), 1019-1028.

Carretta, T.R. & Ree, M.J. (2003). Pilot Selection Methods. In P.S. Tsang & M.A. Vidulich (Hrsg.), Principles and Practice of Aviation Psychology (S.357-396). Mahwah: Erlbaum.

Carretta, T.R., Teachout, M.S., Ree, M.J., Barto, E.L., King, R.E. & Michaels, C.F. (2014). Consistency of the Relations of Cognitive Ability and Personality Traits to Pilot Training Performance. International Journal of Aviation Psychology, 24(4), 247-264.

Carretta, T.R., King, R.E., Ree, M.J., Teachout, M.S. & Barto, E. (2016). Compilation of Cognitive and Personality Norms for Military Aviators, 87(9), 764-771.

Carretta, T.R., Ree, M.J. & Teachout, M.S. (2016). Effects of Training on Variability of Performance Within and Across Jobs. International Journal of Selection and As-sessment, 24, 71-76.

Causse, M., Sénard, J., Démonet, J. & Pastor, J. (2010). Monitoring Cognitive and Emotional Processes Through Pupil and Cardiac Response During Dynamic Versus Logical Task. Applied Psychophysiology and Biofeedback, 35(2), 115-123.

Chen, Y.N., Mitra, S. & Schlaghecken, F. (2008). Sub-Processes of Working Memory in the N-Back Task. An Investigation Using ERPs. Clinical Neurophysiology, 119(7), 1546-1559.

Chin A Paw, M. J., Jacobs, W. M., Vaessen, E. P., Titze, S. & van Mechelen, W. (2007). The Motivation of Children to Plan an Active Video Game. Journal of Science and Medicine in Sport 11(2), 163-166.

Chumbley, E.M., Stolfi, A & McEachen, J.C. (2017). Risk Factros for Cervical Pain in F-15C Pilots. Aerospace Medicine and Human Performance, 88(11), 1000-1007.

Cleland, J.A., Childs, J.D. & Whitman, J.M. (2008). Psychometric Properties of the Neck Disability Index and Numeric Pain Rating Scale in Patients with Mechanical Neck Pain. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 89, 69-74.

Coackwell, M.R., Bloswick, D.S. & Moser, R. (2004). High Risk and Neck Movements at High-G and Interventions to Reduce associated Neck Injury. Aviation, Space and Environmental Medicine, 75(1), 68-80.

Cohen, J. (1988). Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2. Auflage). Mahwah: Erlbaum.

Colle, H.A. & Reid, G.B. (2005). Estimating a Mental Workload Redline in a Simulated Air-to-Ground Combat Mission. The International Journal of Aviation Psychology, 15(4), 303-319.

Conconi, F., Ferrari, M., Ziglio, P.G., Dreghetti, P. & Codeca, L. (1982). Determination of the anaerobic treshhold by a noninvasive field test in runners. Journal of Applied Physiology, 52, 869-873.

Cook, G. & Burton, L. (2010). Movement. Funktionelle Bewegungsmuster systems; screening, assessment and corrective strategies. Santa Cruz, California: On Target Publications.

Coombs, W.T. & Holladay, S.J. (2006). Unpacking the Halo Effect. Reputation and Crisis Management. Journal of Communication Management, 10(2), 123-137.

Cooper, K. H. (1970). Bewegungstraining. Prakt. Anleitung z. Steigerung d. Leistungsfähigkeit. Frankfurt am Main: Fischer-Bücherei.

Cooper, K. H. (1984). Bewegungstraining. Praktische Anleitung zur Steigerung der Leistungsfähigkeit (Deutsche Erstausgabe). Frankfurt am Main: Fischer-Taschenbuch-Verlag.

Costa, P.T. & McCrae, R.R. (1985). The NEO Personality Inventory Manual. Odessa: Psychological Assessment Resources.

Costa, P.T. & McCrae, R.R. (1992). Professional Manual Revised NEO Personality Inventory (NEO-PI-R) and NEO Five-Factor Inventory (NEO-FFI). Odessa: Psy-chological Assessment Resources Inc.

Curb, J.D., Ceria-Ulep, C.D. & Rodriguez, B.L. (2006). Performance-Based Measures of Physical Function for High-Function Populations. Journal of the American Geriatrics Society, 54, 737-742.

Daum, O. & Stein, M. (2014). Analyse militärischer Arbeitsplätze. Vergleich von Schulungsflugzeugen der Deutschen Luftwaffe. In DGLR-Bericht (Hrsg.), Der Mensch zwischen Automatisierung, Kompetenz und Verantwortung (S.277-280). Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt - Lilienthal-Oberth e.V.

De Loose, V., van den Oord, M., Burnotte, F., van Tiggelen, D., Stevens, V., Cagnie, B., Witvrouw, E. & Danneels, L. (2008). Individual, Work-, and Flight-Related Is-sues in F-16 Pilots Reporting Neck Pain. Aviation, Space and Environmental Medi-cine, 79(8), 779-783.

Deming, W. E. (1982). Produktivity and Competitive Position. Cambrigde: UP.

Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention (o.J.). Leitlinie Vorsorgeuntersuchung im Sport. Anlage 3 zur S1. Deutscher Sportärztebund. Abgerufen am 15. November 2019 unter

Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.). (1987). Belastung, Beanspruchung. DIN 33405. Berlin: Beuth.

Döring, N. & Borzt, J. (2016). Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften (5. Auflage). Heidelberg: Springer-Verlag.

Dotan, R. & Inbar, O. (1977). 30-Sec All-Out Ergometric Test. Its Reliability and Validity for Anaerobic Capicity. Israel Journal of Medical Sciences, 13 (3), 326-327.

Drew, W.E. (2000). Spinal Symptoms in Aviators and Their Relationship to G-Exposure and Aircraft Seating Angle. Aviation, Space and Environmental Medicine, 71, 22-30.

Driskell, J.E. & Olmstead, B. (1989). Psychology and the Military. Research Applications and Trends. American Psychologist, 44(1), 43-54.

Eiken, O., Kölegärd, R., Bergsten, E. & Grönkvist, M. (2007). G protection. Interaction of Straining Maneuvers and Positive Pressure Breathing. Aviation, Space and Environmental Medicine, 78, 392-398.

Eiken, O. & Grönkvist, M. (2013). Signs and Symptoms During Supratolerance +Gz Exposures, with Reference to G-Garment Failure. Aviation, Space and Environmen-tal Medicine, 84, 196-205.

Eisenhut, A. & Zintl, F. (2013). Ausdauertraining. Grundlagen, Methoden, Trainingssteuerung (Sportwissen, 8. Auflage., Neuausgabe). München: BLV Buchverlag.

Eling, P., Derckx, K. & Maes, R. (2008). On the Historical and Conceptual Background of the Wisconsin Card Sorting Test. Brain and Cognition, 67(3), 247-253.

Farmer, J.C. & Wisensky, R.J. (1994). Cervical Spine Nerve Root Compression. An Analyses of Neuroforaminal Pressure with Varying Head and Arm Positions. Spine, 19(16), 1850-1855.

Fiore, S.M. (2008). Interdisciplinarity as Teamwork. How the Science of Teams can Inform Team Science. Small Group Research, 39(3), 251-277.

Fiore, S.M., Salas, E. & Pavlas, D. (2010). A View on the History of Use-Inspired Science in Human Performance Research. In P.E. O'Connor & J.V. Cohn (Hrsg.), Human Performance Enhancement in High-Risk Environments. Insights, Developements and Future Directions from Military Research (S. 9-15). Santa Barbara: ABC-Clio.

Flanagan, J.C. (1942). The Selection and Classification Program for Aviation Cadets. Aircrew-Bombardiers, Pilots, and Navigators. Journal of Consulting Psychology, 6(5), 229-239.

Fleishman, E.A. & Reilly, M.E. (1995). Fleishman job analysis survey (F-JAS). Potomac, MD: Management Research Institute.

Fornette, M.P., Bardel, M.H., Lefrancois, C., Fradin, J., El Massioui, F. & Amalberti, R. (2012). Cognitive-Adaption Training for Improving Performance and Stress Man-

agement of Air Force Pilots. International Journal of Aviation Psychology, 22(3), 203-223.

Fredrickson, B.L. (2004). The broaden- and build theory of positive emotions. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 359, 1367-1377.

Friborg, O., Hjemdal, O., Rosenvinge, J.H. & Martinussen, M. (2003). A new rating scale for adult resilience. What are the central protective resources behind healthy adjustment? International Journal of Methods in Psychiatric Research, 12, 65–76.

Fristoe, N.M., Salthouse, T.A. & Woodard, J.L. (1997). Examination of Age-Related Deficits on the Wisconsin Card Sorting Test. Neuropsychology, 11(3), 428-436.

Froom, P., Melamed, S. & Kristal-Boneh, E. (1999). Healthy Volunteer Effect in Industrial Workers. Journal of Clinical Epidemiology, 52, 731-735.

Glaister, D.H. & Prior, R.J. (1999). The Effects of Long Duration Acceleration. In J. Ernsting, A.N. Nicholson & D.J. Rainford (Hrsg.), Aviation Medicine (S.128-147). Oxford: Butterworth and Heineman.

Goeters, K.M. (2004). Die psychologische Eignungsauswahl von Piloten und Fluglot-sen. Verfahren, Validierung und Nutzen. Hamburg: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V., Abteilung Luft- und Raumfahrtpsychologie.

Gordon, S., Goren, C., Carmon, E. & Shelef, L. (2017). Cognitive Evaluation of Israeli Air Force Pilot Cadets. Aerospace Medicine and Human Performance, 88(4), 392-398.

Green, N.D.C. (1999). Protection Against Long Duration Acceleration. In J. Ernsting, A.N. Nicholson & D.J. Rainford (Hrsg.), Aviation Medicine (148-156). Oxford: Butterworth and Heineman.

Green, N.D.C. & Brown, L. (2004). Head Positioning and Neck Muscle Activation During Air Combat. Aviation, Space and Environmental Medicine, 75(8), 676-680.

Greier, K. & Raschner, C. (2010). Sensomotorisches Feedbacktraining in der Volksschule. Bewegungserziehung, 3, 10-15.

Grossman, A., Nakdimon, I., Chapnik, L. & Levy, Y. (2012). Back Symptoms in Aviators Flying Different Aircraft. Aviation, Space and Environmental Medicine, 83(7), 702-705.

Güllich, A. & Krüger, M. (Hrsg.) (2013). Sport. Das Lehrbuch für das Sportstudium. Heidelberg: Springer.

Haag, H. & Haag, G. (Hrsg.). (2003). Dictionary. Sport. Physical Education. Sport Science. Schorndorf: Hofmann.

Hacker, W. (1995). Arbeitstätigkeitsanalyse. Heidelberg: Asanger.

Hackfort, G. (2014). Möglichkeiten eines Assessments psycho-physischer Belastbarkeit im Kontext der Personalauswahl. Dissertation. München: Universität der Bundeswehr.

Hale, M., Jr. (1982). History of Employment Testing. In A.K. Wigdor & W.R. Garner (Hrsg.), Ability Testing. Uses, Consequences and Controverses (S. 3-38). Washington D.C.: National Academy Press.

Hämäläinen, O., & Vanharanta, H. (1992). Effect of Gz Forces and Head Movements on Cervical Erector Spinae Muscle Strain. Aviation, Space and Environmental Medicine, 63(8), 709-716.

Hämäläinen, O., Vanharanta, H. & Bloigu, R. (1993). Determinants of +Gz-Related Neck Pain. A Preliminary Survey. Aviation, Space and Environmental Medicine, 64, 651-652.

Hämäläinen, O., Vanharanta, H. & Kuusela, T. (1993). Degeneration of Cervical Intervertebral Disks in Fighter Pilots Frequently Exposed to High +Gz Forces. Avia-tion, Space and Environmental Medicine, 64(8), 692-696.

Hämäläinen, O., Vanharanta, H. & Bloigu, R. (1994). +Gz-Related Neck Pain. A Follow-Up Study. Aviation, Space and Environmental Medicine, 65, 16-18.

Hämäläinen, O., Heinijoki, H. & Vanharanta (1998). Neck Training and +Gz-related Neck Pain. A Preliminary Study. Military Medicine, 163(10), 707-708.

Hämäläinen, O., Toivakka-Hämäläinen, S.K. & Kuronen, P. (1997). +Gz Associated Stenosis of the Cervical Spine Canal in Fighter Pilots. Aviation, Space and Environmental Medicine, 70(4), 330-334.

Hardy, D.J., & Parasuraman, R. (1997). Cognition an8d Flight Performance in Older Pilots. Journal of Experimental Psychology Applied, 3(4), 313–348.

Hart, S.G. & Staveland, L.E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index). Results of Experimental and Theoretical Research. In P.A. Hancock & N. Meshkati (Hrsg.), Human Mental Workload (S.139-183). Amsterdam: Elsevier.

Heaton, R. (1981). A Manual for the Wisconsin Card Sorting Test. Odessa: Psychological Assessment Resources.

Hermes, E.D., Webb, T.S. & Wells, T.S. (2010). Aircraft Type and Other Risk Factors for Spinal Disorders. Data from 19.673 Military Cockpit Aircrew. Aviation, Space and Environmental Medicine, 81, 850-856.

Highland, T.R., Dreisinger, T.E. Vie, L.L. & Russell, G.S. (1992). Changes in Isometric Strength and Range of Motion of the isolated Cervical Spine after Eight Weeks of Clinical Rehabilitation. Spine, 17, 77-82.

Hildebrandt, V.H., Bongers, P.M., van Dijk, F.J., Kemper, H.C. & Dul, J. (2001). Dutch Musculoskeletal Questionnaire. Description and Basic Qualities. Ergonomics, 44(12), 1038-1055.

Hinz, A., Schumacher, J., Albani, C., Schmid, G. & Brähler, E. (2006). Bevölkerungsrepräsentative Normierung der Skala zur Allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung. Diagnostica, 52, 26-32.

Hoffmann, R.R. & Deffenbacher, K.A. (1992). A Brief History of Applied Cognitive Psychology. Applied Cognitive Psychology, 6(1), 1-48.

Hollmann, W. & Hettinger, T. (2000). Sportmedizin. Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin mit 101 Tabellen (4., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage). Stuttgart: Schattauer.

Hollmann, W. & Strüder, H. K. (2009). Sportmedizin. Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin (Orthopädie, Sportmedizin, 5. Auflage). Stuttgart: Schattauer GmbH Verlag für Medizin und Naturwissenschaften.

Hottenrott, K. & Neumann, G. (2016). Trainingswissenschaft. Ein Lehrbuch in 14 Lektionen (Sportwissenschaft studieren, Band 7, 3., überarbeitete Auflage). Aachen: Meyer & Meyer.

Hunter, J.E. (1983). Test Validation for 12.000 Jobs. An Application of Job Classification and Validity Generalization to the Gerneral Aptitude Test Battery. Washington: U.S. Department of Labor.

Hunter, D.R. & Burke, E.F. (1994). Predicting Aircraft Pilot-Training Success. A Meta-Analysis of Published Research. International Journal of Aviation Psychology, 4, 297-313.

Imhoff, D.L. & Levine, J.M. (1986). Perceptual-Motor and Cognitive Performance Task Battery for Pilot Selection. Brooks: Air Force Human Resources Laboratory.

Inbar, O., Bar-Or, O. & Skinner, J.S. (1996). The Wingate Anaerobic Test. Champaign, IL: Human Kinetics.

Jackson, D.N. (1984). Manual for the Multidimensional Aptitude Battery. London: Research Psychologists Press.

Jackson, D.N. (2003). Multidimensional Aptitude Battery II Manual. Port Huron: Sigma Assessment Systems.

Janis, I.L. & Mann, L. (1977). Decision Making. A Psychological Analysis of Conflict, Choice, and Commitment. New York: The Free Press.

Jensen, A.R. (1998). The G Factor. The Science of Mental Ability. Westport: Praeger-Greenwood.

Jones, A.M. & Doust, J.H. (1997). The Conconi test is not valid for estimation of lactate turnpoint in runners. Journal of Sports Sciences, 15 (4), 385-394.

Jordan, A., Mehlsen, J., Bulow, P.M., Osergaard, K. & Danneskiold-Samsoe, B. (1999). Maximal Isometric Strength of the Cervical Musculature in 100 Healthy Volunteers. Spine, 24, 1342-1348.

Kanas, N., Salnitskiy, V., Gushin, V., Weiss, D.S. & Grund, E.M. (2001). Asthenia. Does it Exist in Space? Psychosomatic medicine, 63(6), 874-880.

Kang, S., Hwang, S. Lee, E.T., Yang, S. & Park, J. (2011). Measuring the Cumulative Effect of G Force on Aviator Neck Pain. . Aviation, Space and Environmental Medicine, 82 (11), 1042-1048.

Kanzler, J.H. (1991). The Construct Validity of the Multidimensional Aptitude Battery. A Word of Caution. Journal of Clinical Psychology, 47(5), 691-697.

Katch, V. (1973). Kinetics of oxygen uptake and recovery for supramaximal work of short duration. Internationale Zeitschrift für Angewandte Physiologie einschließlich Arbeitsphysiologie, 31, 197–207.

Katzell, R.A. & Austin, J.T. (1992). From Then to Now. The Development of Industrial-Organization Psychology in the United States. Journal of Applied Psychology, 77(6), 803-835.

Kay, G.G. (1995). CogScreen Aeromedical Edition Professional Manual. Odessa: Psychological Assessment Resources.

Kelley, A.M., MacDonnell, J., Grigley, D., Campbell, J. & Gaydos, S.J. (2017). Reported Back Pain in Army Aircrew in Relation to Airframe, Gender, Age, and Experience. Aerospace Medicine and Human Performance, 88(2), 96-103.

Kikukawa, A., Tachibana, S. & Yagura, S. (1995). G-Related Musculoskeletal Spine Symptoms in Japan Air Self Defense Force F-15 Pilots. Aviation, Space and Environmental Medicine, 66(3), 269-272.

King, R.E. & Flynn, C.F. (1995). Defining and Measuring the „Right Stuff“. Neuropsychiatrically Enhanced Flight Screening (N-EFS). Aviation, Space and Environmental Medicine, 66(10), 951-956.

King, R.E., Carretta, T.R., Retzlaff, P.D., Barto, E., Ree, M.J. & Teachout, M.S. (2013). Standard Cognitive Psychological Tests Predict Military Pilot Training Outcomes. Aviation Psychology and Applied Human Factors, 3, 28-38.

Kleinmann, M., Manzey, D. & Schumacher, S. (2010). F-JAS – Fleishman Job Analyse System für eigenschaftsbezogene Anforderungsanalysen. Deutschsprachige Bearbeitung des Fleishman Job Analyses Survey (1. Auflage). Göttingen: Hogrefe.

Knechtle, B. (2002). Aktuelle Sportphysiologie. Leistung und Ernährung im Sport. Basel: Karger.

Knudson, R., McMillan, D., Doucette, D. & Seidel, M. (1988). A Comparative Study of G-induced Injury in Pilots of the F/A-18, A-7 and A-4. Aviation, Space and Environmental Medicine, 59, 758-760.

Kraus, K. (2016). Funktionelle Bewegungsmuster Screen – Aspekte der Validität. Dissertation. Neubiberg: Universität der Bundeswehr München.

Kraus, K., Schütz, E., Taylor, W. R. & Doyscher, R. (2014). Efficacy of the Funktionelle Bewegungsmuster Screen. A Review. Journal of Strength & Conditioning Research, 28(12), 3571-3584.

Kraus, K., Doyscher, R. & Schütz, E. (2015). Methodological Item Analysis of the Funktionelle Bewegungsmuster Screen. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 66, 263-268.

Krüger, H-P., Braun, P., Buld, S., v.Bruchhausen, F. (1999). Flugsicherheit: Belastung fliegendes Personal-BW. Unveröffentlichter Forschungsbericht. SKZ: 05340 XD 016X. Würzburg: Interdisziplinären Zentrum für Verkehrswissenschaften (IZVW) und Gesellschaft für Angewandte Psychologische Forschung (GAPF)/ IZVW/GAPF.

Lange, B., Torp-Svendsen, J. & Toft, P. (2011) Neck Pain Among Fighter Pilots after the Introduction of the JHMCS Helmet and NVG in their Environment. Aviation, Space and Environmental Medicine, 82(5), 559-563.

Lawson, B.K., Scott, O., Egbulefu, F.J., Ramos, R., Jenne, J.W. & Anderson, E.R. (2014). Demographic and Occupational Predictors of Neck Pain in Pilots Analysis and Multinational Comparison. Aviation, Space and Environmental Medicine, 85, 1185-1189.

Lecompte, J., Maisetti, O. & Guillaume, A. (2008). Neck Strength and EMG Activity in Fighter Pilots with Episodic Neck Pain. Aviation, Space and Environmental Medicine, 79, 947-952.

Leggett, S.H., Graves, J.E., Pollock, M.L., Shank, M., Carpenter, D.M., Holmes, B. & Fulton, M. (1991). Quantitative Assessment and Training of Isometric Cervical Extension Strength. American Journal of Sports Medicine, 19, 653-659.

Lenz, A. (2005). Möglichkeiten zur Förderung der körperlichen Leistungsfähigkeit in der Schule. München: Grin Verlag.

Leppert, K., Dye, L. & Strauß, B. (2002). RS – Resilienzskala. In E. Brähler, J. Schumacher & B. Strauß (Hrsg.), Psychodiagnostische Verfahren in der Psychotherapie (S. 295-298). Göttingen: Hogrefe.

Leppert, K., Koch, B., Brähler, E. & Strauß, B. (2008). Die Resilienzskala (RS) - Überprüfung der Langform RS-25 und einer Kurzform RS-13. Zeitschrift für klinische Diagnostik und Evaluation, 1, 226-243.

Levoska, S. & Keinänen-Kiukaanniemi, S. (1993). Active or Passive Physiotherapy for Occupational Cervicabrachial Disorders? A Comparison of Two Treatment Methods with a 1-Year Follow-Up. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 74(4), 425-430.

Leyk., D., Dobmeier, H., Hackfort, D. & Sievert, A. (2011). Körperliche Leistungsfähigkeit und militärische Fitness. Entwicklung eines Testkonzeptes für die Einsatzvorbereitung. Wehrwissenschaftliche Forschung für die deutschen Streitkräfte 100-101. Bonn: BMVg.

Leyk, D., Witzki, A., Gorges, W., Rohde, U., Lison, A., Rondé, M., Wömpener, H., Schlattmann, A., Dobmeier, H., Rüther, T. & Wunderlich, M. (2010). Körperliche Leistungsfähigkeit, Körpermaße und Risikofaktoren von 18- bis 35-jährigen Soldaten. Ergebnisse der Evaluierungsstudie zum Basis-Fitness-Test (BFT). Wehrmedizinische Monatsschrift, 54 (11), 278-282.

Linton, S.J. & van Tulder, M.W. (2001). Preventitive Interventions for Back and Neck Pain Problems. What is the Evidence? Spine, 26(7), 778-787.

Maribo, T., Schiøttz-Christensen, B. & Jensen, L. (2011). Postural balance in low back pain patients. Criterion-related validity of centre of pressure assessed on a portable force platform. Gait & Posture, 34, 213-217.

Marti, A. (2006). Grundkrafttest-Rumpf bei Spitzensportlerinnen. Richtwerte und Reliabilitätsaspekte. Magglingen: Eidgenössische Hochschule für Sport.

Martinussen, M. (1996). Psychological Measures as Predictors of Pilot Performance. A Meta-Analysis. International Journal of Aviation Psychology, 6, 1-20.

Maschke, P., Goeters, K.M. & Klamm, A. (1998). Job Requirement of Airline Pilots. Results of a Job Analysis. The fourth Australian Aviation Psychology Symposium – Aviation Resource Management. Sidney 16 – 20 March 1998.

Mason, K.T., Harper, J.P. & Shannon, S.G. (1996). Herniated Nucleus Pulpous. Rates and Outcomes Among U.S. Army Aviators. Aviation, Space and Environmental Medicine, 67(4), 338-340.

Masten, A.S. (2001). Resilienz in der Entwicklung. Wunder des Alltags. In G. Röper, C.v. Hagen & G. Noam (Hrsg.), Entwicklung und Risiko (S. 192-219). Stuttgart: Kohlhammer.

McNair, D.M., Lorr, M. & Droppleman, L.P. (1971). Manual for Profile of Mood States. San Diego: Educational and Industrial Testing Service.

Meister, D. (1999). The History of Human Factors and Ergonomics. Mahwah: Lawrence Erlbaum and Associates.

Mertens, D. M. (2014). Research and Evaluation in Education and Psychology. Integrating Diversity with Quantitative, Qualitative, and Mixed Methods. Thousand Oaks: Sage Publications.

Metz, A.M. & Rothe, H.J. (2017). Screening psychischer Arbeitsbelastung. Ein Verfahren zur Gefährdungsbeurteilung. Wiesbaden: Springer.

Moskowitz, M.J. (1977). Hugo Münsterberg. A Study in the History of Applied Psychology. American Psychologist, 32(10), 824-842.

Müller, T., Sigloch, G. & Grösser, C. (2006). Der Coconi-Test. Entwicklung, praktische Durchführung und Auswertung. München: Grin Verlag.

Münsterberg, H. (1908). On the Witness Stand. New York: Doubleday Page.

Murray, S.R. (1997). Deliberate Decision Making by Aircraft Pilots. A Simple Reminder to Avoid Decision Making Under Panic. International Journal of Aviation Psychology, 7(1), 83-100.

Nagai, T., Abt, J.P., Sell, T.C., Clark, N.C., Smalley, B.W., Wirt, M.D. & Lephart, S.M. (2014). Neck Proprioception, Strength, Flexibility, and Posture in Pilots With and Without Neck Pain History. Aviation, Space and Environmental Medicine, 85(5), 529-535.

Nerdinger, F.W., Blickle, G. & Schaper, N. (2008) Arbeits- und Organisationspsychologie. Mit 32 Tabellen. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.

Newman, D.G. (1997). +Gz-Induced Neck Injuries in Royal Australian Air Force Fighter Pilots. Aviation, Space and Environmental Medicine, 68 (6). 520-524.

Nitsch, J.R. (2004). Die handlungstheoretische Perspektive. Ein Rahmenkonzept für die sportpsychologische Forschung und Intervention. Zeitschrift für Sportpsychologie, 11(1), 10-23.

Nüsse, R. (2011). Grundlagen der Gesundheitsfürsorge im Jagdbombergeschwader 31 „Boelcke". Nörvenich: Fliegerarzt.

O'Connor, F.G., Deuster, P.A., Davis, J., Pappas, C.G. & Knapik, J.J. (2011). Func-tional Movement Screening. Predicting Injuries in Officer Candidates. Medicine and Science in Sports and Exercise, 43(12), 2224-2230.

O'Donnell, R.D. & Eggemeier, F.T. (1986). Workload Assessment Methodology. In K.R. Boff, L. Kaufman & J.P. Thomas (Hrsg.), Handbook of Perception and Human Performance. Vol. 2. Cognitive Processes and Performance (S.42-49). New York: Wiley.

Oja, P., Laukkanen, R., Pasanen, M. Tyry, T. & Vuori, I. (1991). A 2-km Walking Test for Assessing the Cardiorespiratory Fitness of Healthy Adults. International Journal of Sports Medicine, 12(4), 356-362.

Olivier, N., Büsch, D. & Marschall, F. (2008). Grundlagen der Trainingswissenschaft und -lehre. Schorndorf: Hofmann.

Oksa, J., Hämäläinen, O., Rissanen, S., Myllyniemi, J. & Kuronen, P. (1996). Muscle strain during aerial combat maneuvering exercise. Aviation, Space and Environmental Medicine, 67(12), 1138-1143.

Panovsky, I. (2010). Präventive Maßnahmen zur Belastungskompensation an der Halswirbelsäule für Piloten des Eurofighter Typhoon. Magisterarbeit. Universität Wien.

Picano, J.J. (1991). Personality Types Among Experienced Military Pilots. Aviation, Space and Environmental Medicine, 62, 517-520.

Plisky, P.J., Gorman, P.P. & Butler, R.J. (2009). The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. Journal of Sport Rehabilitation 4, 92-99.

Ploutz-Snyder, L., Downs, M., Ryder, J., Hackney, K. & Scott, J. (2014). Integrated Resistance and Aerobic Exercise Protects Fitness During Bed Rest. Medicine and Science in Sports and Exercise, 46(2), 358-368.

Ree, M.J. & Carretta, T.R. (1996). Central Role of G in Military Pilot Selection. International Journal of Aviation Psychology, 6, 111-123.

Reid, G.B. & Colle, H.A. (1988). Critical SWAT Values for Predicting Operator Overload. In Proceedings of the Human Factors Society 32nd Annual Meeting (S.1414-1418). Santa Monica: Human Factors and Ergonomics Society.

Reid, G.B. & Nygren, T.E. (1988). The Subjective Workload Assessment Technique. A Scaling Procedure for Measuring Mental Workload. In P.A. Hancock & N. Meshkati (Hrsg.), Human Mental Workload (S.185-218). Amsterdam: Elsevier.

Retzlaff, P.D. & Gibertini, M. (1988). Objective Psychological Testing of U.S. Air Force Officers in Pilot Training. Aviation, Space and Environmental Medicine, 59, 661-663.

Retzlaff, P.D., King, R.E. & Callister, J.D. (1995). Comparison of a Computerized Version of the Paper/Pencil Version of the Multidimensional Aptitude Battery (MAB).Washington: U.S. Government Printing Office.

Retzlaff, P., King, R.E., Callister, J.D. (2002). The Armstrong Laboratory Aviation Personality Survey (ALAPS). Development, Norming, and Validation. Military Medicine, 167(12), 1026–1030.

Rintala, H., Häkkinen, A., Siitonen, S. & Kyröläinen, H. (2015). Relationships Between Physical Fitness, Demands of Flight Duty, and Musculoskeletal Symptoms Among Military Pilots. Military Medicine, 180 (12), 1233-1238.

Rohde, U., Sievert, A., Rüther, T., Witzki, A. & Leyk, D. (2015). Concept for a Predeployment Assessment of Basic Military Fitness in the German Armed Forces. Journal of Strength and Conditioning Research, 29(11), 211-215.

Rohde, U., Rüther, T. & Leyk, D. (2016). Überprüfung körperlicher Leistungsfähig-keiten in der Bundeswehr. Verfahren und Perspektiven. Wehrmedizin und Wehrpha-rmazie, 4, 101-104.

Röhrig, B., Schleußner, C., Brix, C. & Strauß, B. (2006). Die Resilienzskala (RS). Ein statistischer Vergleich der Kurz- und Langform anhand einer onkologischen Patientenstichprobe. Psychotherapie, Psychosomatik, Medizinische Psychologie, 56 (7), 285-290.

Rossi, P. H., Lipsey, M. W. & Howard, E. (1999). Evaluation. A Systematic Approach 6th Edition. Thousand Oaks: Sage Publications.

Salas, E. & Cannon-Bowers, J.A. (2001). The Science of Training. A Decade of Progress. Annual Reviews in Psychology, 52(1), 471-499.

Sarig-Bahat, H. (2003). Evidence for Exercise Therapy in Mechanical Neck Disorders. Manual Therapy, 8(1), 10-20.

Schaad, R. & Heberlein, R. (1970). Körperliche Fitness und Magglinger Test in der Armee. Körperliche Fitness und Magglinger Test in der Armee: Huber & Co. AG.

Schall, D.G. (1989). Non-Ejection Cervical Spine Injuries due to +Gz in High Performance Aircraft. Aviation, Space and Environmental Medicine, 60(5), 445-456.

Schmidt, F.L., Ones, D.S. & Hunter, J.E. (1992). Personnel Selection. In M.R. Rosenzweig & L.W. Porter (Hrsg.) Annual Review of Psychology. Palo Alto: Consulting Psychologist Press.

Schmidtlein, O., Keller, M. & Kurz, E. (2013). Funktionelle Bewegungsmuster Screen. Testbatterie für Aktive. Physiopraxis. Das Fachmagazin für Physiotherapie 11 (4), 26-29.

Schnell Trainingsgeräte GmbH (2011). Bedienungsanleitung Trainings- und Analysestation DIA. Hamburg: Bureau Veritas E&E.

Schumacher, J., Leppert, K., Gunzelmann, T., Strauß, B. & Brähler, E. (2005). Die Resilienzskala - Ein Fragebogen zur Erfassung der psychischen Widerstandsfähigkeit als Personmerkmal. Zeitschrift für klinische Psychologie, Psychiatrie und Psychotherapie, 53 (1), 16-39.

Schwarzer, R. & Jerusalem, M. (Hrsg.) (1999). Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen. Berlin: Freie Universität Berlin.

Schwarzer, R. (2003). SWE – Skala zur Allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung. In E. Brähler, J. Schumacher & B. Strauß. (Hrsg.), Diagnostische Verfahren in der Psychotherapie (Diagnostik für Klinik und Praxis, Bd. 1, 2. Auflage) (S. 362-365). Göttingen: Hogrefe.

Scott, J.M., Hackney, K., Down, M., Guined, J., Ploutz-Snyder, R., Fiedler, J., Cun-ningham, D. & Ploutz-Snyder, L. (2014). The Metabolic Cost of an Integrated Exer-cise Program Performed During 14 Days of Bed Rest. Aviation, Space and Envi-ronmental Medicine, 85, 612-617.

Seiferling, N. (2014). Belastung, psychische. In M. A. Wirtz (Hrsg.), Dorsch. Lexikon der Psychologie (S. 256-257). Bern: Hogrefe.

Seng, K.Y., Lam, P.M. & Lee, V.S. (2003). Acceleration Effects on Neck Muscle Strength. Pilots vs. Non-Pilots. Aviation, Space and Environmental Medicine, 74, 164-168.

Shiri, R., Frilander, H., Sainio, M., Karvala, K., Sovelius, R., Vehmas, T. & Viikari-Juntura, E. (2015). Cervical and Lumbar Pain and Radiological Degeneration Among Fighter Pilots. A Systematic Review and Meta-Analysis. Occupational and Environmental Medicine, 72, 145-150.

Siem, F.M. (1992). Predictive Validity of an Automated Personality Inventory for Air Force Pilot Selection. International Journal of Aviation Psychology, 2, 261-270.

Sinclair, V.G. & Wallston, K.A. (2004). The Development and Psychometric Evaluation of the Brief Resilient Coping Scale. Assessment, 11(1), 94-101.

Smith, B.W., Dalen, J., Wiggins, K., Tooley, E., Christopher, P. & Bernard, J. (2008). The Brief Resilience Scale. Assessing the Ability to Bounce Back. International Journal of Behavioral Medicine, 15(3), 194-200.

Snijders, C.J., Hoek von Dijke, J.A. & Roosch, E.R. (1991). A Biomechanical Model for the Analysis of the Cervical Spine in Static Postures. Journal of Biomechanics, 24(9), 783-792.

Sovelius, R., Oksa, J., Rintala, H., Huhtala, H. & Siitonen, S. (2008). Neck Muscle Strain when Wearing Helmet and NVG During Acceleration on a Trampoline. Avia-tion, Space and Environmental Medicine, 79(2), 112-116.

Spielberger, C.D., Gorsuch, R.L., Lushene, R., Vagg, P.R. & Jacobs, G.A. (1983). Manual for the State-Trait Anxiety Inventory. Palo Alto: Consulting Psychologists Press.

Springer, B.A., Marin, R. & Cyhan, T. (2007). Normative values for the unipedal stance test with eyes open and closed. Journal of Geriatric Physical Therapy, 30, 8-15.

Stevenson, A.T. & Scott, J.P.R. (2014). +Gz Tolerance, With and Without Muscle Tensing, Following Loss of Anti-G Trouser Pressure. Aviation, Space and Environ-mental Medicine, 85, 426-432.

Stockmann, R. (Hrsg.) (2007). Handbuch zur Evaluation. Eine praktische Handlungsanleitung. Münster: Waxmann.

Stockmann, R. & Meyer, W. (2014). Evaluation. Eine Einführung (2. überarbeitete und aktualisierte Auflage). Opladen: Barbara Budrich.

Stoll, A.M. (1956). Human Tolerance of Positive G as Determined by the Physiological End Points. Journal of Aviation Medicine, 27, 356-367.

Taylor, J.L., O'Hara, R., Mumenthaler M.S. & Yesavage, J.A. (2000). Relationship of CogScreen-AE to Flight Simulator Performance and Pilot Age. Aviation, Space and Environmental Medicine, 71(4), 373-380.

Thompson, W.T., Orme, D.R. & Zazeckis, T.M. (1994). Neuropsychological Evaluation of Aviators. Need for Aviator-Specific Norms? Brooks City Base: U.S. Air Force School of Aerospace Medicine.

Thoolen, S.J.J. & van den Oord, M.H. (2015). Modern air combat developments and their influence on neck and back pain in F-16 pilots. Aerospace Medicine and Human Performance, 86(11), 936-941.

Thorndike, E.L. (1920). A Constant Error in Psychological Ratings. Journal of Applied Psychology, 4(1), 25-29.

Trojian, T.H., Mckeag, D.B. & Swenson, E.J. (2006). Single leg balance test to identify risk of ankle sprains. British Journal of Sports Medicine, 40, 610-613.

Tschopp, M., Bourban, P., Hübner, K. & Marti, B. (2001). Messgenauigkeit eines 4-teiligen, standardisierten dynamischen Rumpfkrafttests. Erfahrungen mit gesunden männlichen Spitzensportlern. Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie, 49 (2), 67-72.

Tucker, B., Netto, K., Hampson, G., Oppermann, B. & Aisbett, B. (2012). Pedicting Neck Pain in Royal Australian Air Force Fighter Pilots. Military Medicine, 177(4), 444-450.

Turbedar, E., Yilmaz, U. & Alan, M. (1999). Spinal Injury in Turkish Fighter Pilots. In R. Burton, O. Hämäläinen & P. Kuronen, Cervical Spinal Injury from Repeated Exposures to Sustained Acceleration. NATO Science and Technology Organisation, 29-30.

United States Air Force (2008). Air Force Human Systems Integration Development Guide. Capability Based Requirements. Washington D.C.: Government Printing Office.

Verband der Besatzungen strahlgetriebener Kampfflugzeuge der Deutschen Bundes-wehr e.V. (VBSK) (2001). Belastung Fliegendes Personal. Jet News, 1, 21 Absätze. Zugriff am 10. Februar 2017 unter http://www.vbsk.net/JetNews_1 _2001_Website/Jet_News_1_2001.htm

Verde, P., Trivelloni, P., Angelino, G., Morgagni, F. & Tomao, E. (2015). Neck Pain in F-16 vs. Typhoon Fighter Pilots. Aerospace Medicine and Human Performance, 86(4), 402-406.

Vernon, H. & Mior, S. (1991). The Neck Disability Index. A Study of Reliability and Validity. Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics, 14, 409-415.

Wagnild, G.M. & Young, H.M. (1993). Development and psychometric evaluation of the Resilience Scale. Journal of Nursing Measurement, 1, 165-178.

Wagstaff, A.S., Jahr, K.I. & Rodskier, S. (2012). +Gz-Induced Spinal Symptoms in Fighter Pilots. Operational and Individual Associated Factors. Aviation, Space and Environmental Medicine, 83(11), 1092-1096.

Wallbrown, F.H., Carmin C.N. & Barnett, R.W. (1989). A Further Note on the Con-struct Validity of the Multidimensional Aptitude Battery. Journal of Clinical Psy-chology, 45(3), 429-433.

Wechsler, D. (1981). Wechsler Adult Intelligence Scales-Revised (WAIS-R). New York: The Psychological Corporation.

Wierwille, W.W. & Casali, J.G. (1983). A Validated Rating Scale for Global Mental Workload Measurement Applications. In Proceedings of the Human Factors Society 27th Annual Meeting (S.129-133). Santa Monica: Human Factors and Ergonomics Society.

Wisløff, U., Støylen, A., Loennechen, J. P., Bruvold, M., Rognmo, Ø., Haram, P. M., Tjønna, A.E., Helgerud, J., Slørdahl S.A., Lee, S.J., Videm, V., Bye, A., Smith, G.L., Najjar, S.M., Ellingsen, Ø. & Skjærpe, T. (2007). Superior Cardiovascular Effect of Aerobic Interval Training Versus Moderate Continuous Training in Heart Failure Patients. Circulation, 115(24), 3086-3094.

Wohl, J.G. (1981). Force Management Decision Requirements for Air Force Tactical Command and Control. IEEE Transactions on Systems, Mans, and Cybernetics, 11(9), 618-639.

Wottawa, H. & Thierau-Brunner, H. (2003). Lehrbuch Evaluation (3. korrigierte Aufllage). Bern: Huber.

Yacavone, D.W. & Bason, R. (1992). Cervical Injuries During High G Maneuvers. A Review of Naval Saftey Centre Data, 1980-1990. Aviation, Space and Environmental Medicine, 63(7), 602-605.

Zaciorskij, V.M., Amin, A.S. & Selujanov, V.N. (1982) Massengeometrie des menschlichen Körpers I und II. Theorie und Praxis der Körperkultur, 6, 416-423.

Zintl, F., & Eisenhut, A. (2004). Ausdauertraining. München: BLV Sportwissen.

ANHANG

Anhang A: Deskriptive Analysen (*N* = 34)

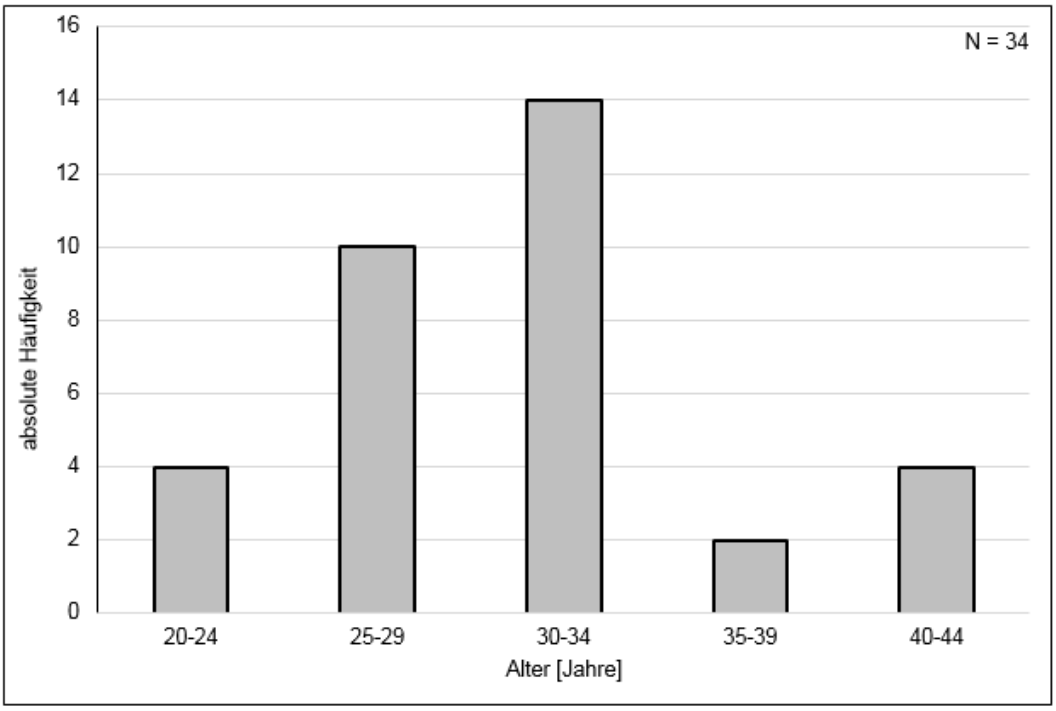


Abbildung A105: Alter [Jahre].

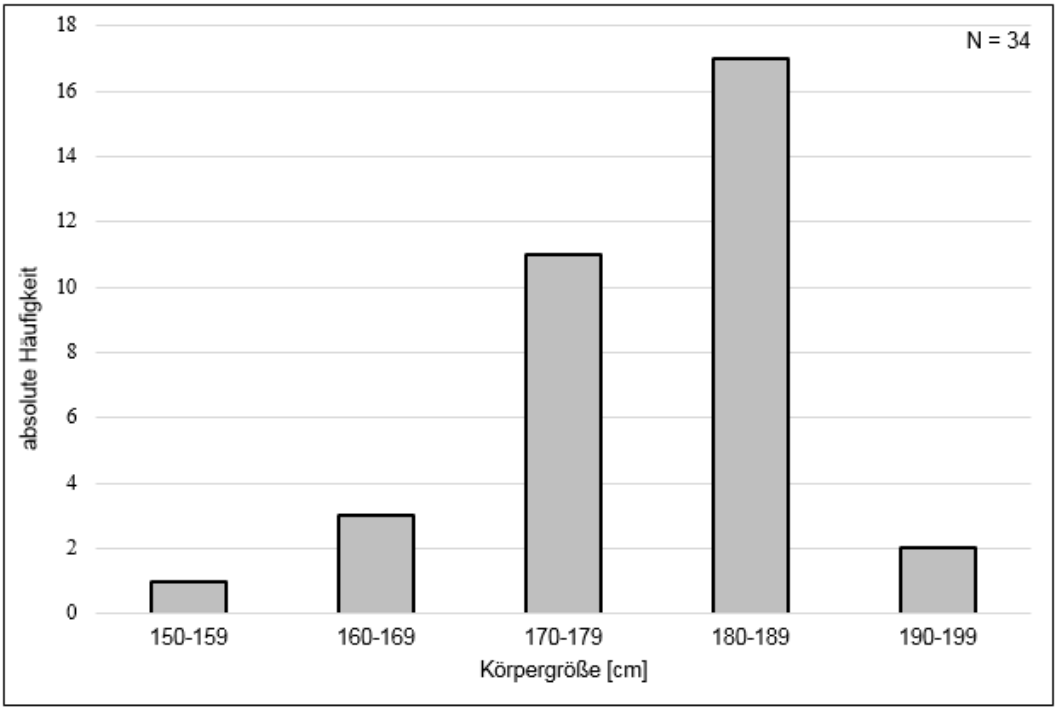


Abbildung A106: Körpergröße [cm].

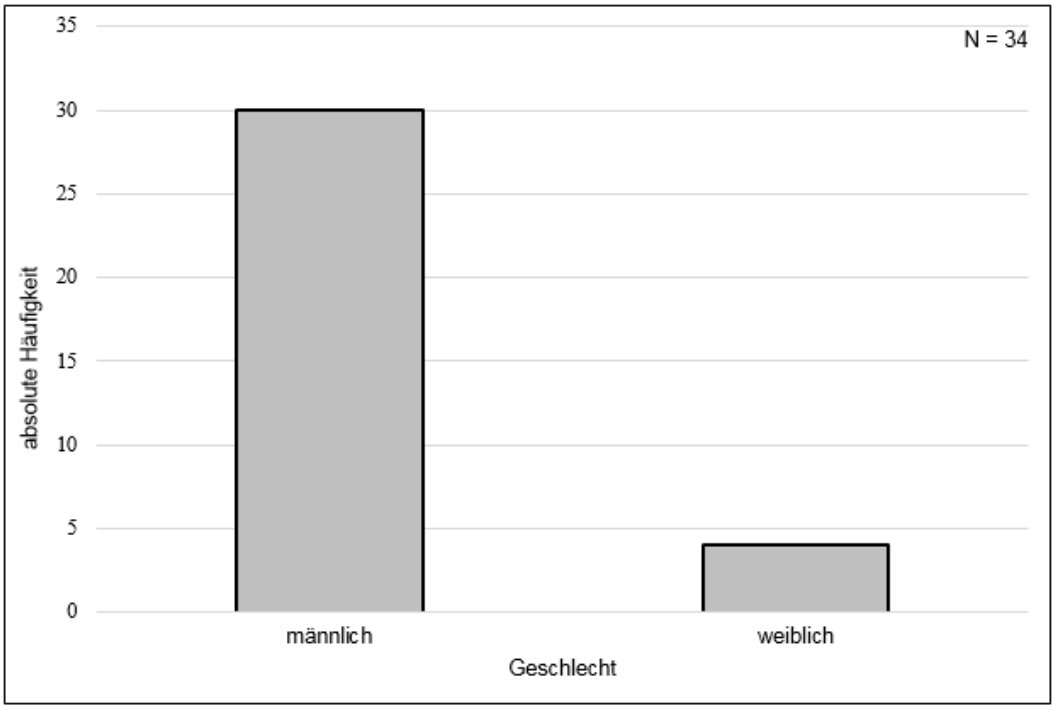


Abbildung A107: Geschlechterverteilung.

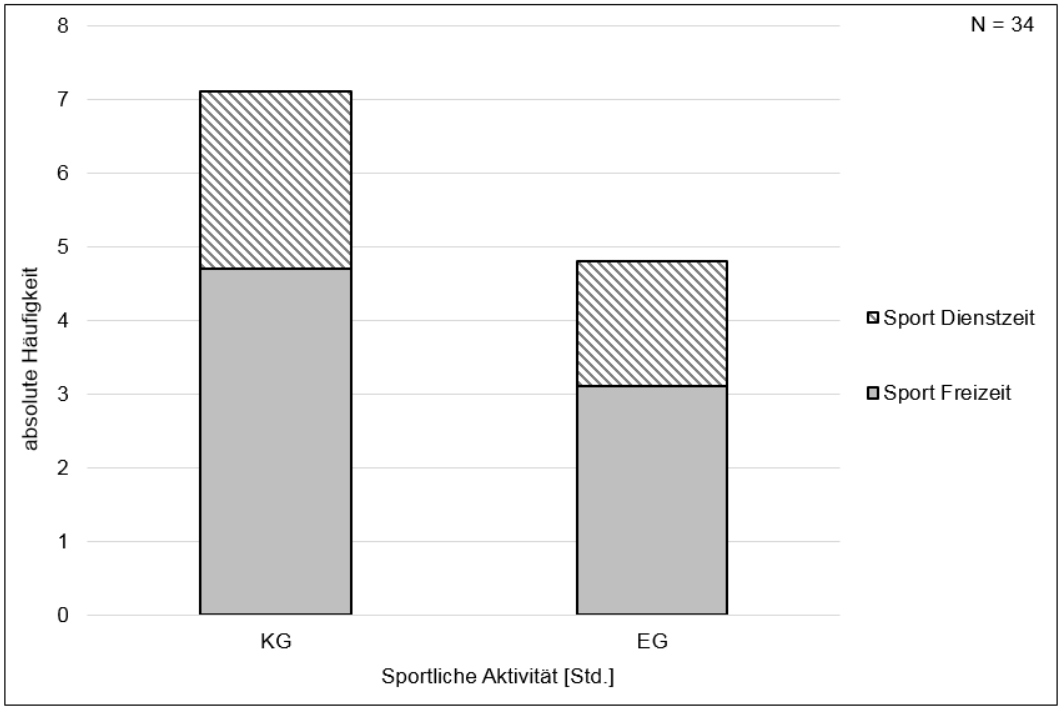


Abbildung A108: Sportliche Aktivität pro Woche zwischen t_0 und t_2 [Std.].

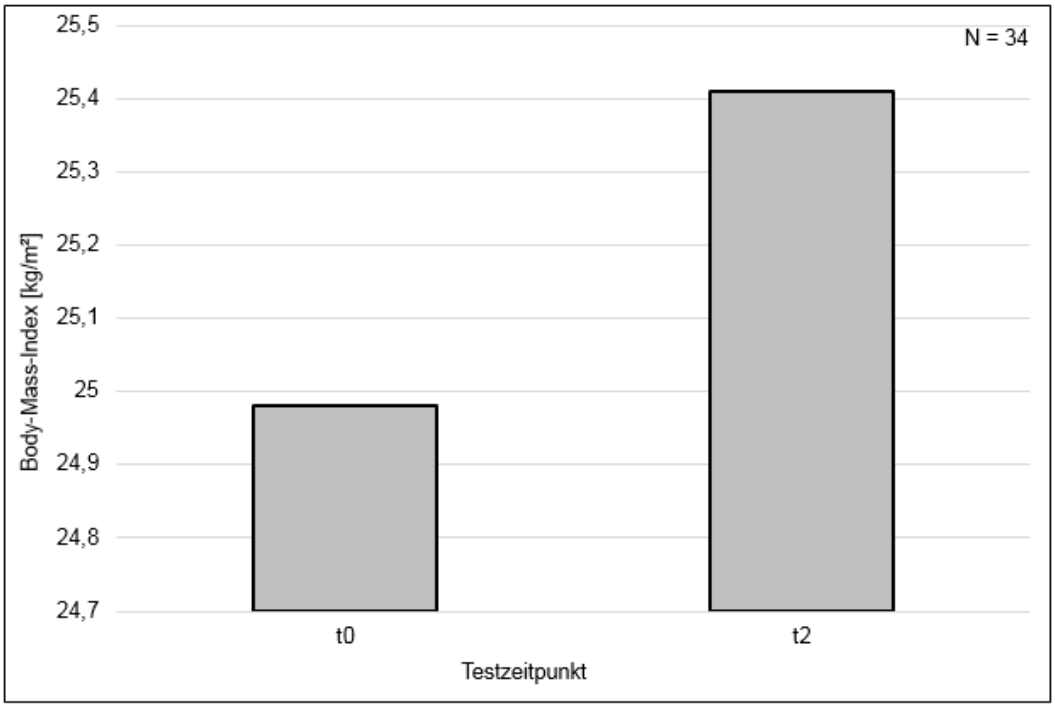


Abbildung A109: Body-Mass-Index [kg/m²] (*N* = 34).

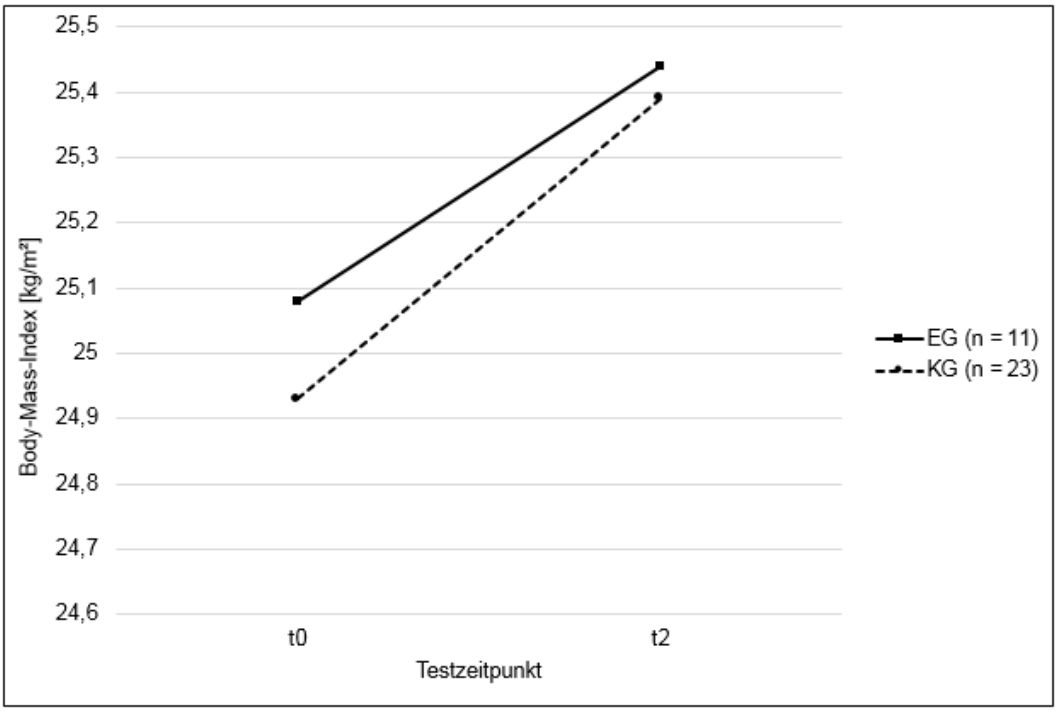


Abbildung A110: Veränderung Body-Mass-Index [kg/m²] (*N* = 34).

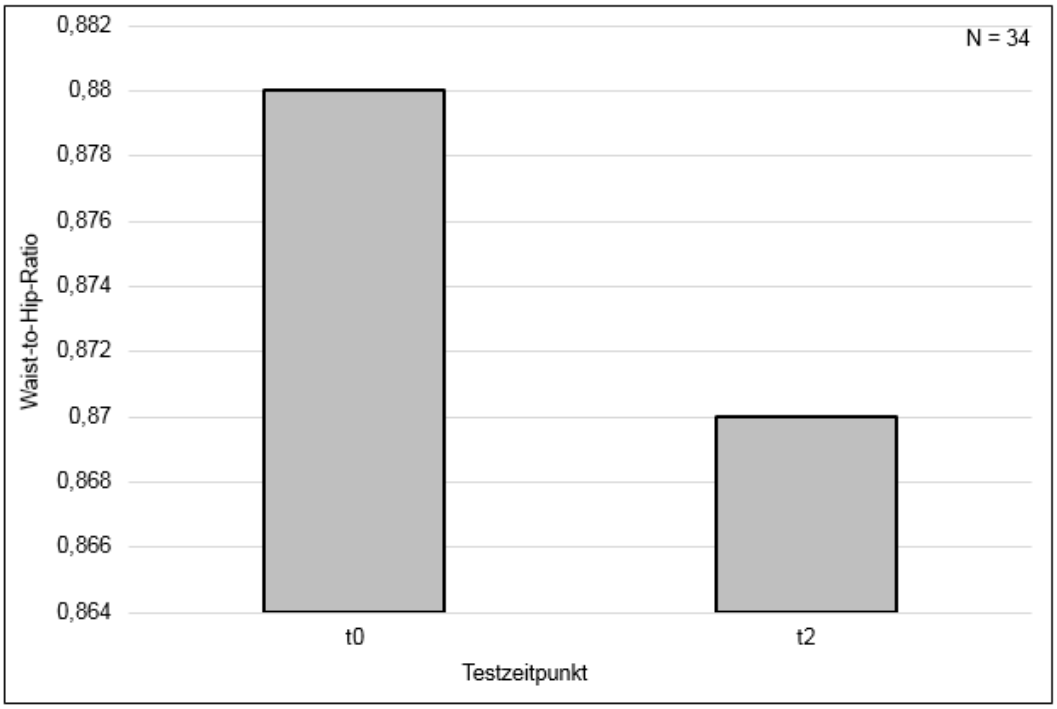


Abbildung A111: Waist-to-Hip-Ratio (*N* = 34).

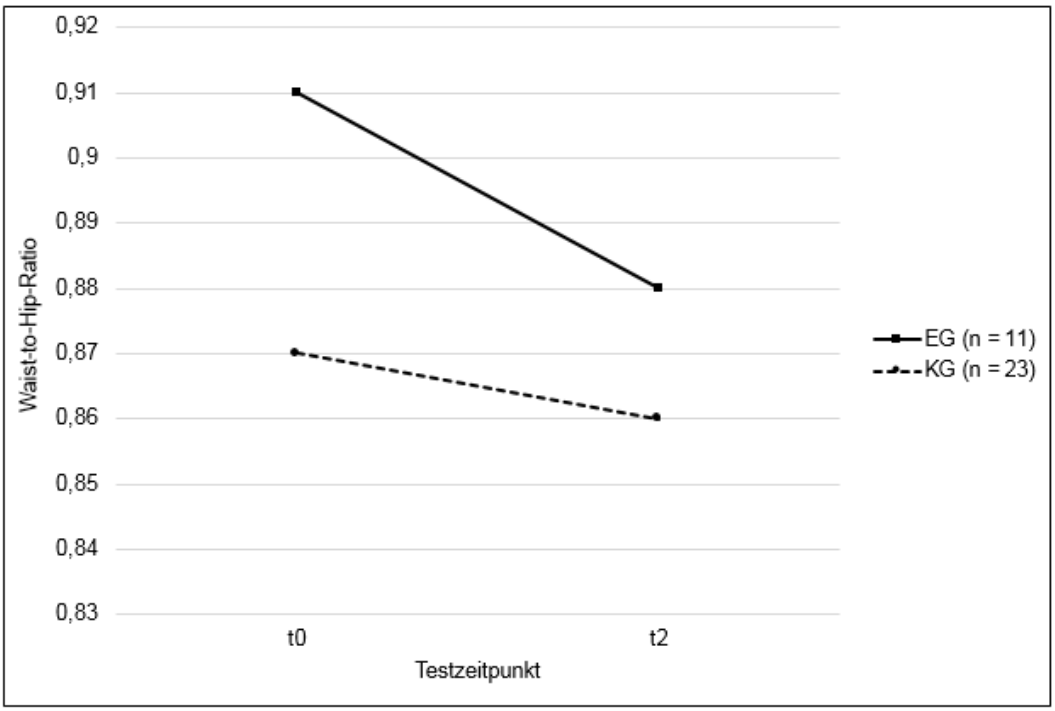


Abbildung A112: Veränderung Waist-to-Hip-Ratio (*N* = 34).

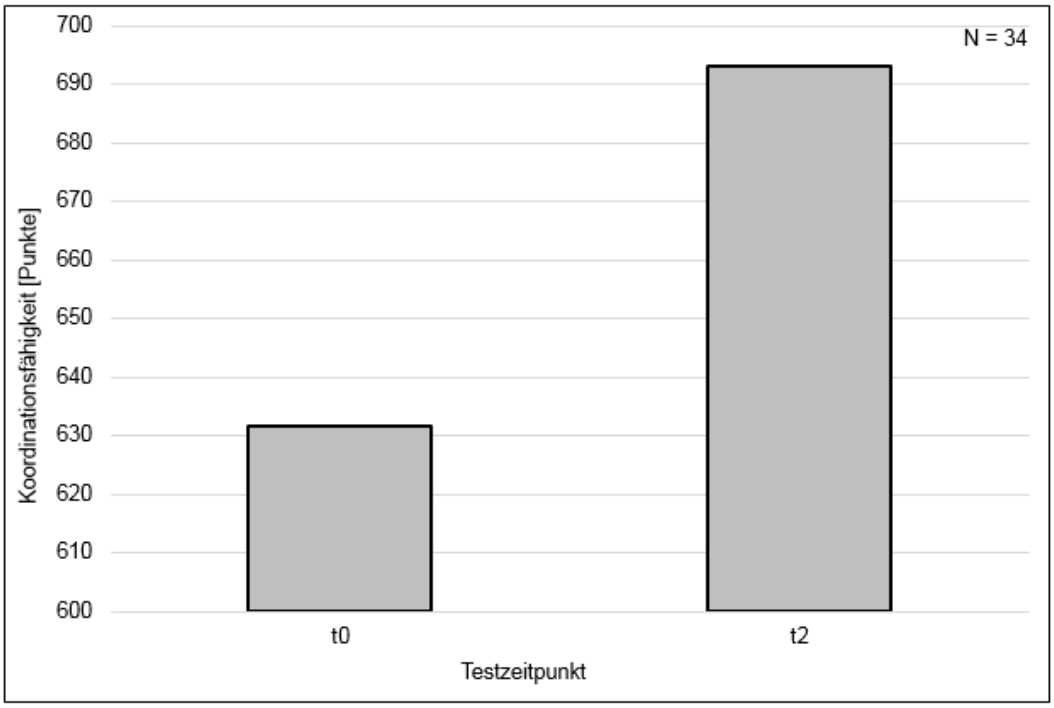


Abbildung A113: Koordinationsfähigkeit [Punkte] (*N* = 34).

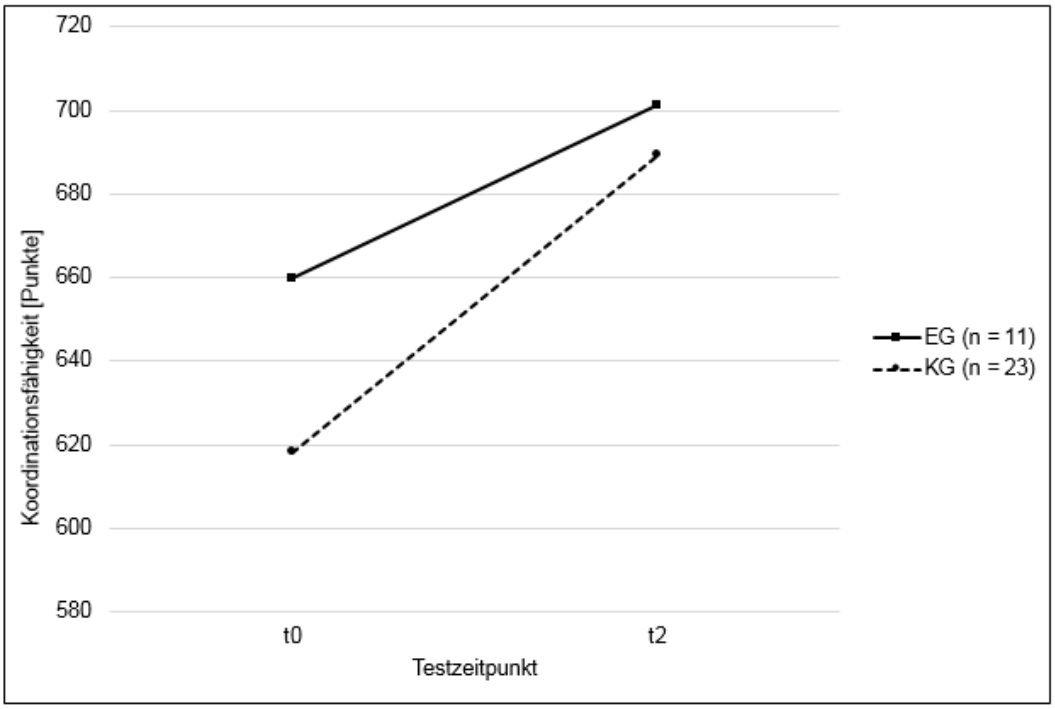


Abbildung A114: Veränderung Koordinationsfähigkeit [Punkte] (*N* = 34).

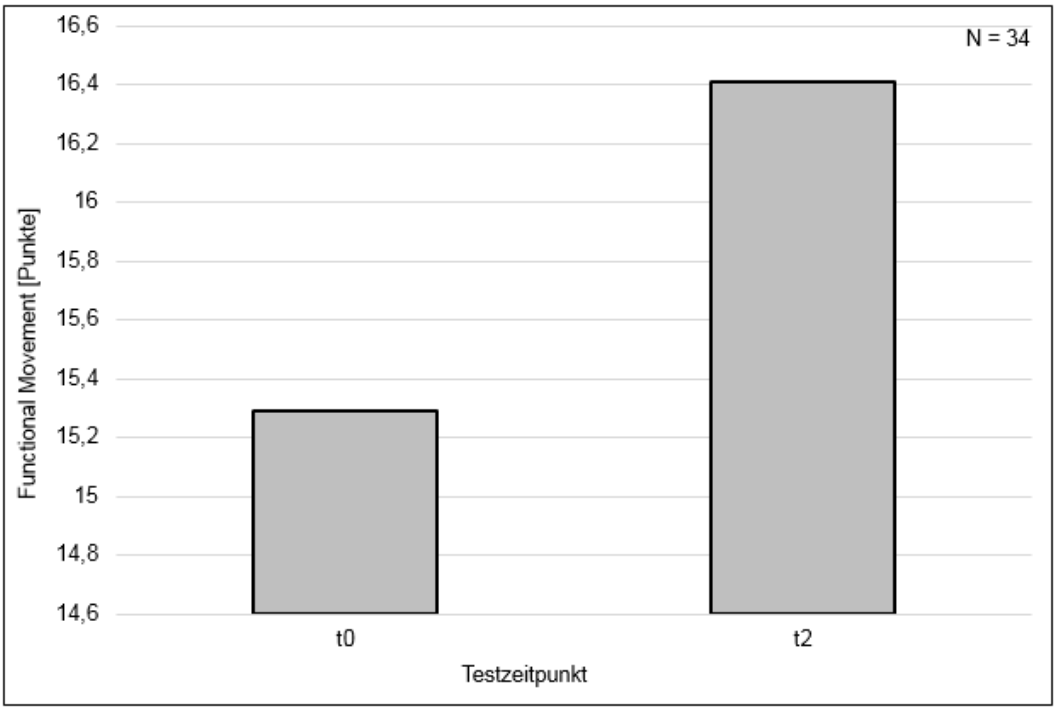


Abbildung A115: Funktionelle Bewegungsmuster [Punkte] (*N* = 34).

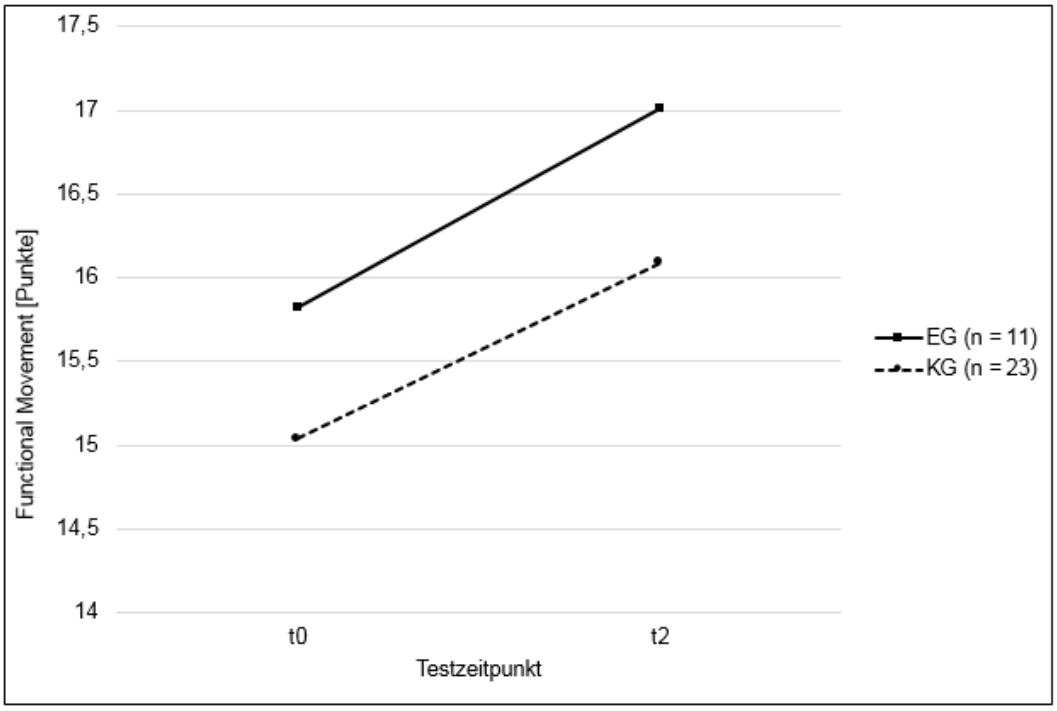


Abbildung A116: Veränderung Funktionelle Bewegungsmuster [Punkte] (*N* = 34).

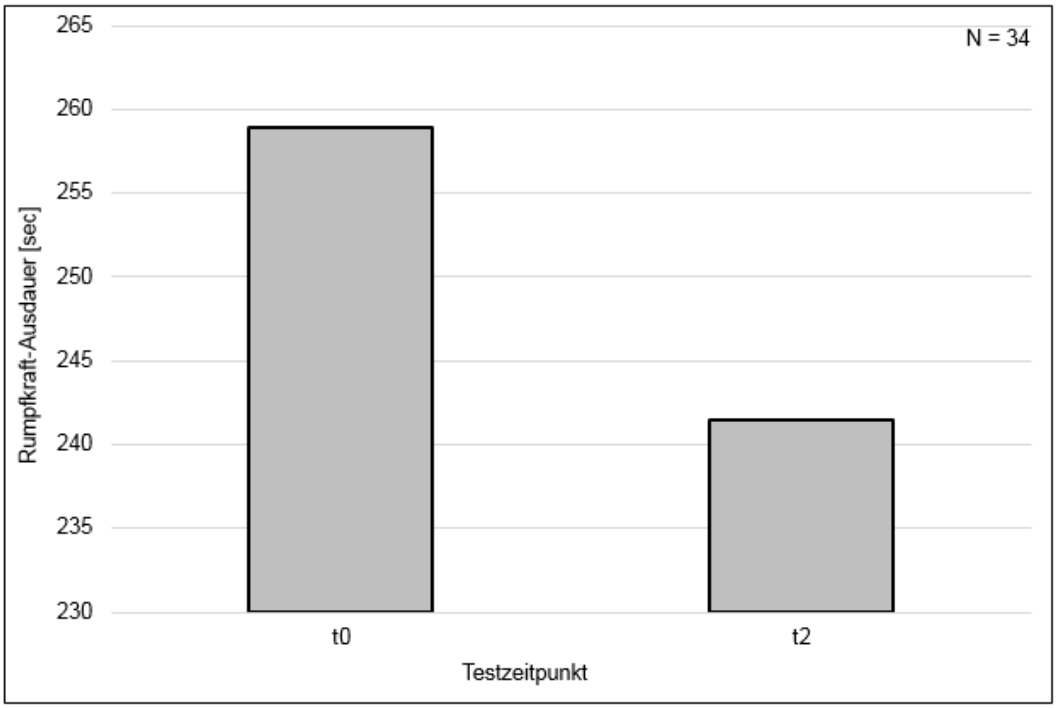


Abbildung A117: Rumpfkraft-Ausdauer [sec] (*N* = 34).

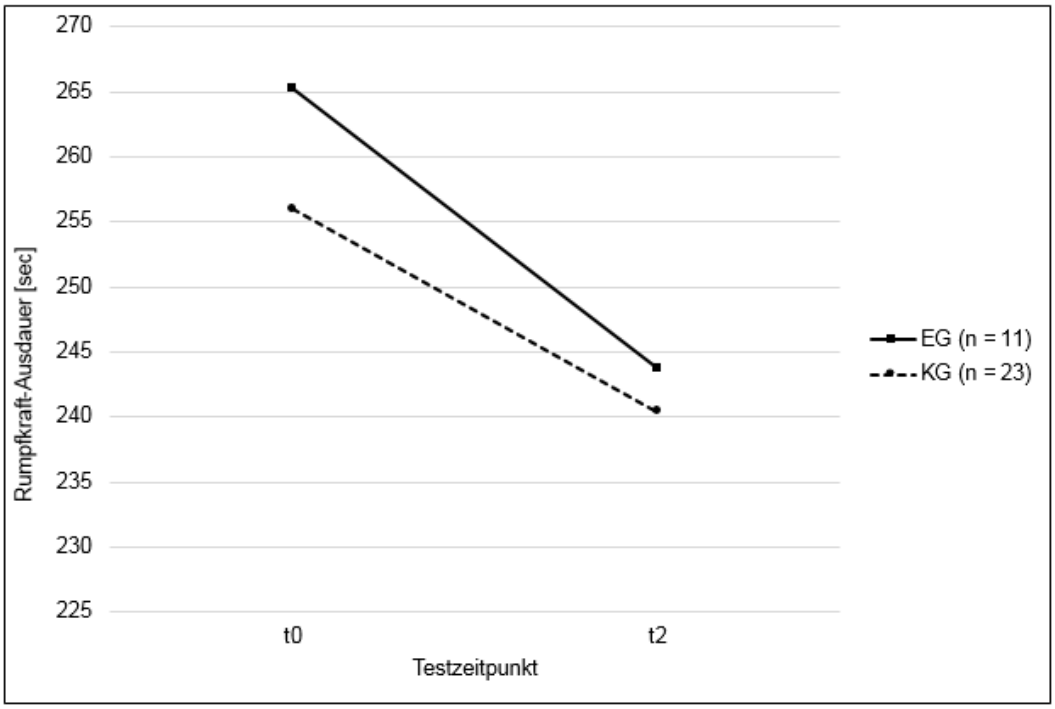


Abbildung A118: Veränderung Rumpfkraft-Ausdauer [sec] (*N* = 34).

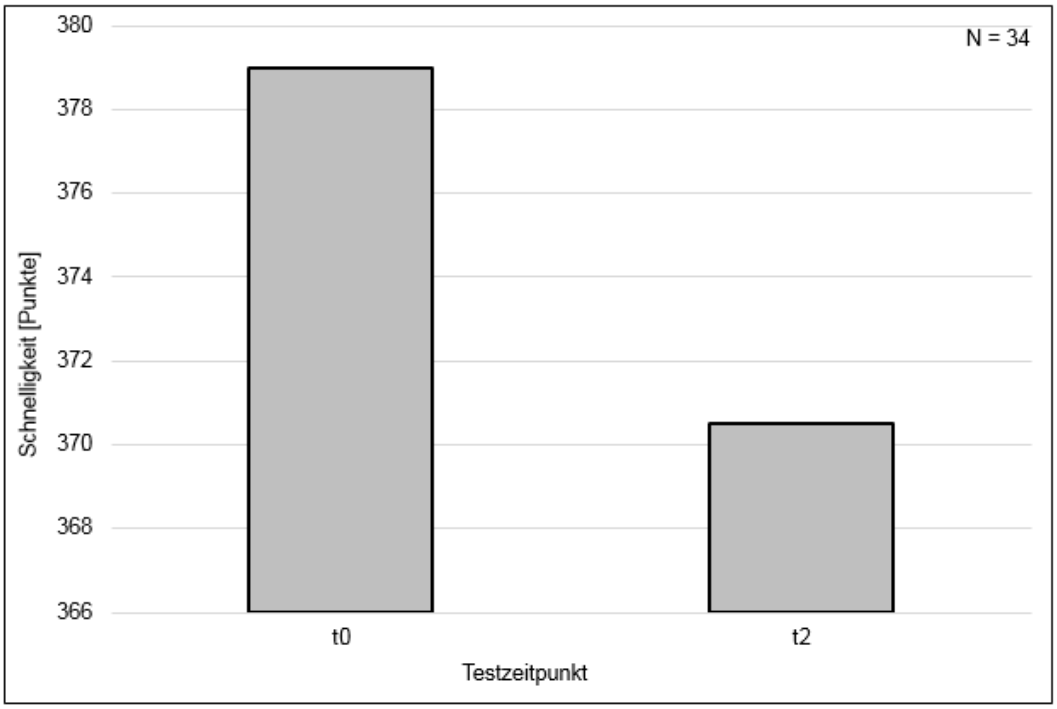


Abbildung A119: Schnelligkeit [Punkte] (*N* = 34).

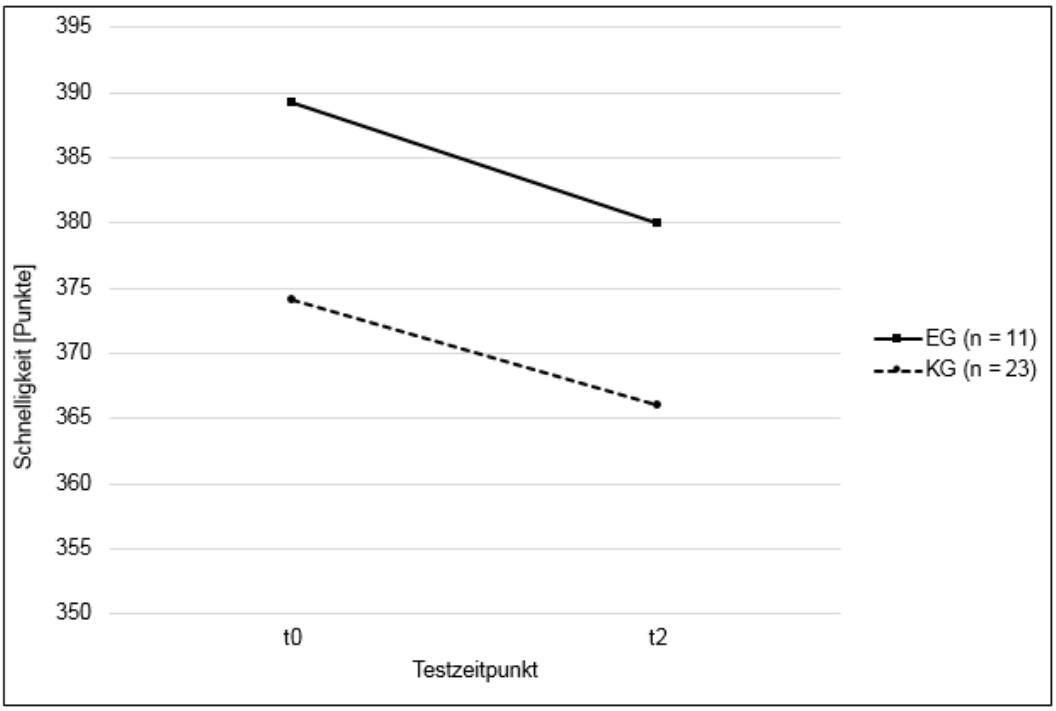


Abbildung A120: Veränderung Schnelligkeit [Punkte] (*N* = 34).

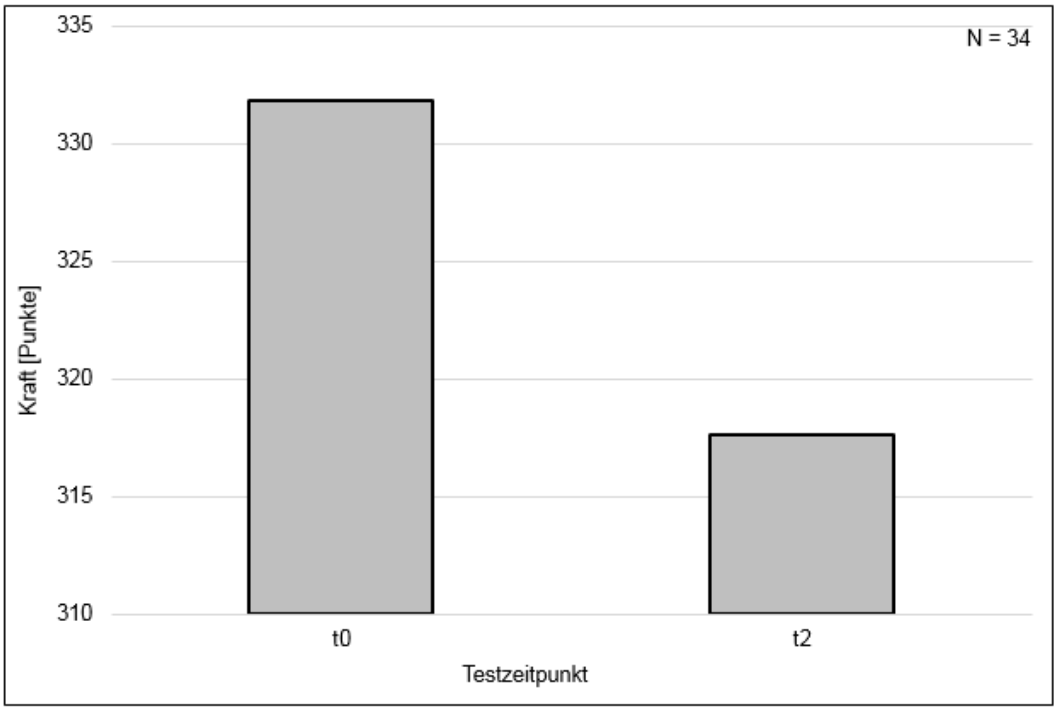


Abbildung A121: Kraft [Punkte] (*N* = 34).

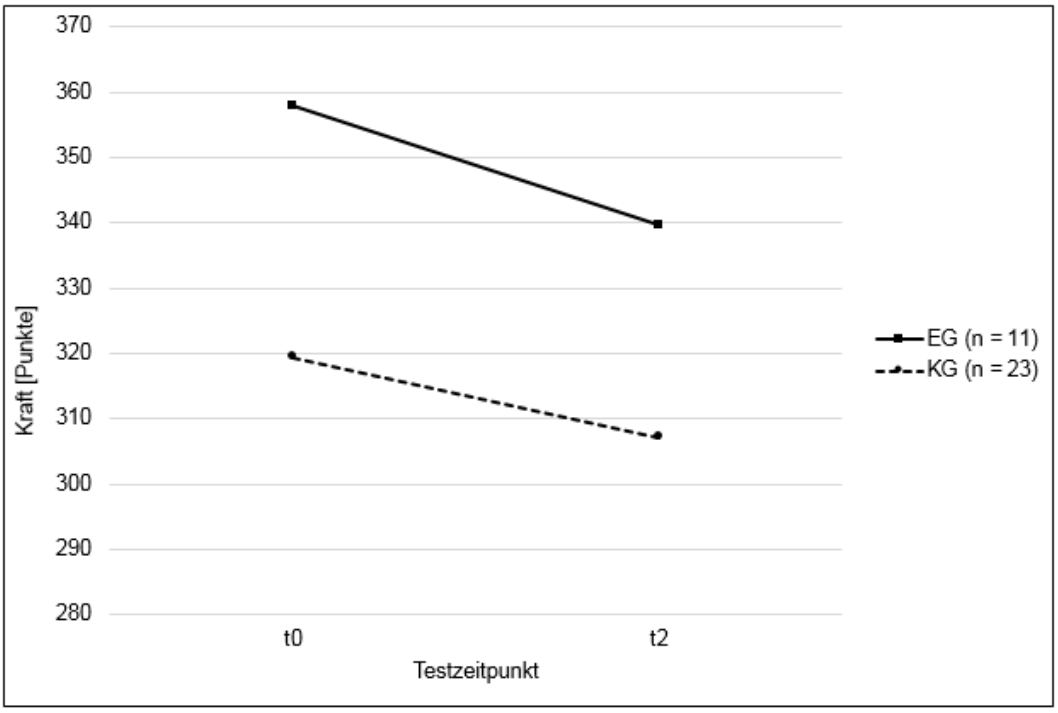


Abbildung A122: Veränderung Kraft [Punkte] (*N* = 34).

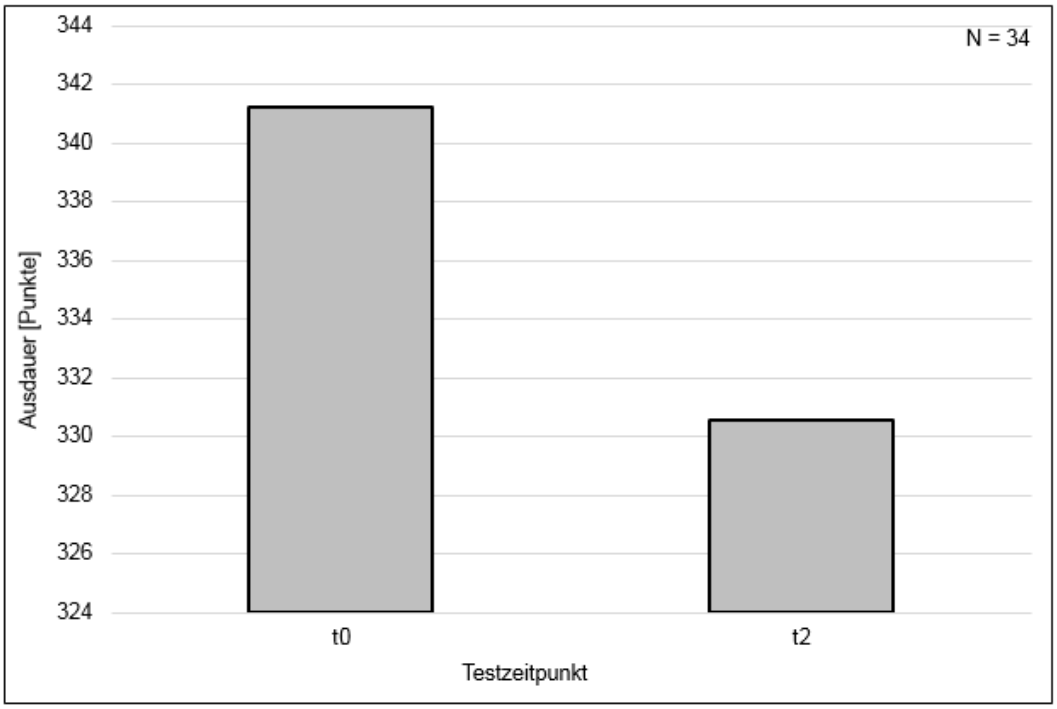


Abbildung A123: Ausdauerleistungsfähigkeit [Punkte] (*N* = 34).

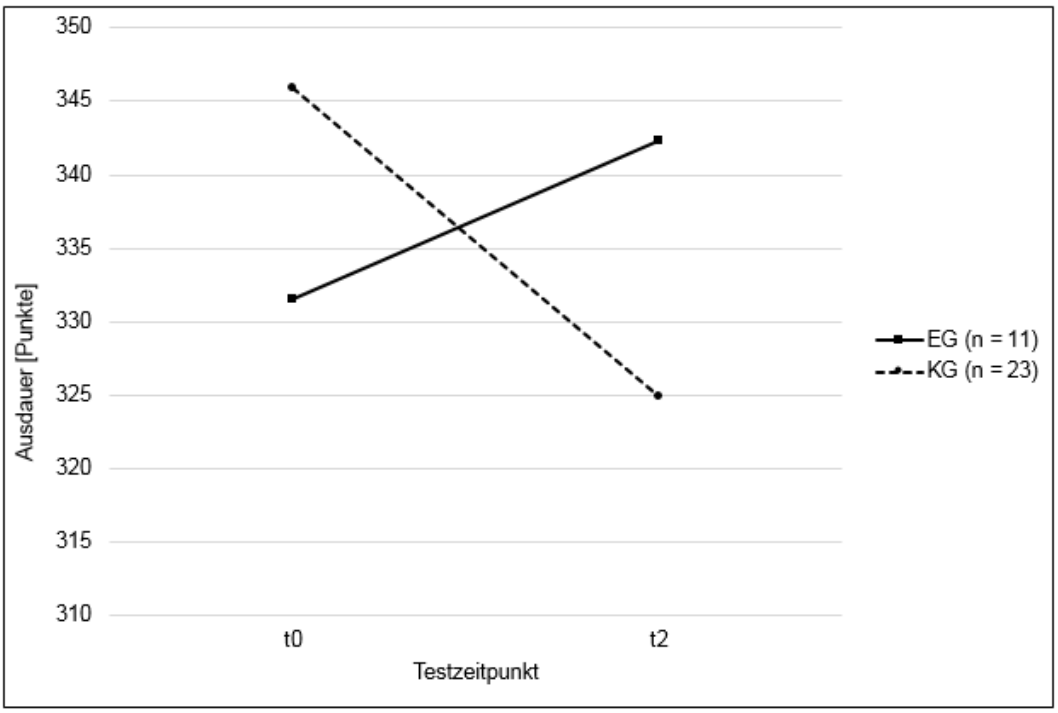


Abbildung A124: Veränderung Ausdauerleistungsfähigkeit [Punkte] (*N* = 34).

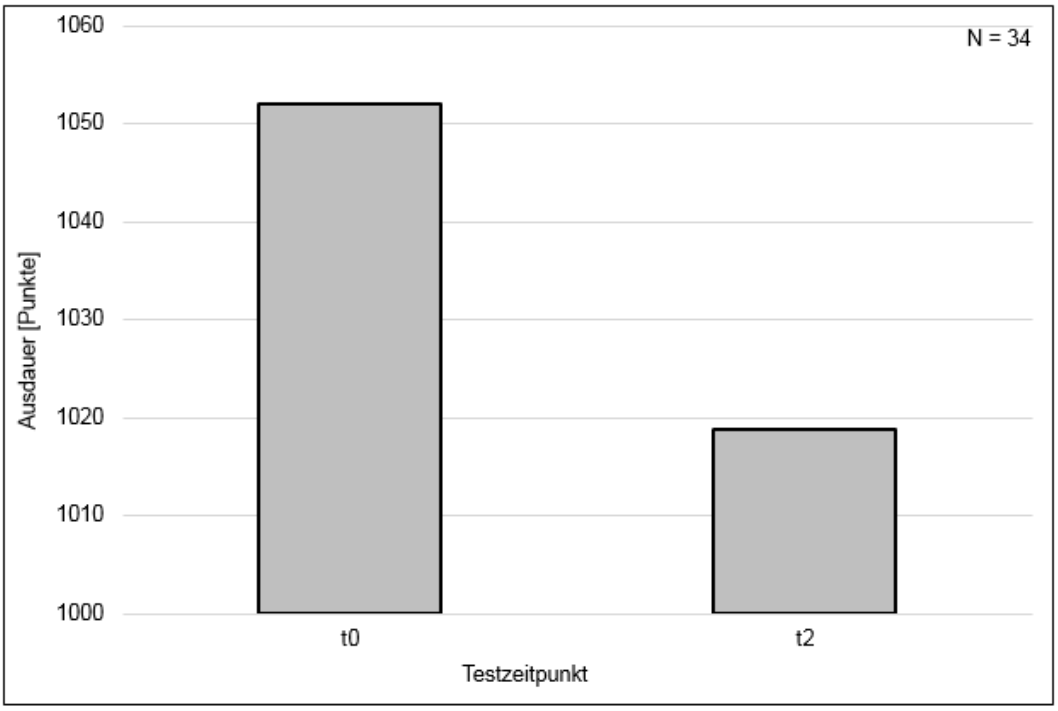


Abbildung A125: Basis-Fitness-Test [Punkte] (*N* = 34).

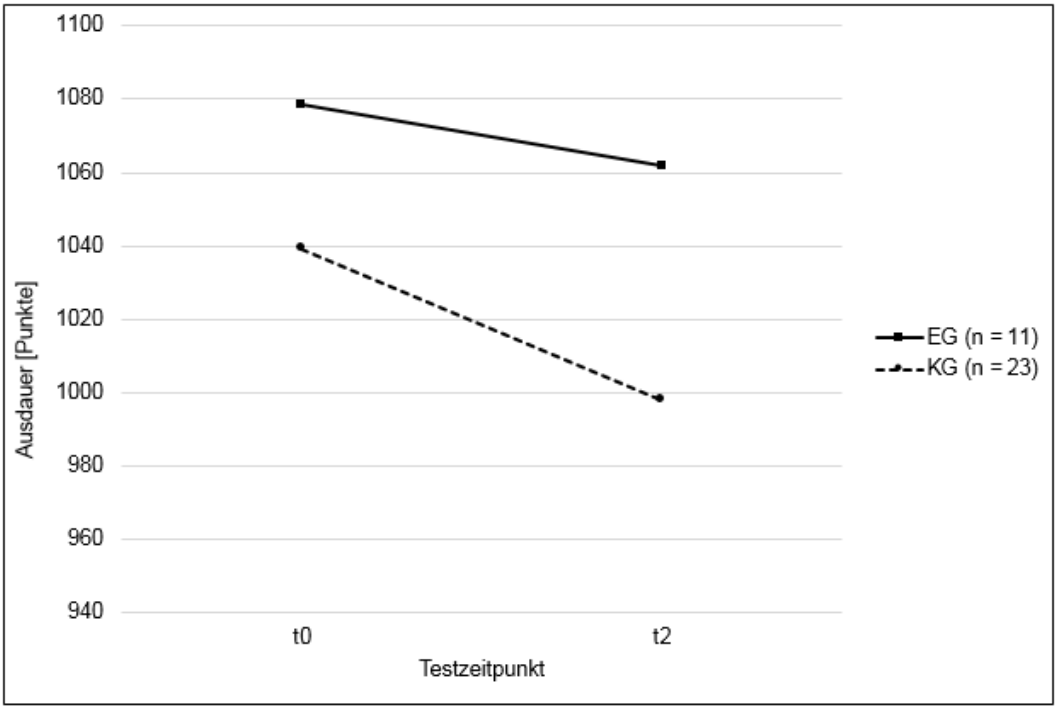


Abbildung A126: Veränderung Basis-Fitness-Test [Punkte] (*N* = 34).

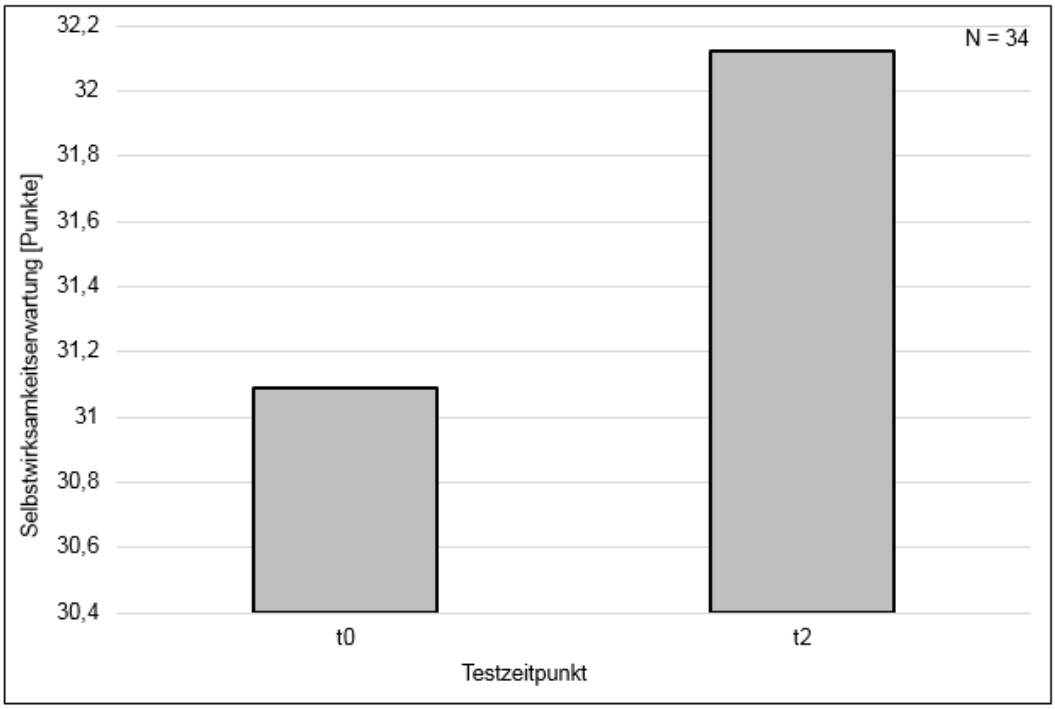


Abbildung A127: Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung [Punkte] (*N* = 34).

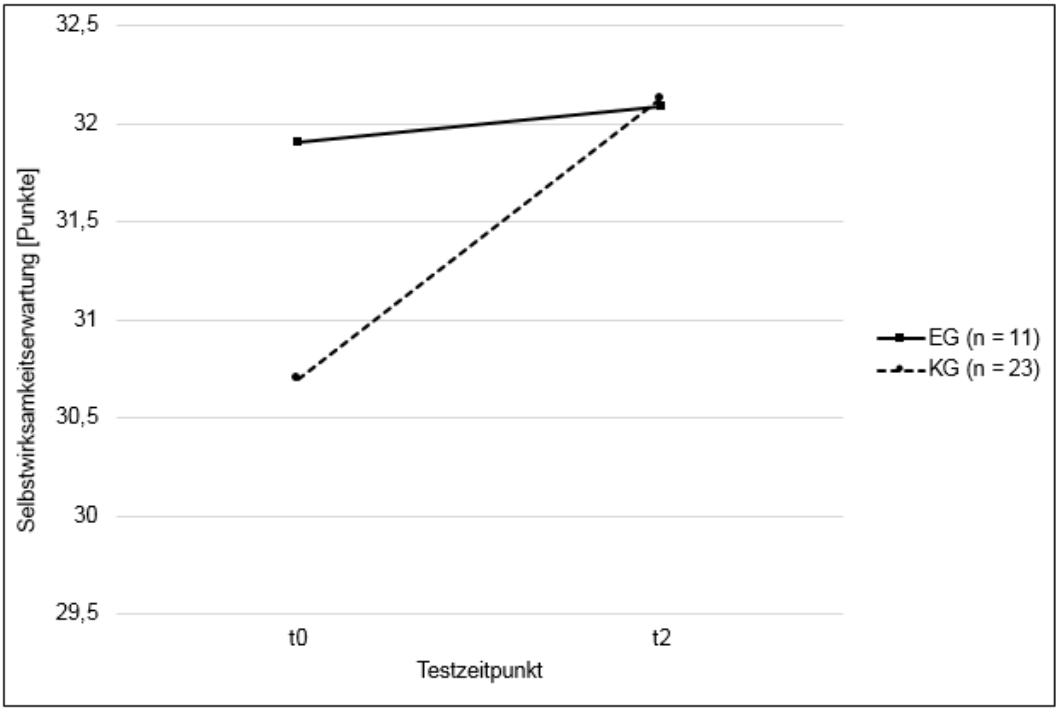


Abbildung A128: Veränderung Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung [Punkte] (*N* = 34).

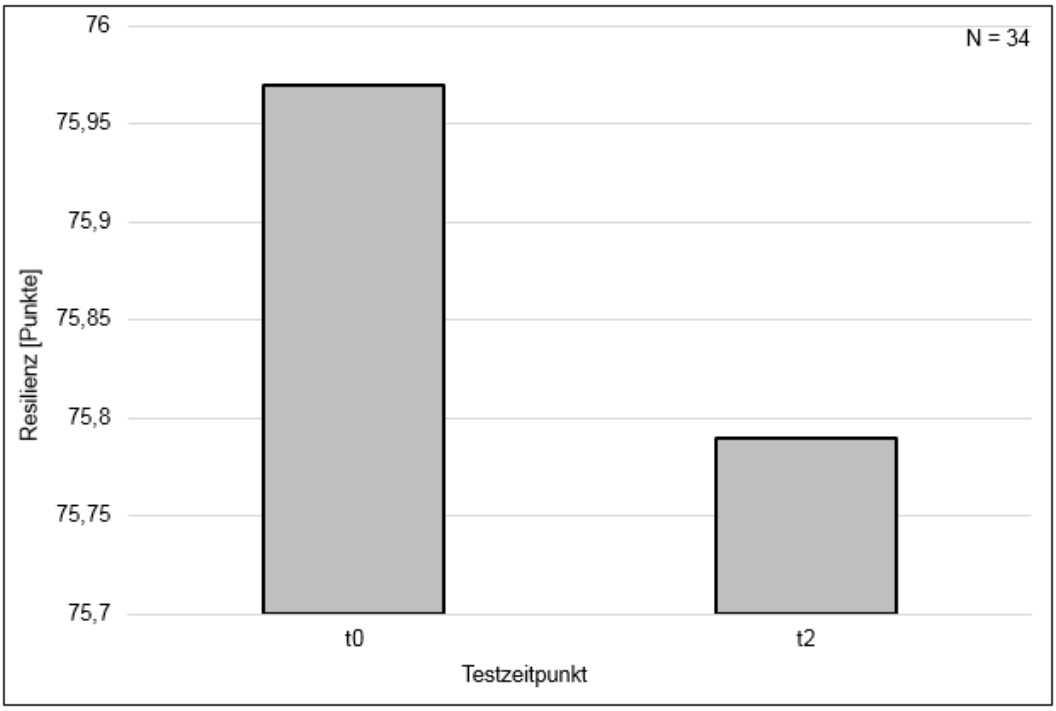


Abbildung A129: Resilienz [Punkte] (*N* = 34).

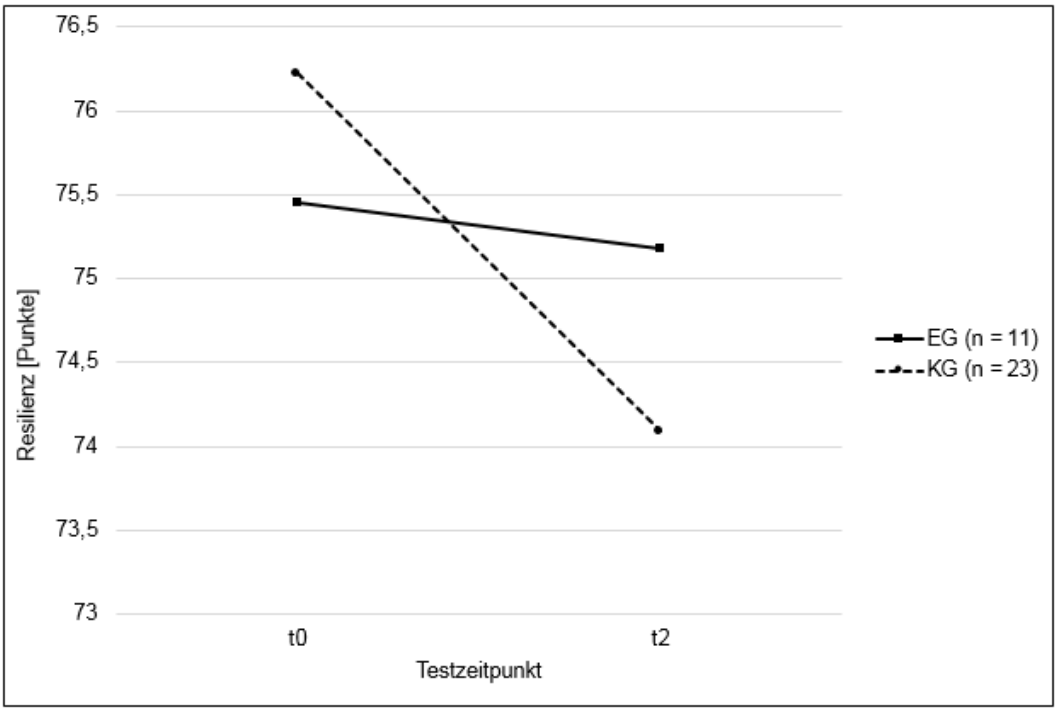


Abbildung A130: Veränderung Resilienz [Punkte] (*N* = 34).

Tabelle A52: Übersichtstabelle der Variablen für die Gesamtstichprobe (*N* = 34).

VAR	TZP	Gesamtstichprobe				
		n	MIN	MAX	M	SD
BMI [kg/m²]	t_0	34	19,9	30,3	24,98	2,47
	t_2	34	19,1	31,3	25,41	2,73
WHR	t_0	34	0,79	0,97	0,88	0,05
	t_2	34	0,76	1,02	0,87	0,06
Koordinations-fähigkeit [punkte]	t_0	34	462	825	631,62	95,372
	t_2	34	383	890	693,09	123,62
Funktionelle Bewegungsmuster [punkte]	t_0	34	11	20	15,29	2,21
	t_2	34	12	20	16,41	1,83
Rumpfkraft-Ausdauer [sec]	t_0	34	119	454	258,97	95,11
	t_2	34	80	583	241,47	107,57
Schnelligkeit [punkte]	t_0	34	153	479	378,97	68,34
	t_2	34	237	460	370,5	49,48
Kraft [punkte]	t_0	34	110	532	331,82	111,12
	t_2	34	110	574	317,65	116,52
Ausdauer [punkte]	t_0	34	132	464	341,24	76,33
	t_2	34	122	458	330,56	78,75
Basis-Fitness-Test [punkte]	t_0	34	486	1435	1052,03	219,63
	t_2	34	612	1421	1018,71	206,47
Selbstwirksamkeit [punkte]	t_0	34	25	36	31,09	2,76
	t_2	34	22	39	32,12	4,17
Resilienz [punkte]	t_0	34	61	86	75,97	5,28
	t_2	34	56	86	75,79	6,82
Sport-Aktivität Freizeit [Std.]	t_0 - t_2	34	0	907	242,91	216,62
Sport-Aktivität Dienstzeit [Std.]	t_0 - t_2	34	0	448	140,37	112,09

Tabelle A53: Übersichtstabelle der Variablen für EG (*n* = 11).

VAR	TZP	EG				
		n	MIN	MAX	M	SD
BMI [kg/m²]	t_0	11	22,1	29,2	25,08	2,30
	t_2	11	22,2	29,5	25,44	2,15
WHR	t_0	11	0,79	0,96	0,91	0,05
	t_2	11	0,78	0,95	0,88	0,06
Koordinations-fähigkeit [punkte]	t_0	11	462	825	659,82	105,63
	t_2	11	540	863	701,09	108,03
Funktionelle Bewegungsmuster [punkte]	t_0	11	14	19	15,82	1,54
	t_2	11	15	20	17,01	1,64
Rumpfkraft-Ausdauer [sec]	t_0	11	119	449	265,27	95,44
	t_2	11	149	424	243,73	90,04
Schnelligkeit [punkte]	t_0	11	295	450	389,27	43,62
	t_2	11	316	433	380	43,74
Kraft [punkte]	t_0	11	250	485	357,91	76,62
	t_2	11	151	495	339,73	106,94
Ausdauer [punkte]	t_0	11	153	429	331,55	74,11
	t_2	11	164	411	342,36	67,55
Basis-Fitness-Test [punkte]	t_0	11	698	1265	1078,73	163,97
	t_2	11	736	1267	1062,09	177,07
Selbstwirksamkeit [punkte]	t_0	11	25	36	31,91	2,98
	t_2	11	27	38	32,09	3,36
Resilienz [punkte]	t_0	11	61	81	75,45	5,77
	t_2	11	56	83	75,18	7,21
Sport-Aktivität Freizeit [Std.]	t_0 - t_2	11	0	707	197,45	200,20
Sport-Aktivität Dienstzeit [Std.]	t_0 - t_2	11	8,50	293	144,32	112,40

Tabelle A54: Übersichtstabelle der Variablen für KG (*n* = 23).

VAR	TZP	KG				
		n	MIN	MAX	M	SD
BMI [kg/m²]	t_0	23	19,9	30,3	24,93	2,59
	t_2	23	19,1	31,3	25,39	3,01
WHR	t_0	23	0,80	0,97	0,87	0,05
	t_2	23	0,76	1,02	0,86	0,07
Koordinations-fähigkeit [punkte]	t_0	23	486	777	618,13	89,35
	t_2	23	383	890	689,26	132,56
Funktionelle Bewegungsmuster [punkte]	t_0	23	11	20	15,04	2,46
	t_2	23	12	20	16,09	1,86
Rumpfkraft-Ausdauer [sec]	t_0	23	119	454	255,96	96,95
	t_2	23	80	583	240,39	116,89
Schnelligkeit [punkte]	t_0	23	153	479	374,04	77,86
	t_2	23	237	460	365,96	52,30
Kraft [punkte]	t_0	23	110	532	319,35	123,89
	t_2	23	110	574	307,09	121,69
Ausdauer [punkte]	t_0	23	132	464	345,87	78,57
	t_2	23	122	458	324,91	84,41
Basis-Fitness-Test [punkte]	t_0	23	486	1435	1039,26	244,15
	t_2	23	612	1421	997,96	219,78
Selbstwirksamkeit [punkte]	t_0	23	26	35	30,70	2,62
	t_2	23	22	39	32,13	4,58
Resilienz [punkte]	t_0	23	64	86	76,22	5,14
	t_2	23	29	86	74,09	11,93
Sport-Aktivität Freizeit [Std.]	t_0 - t_2	23	0	907	264,65	225,03
Sport-Aktivität Dienstzeit [Std.]	t_0 - t_2	23	0	448	138,48	114,42

Anhang B: Deskriptive Analysen der zusätzlichen Variablen EG (*n* = 11)

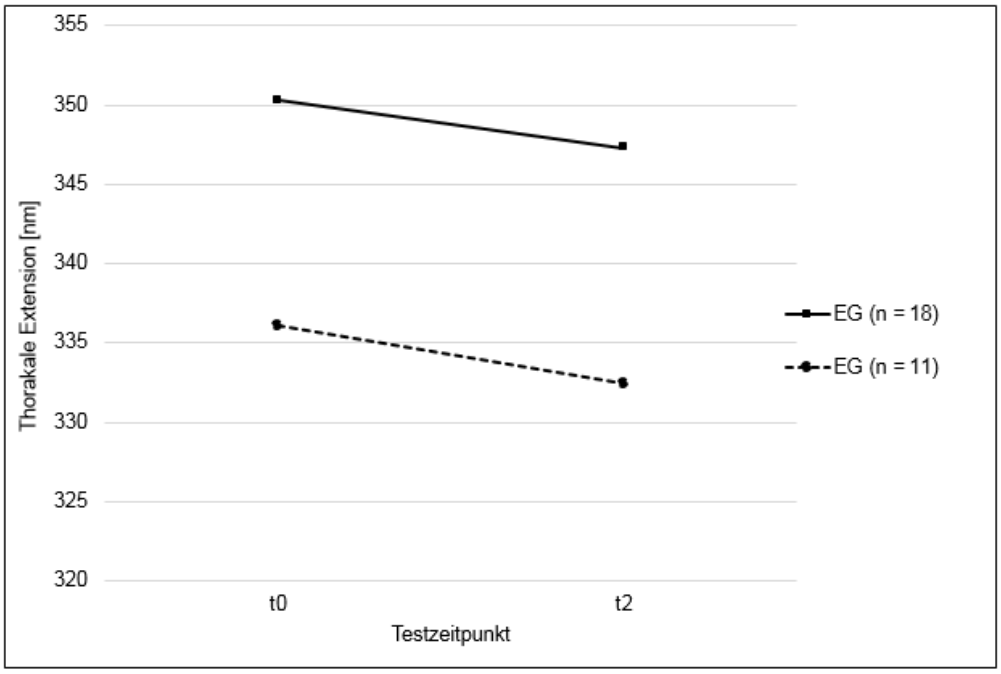


Abbildung A131: Veränderung Maximalkraft thorakale Extension [nm].

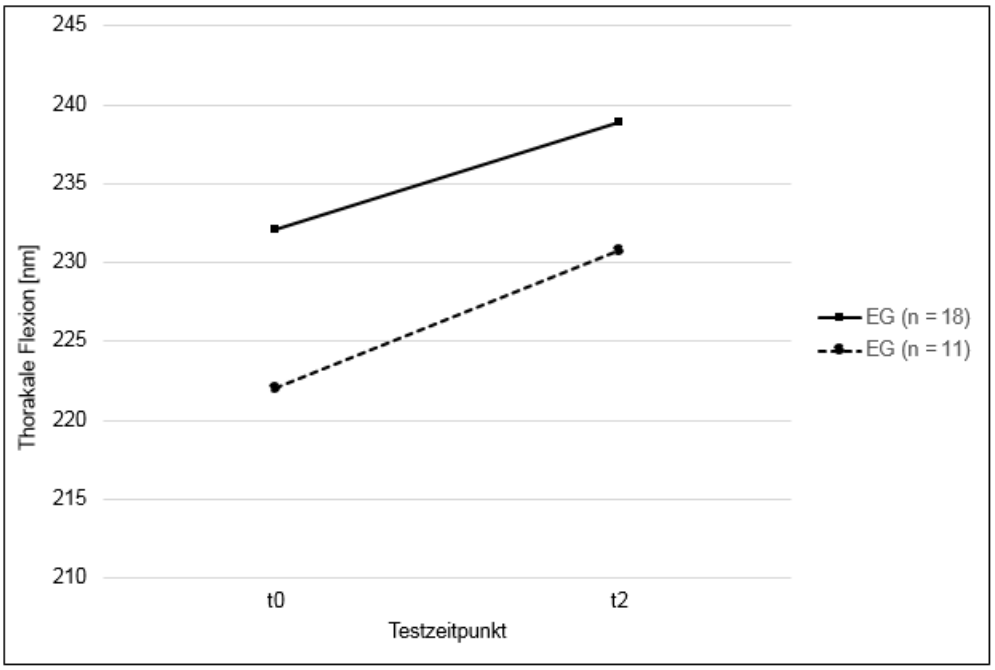


Abbildung A132: Veränderung Maximalkraft thorakale Flexion [nm].

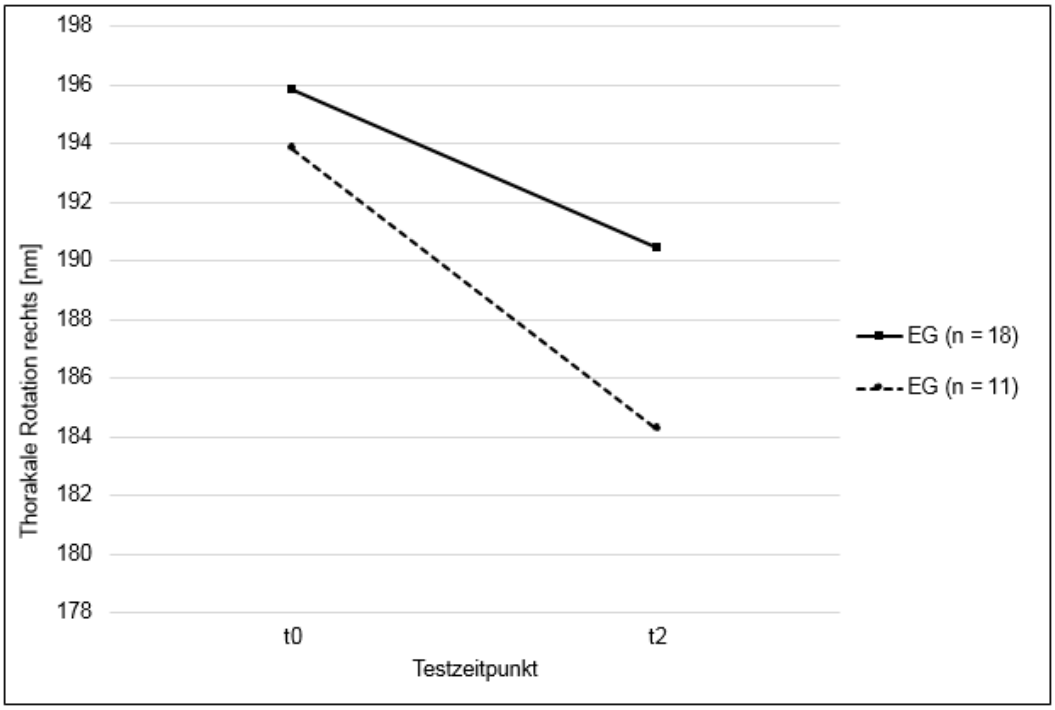


Abbildung A133: Veränderung Maximalkraft thorakale Rotation rechts [nm].

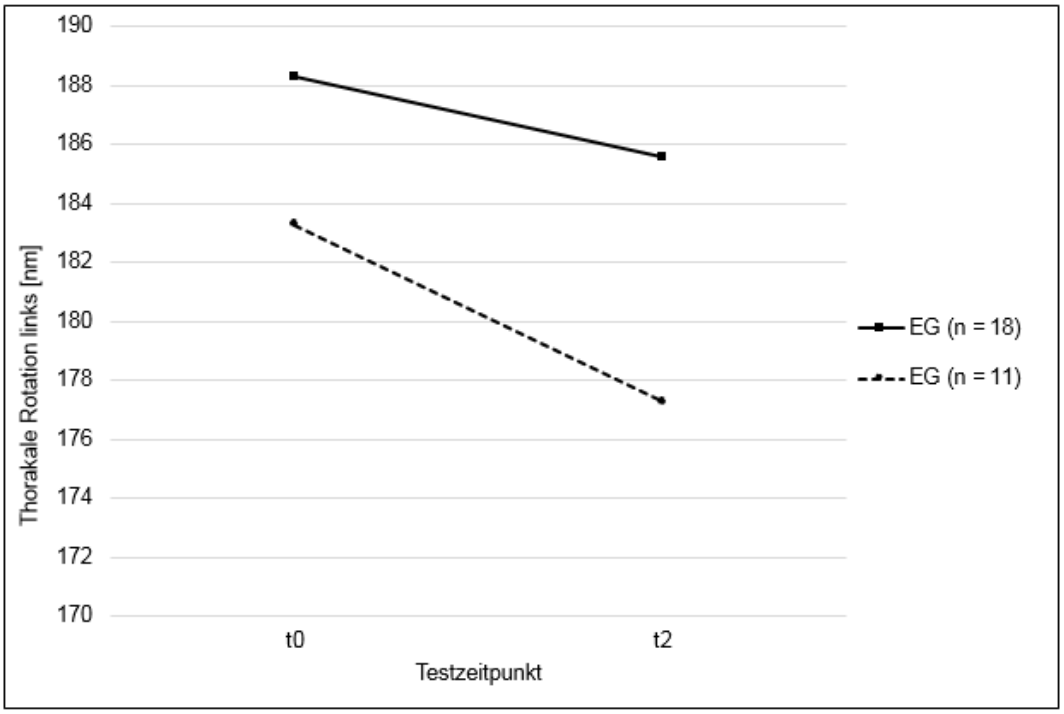


Abbildung A134: Veränderung Maximalkraft thorakale Rotation links [nm].

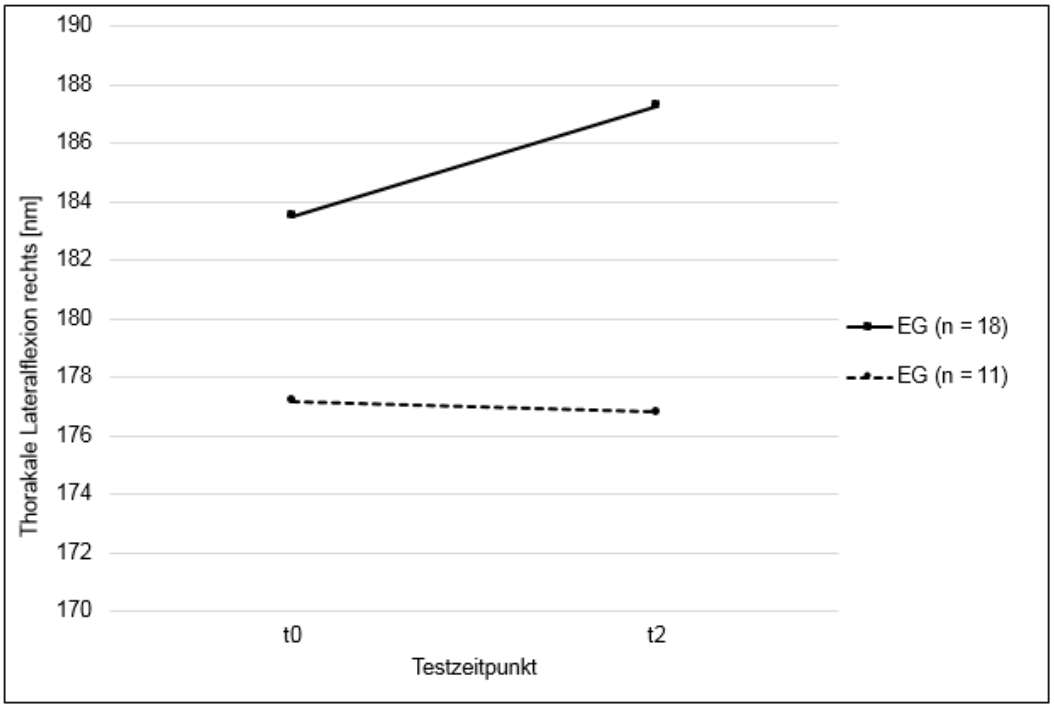


Abbildung A135: Veränderung Maximalkraft thorakale Lateralflexion rechts [nm].

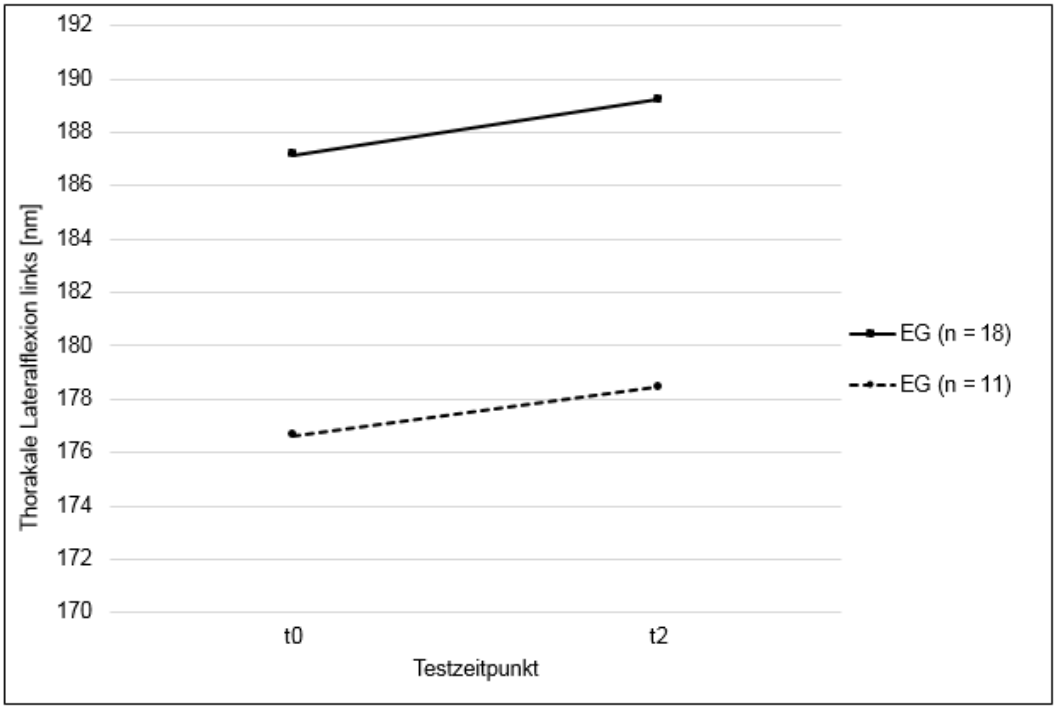


Abbildung A136: Veränderung Maximalkraft thorakale Lateralflexion links [nm].

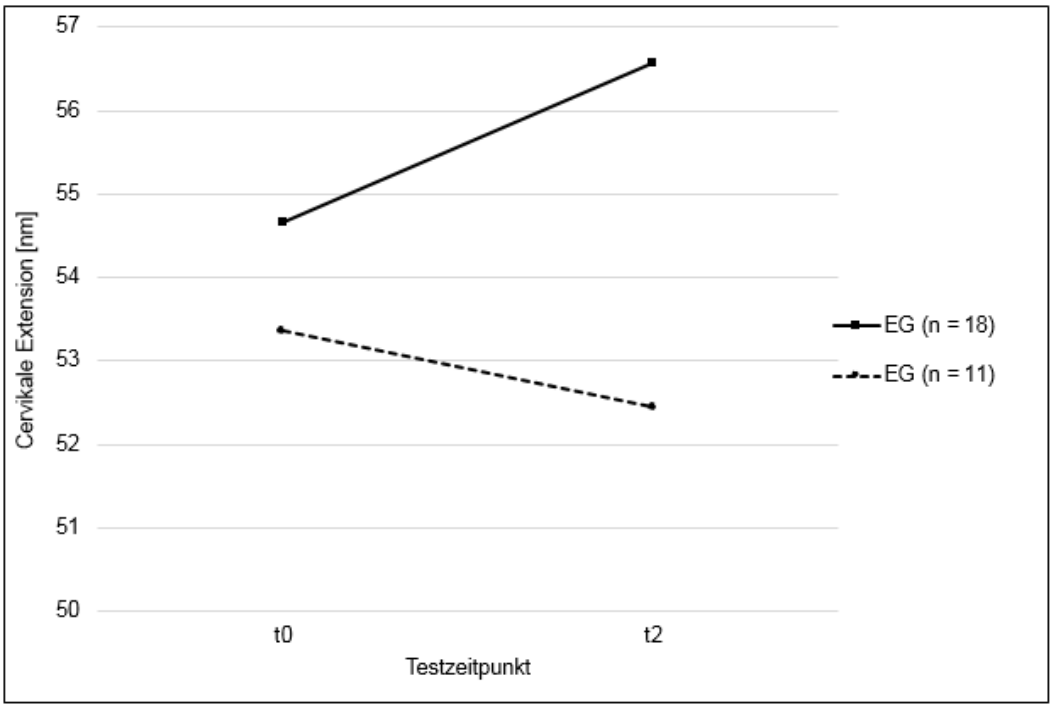


Abbildung A137: Veränderung Maximalkraft cervikale Extension [nm].

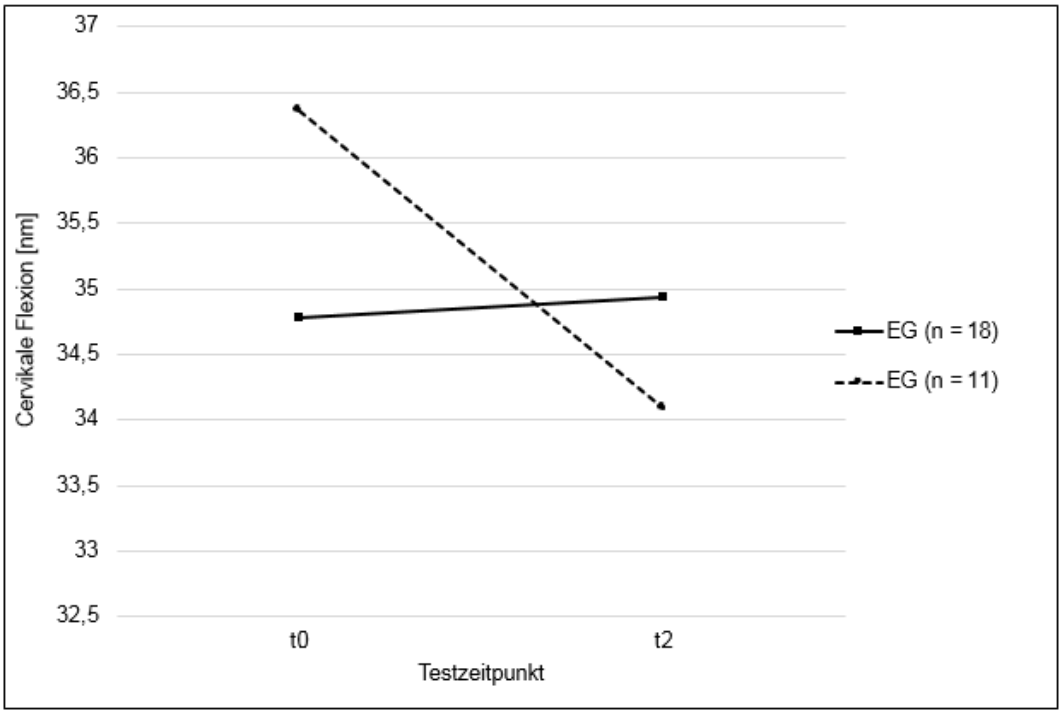


Abbildung A138: Veränderung Maximalkraft cervikale Flexion [nm].

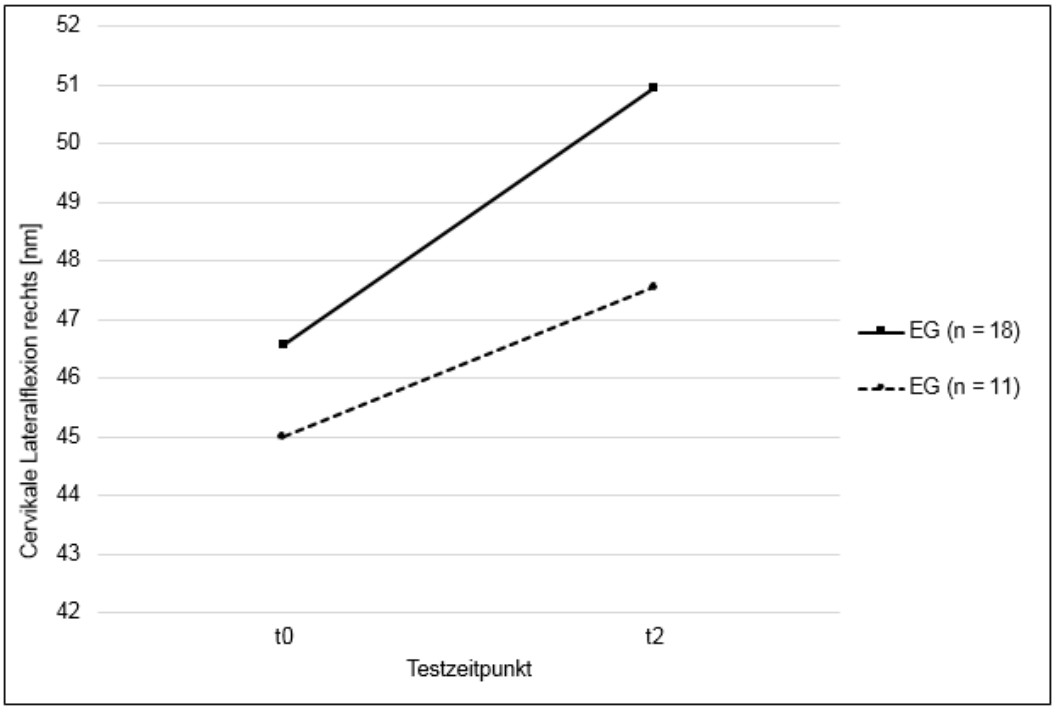


Abbildung A139: Veränderung Maximalkraft cervikale Lateralflexion rechts [nm].

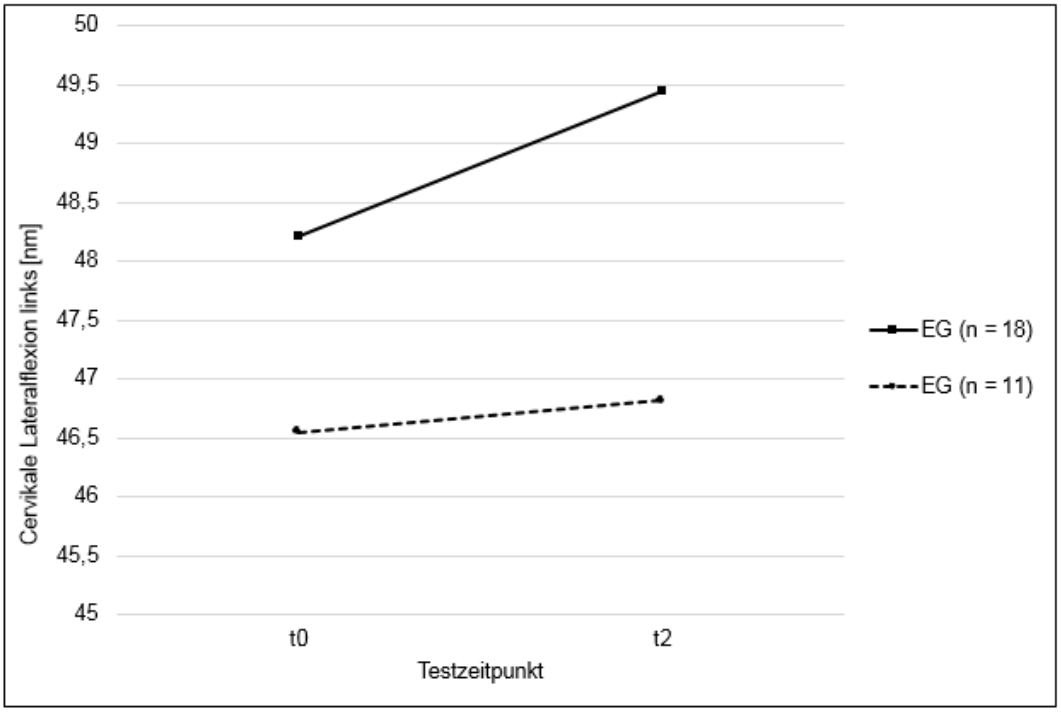


Abbildung A140: Veränderung Maximalkraft cervikale Lateralflexion links [nm].

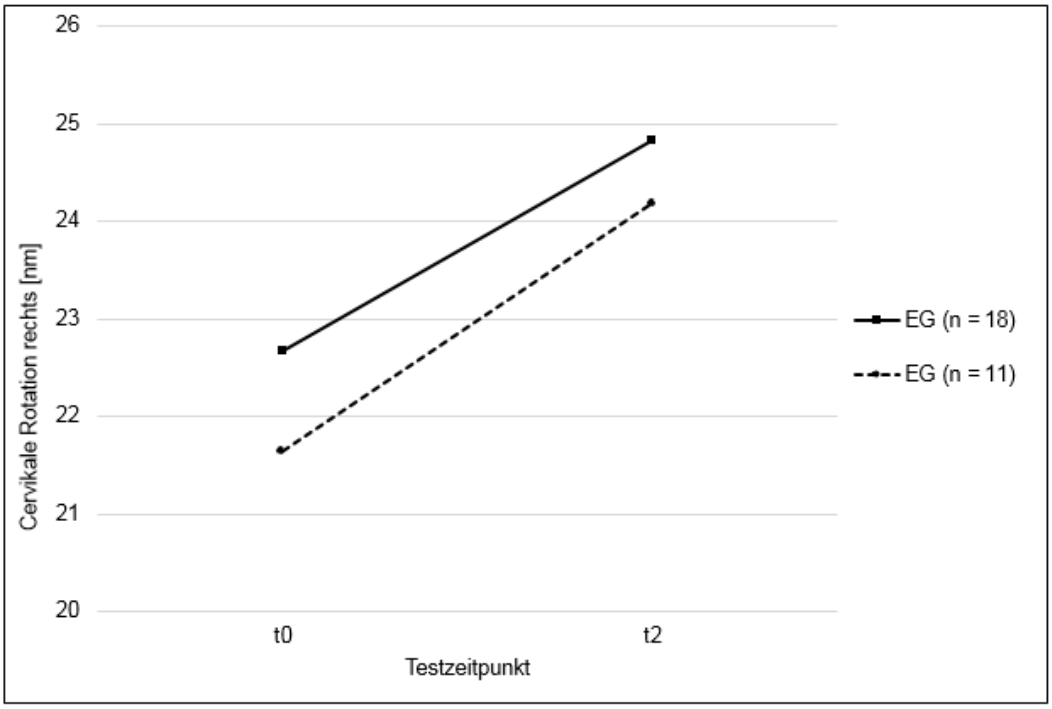


Abbildung A141: Veränderung Maximalkraft cervikale Rotation rechts [nm].

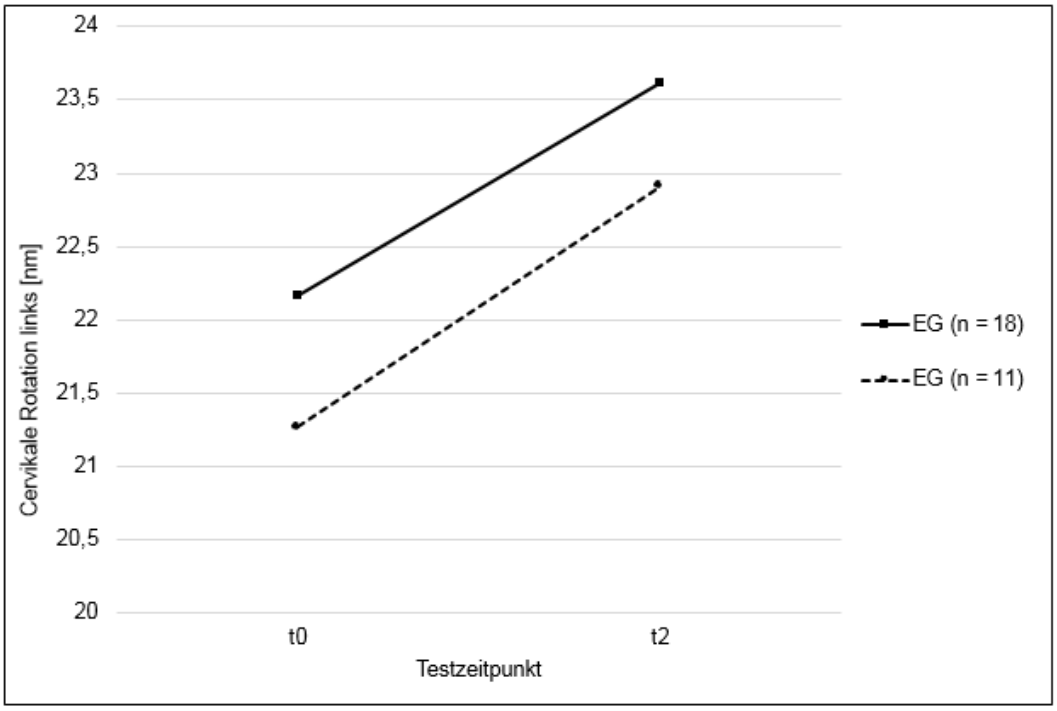


Abbildung A142: Veränderung Maximalkraft cervikale Rotation links [nm].

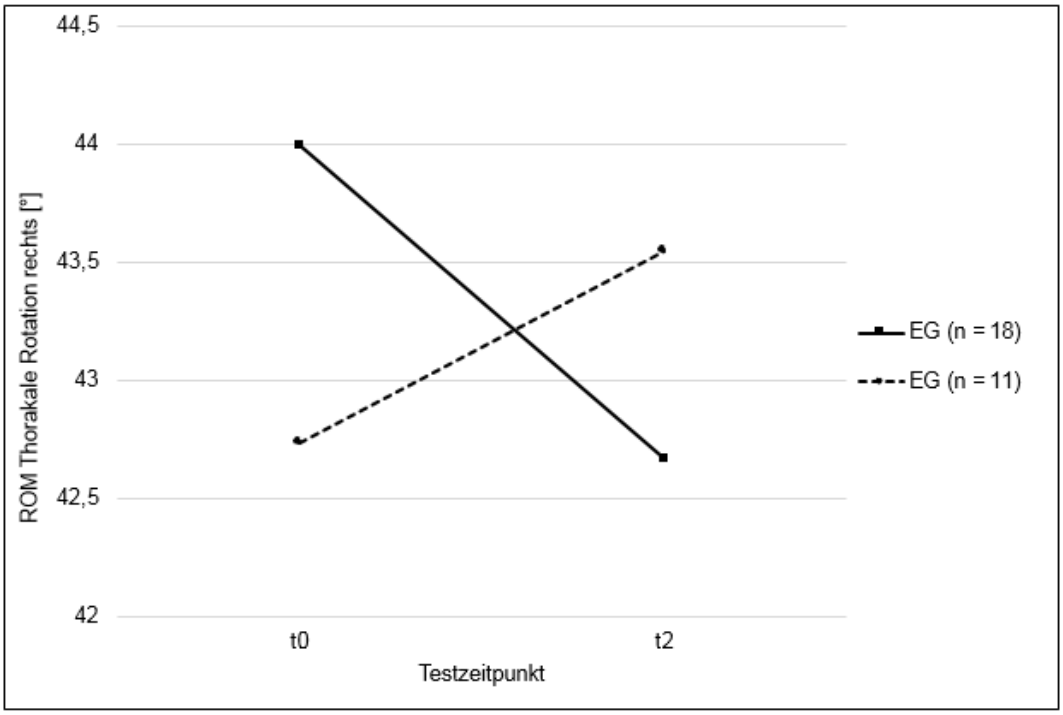


Abbildung A143: Veränderung Bewegungsumfang thorakale Rotation rechts [°].

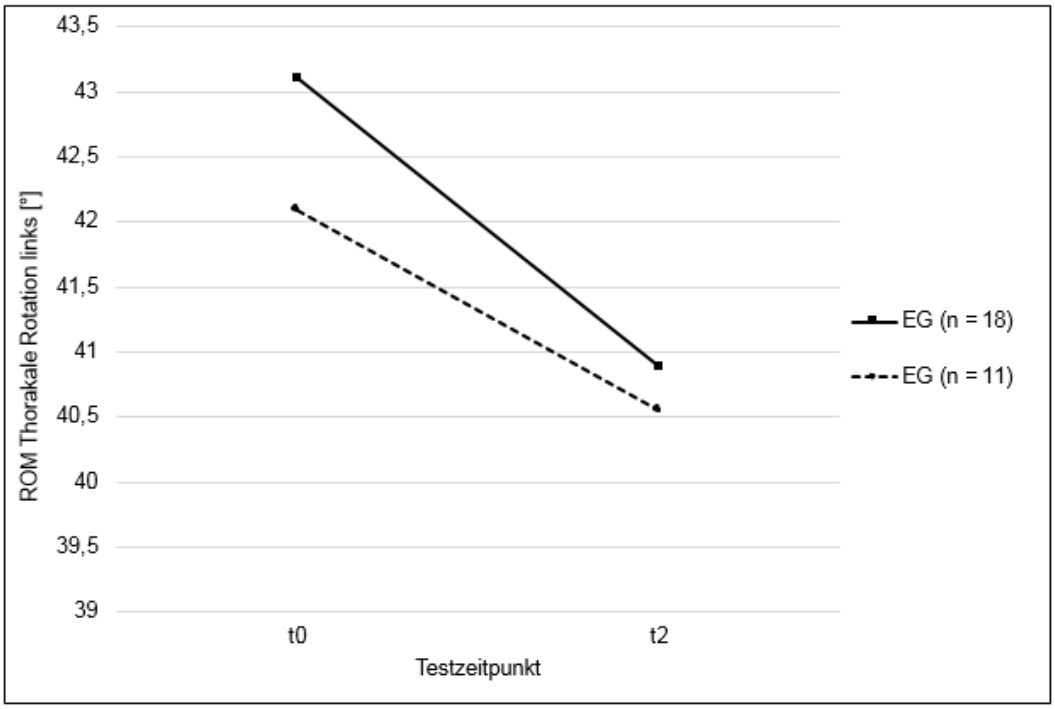


Abbildung A144: Veränderung Bewegungsumfang thorakale Rotation links [°].

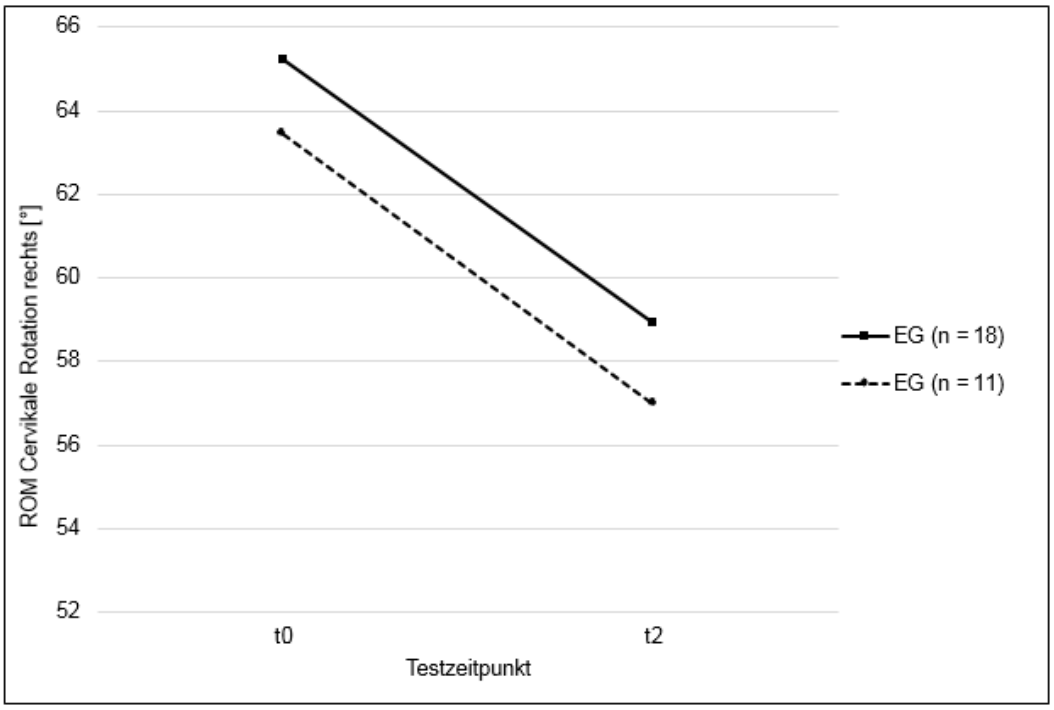


Abbildung A145: Veränderung Bewegungsumfang cervikale Rotation rechts [°].

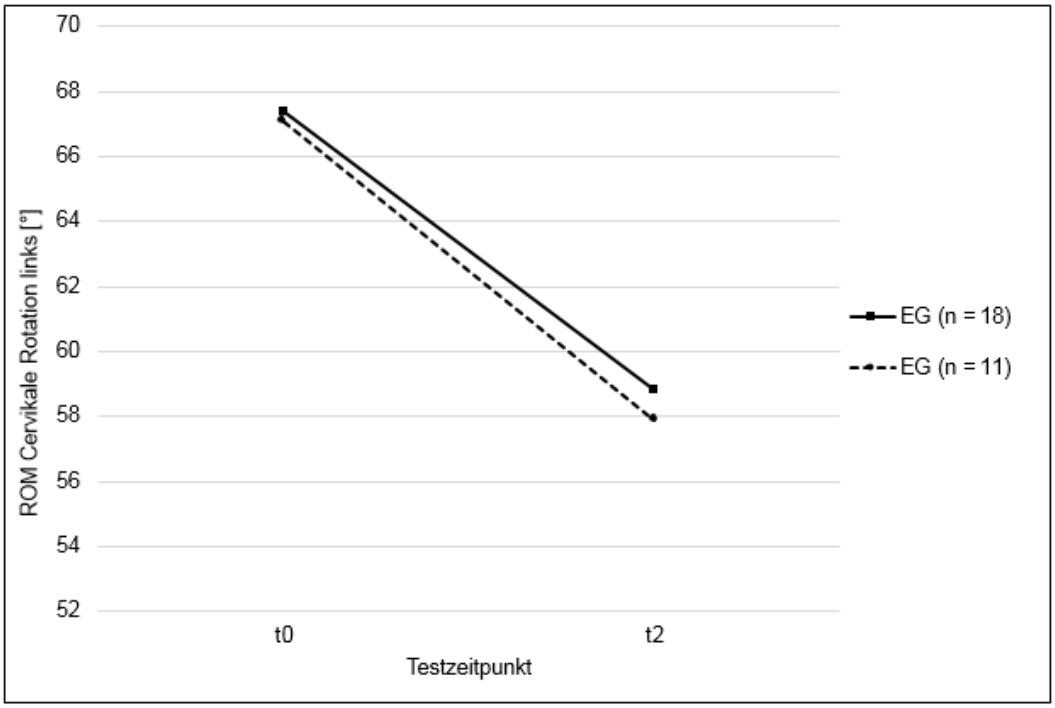


Abbildung A146: Veränderung Bewegungsumfang cervikale Rotation links [°].

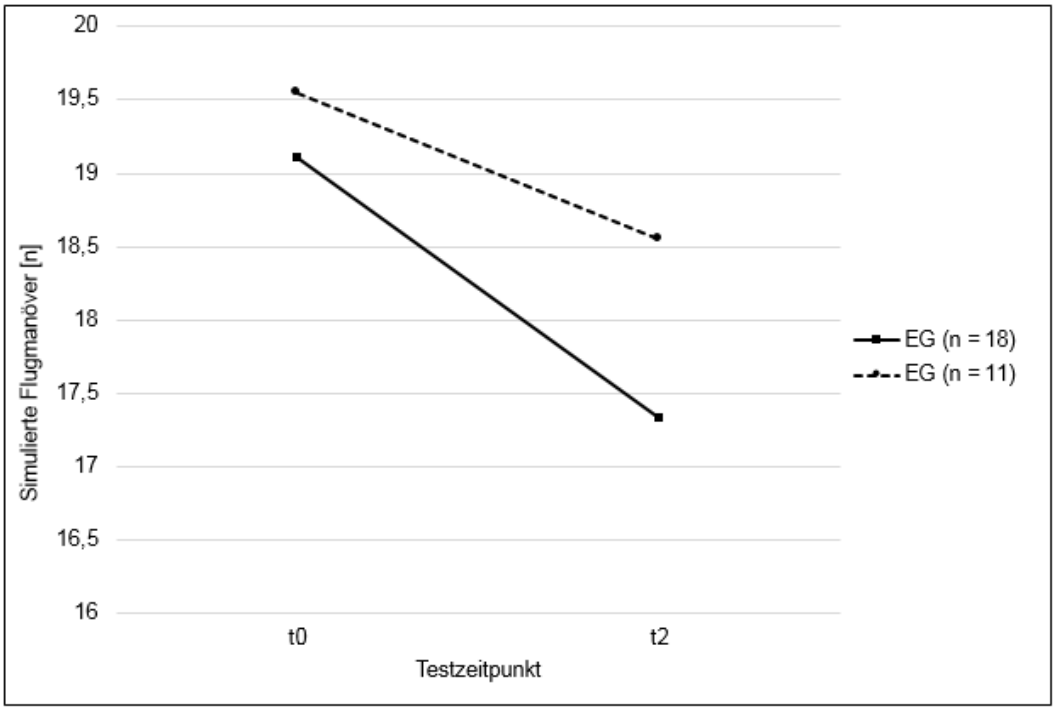


Abbildung A147: Veränderung simulierte Flugmanöver [n].

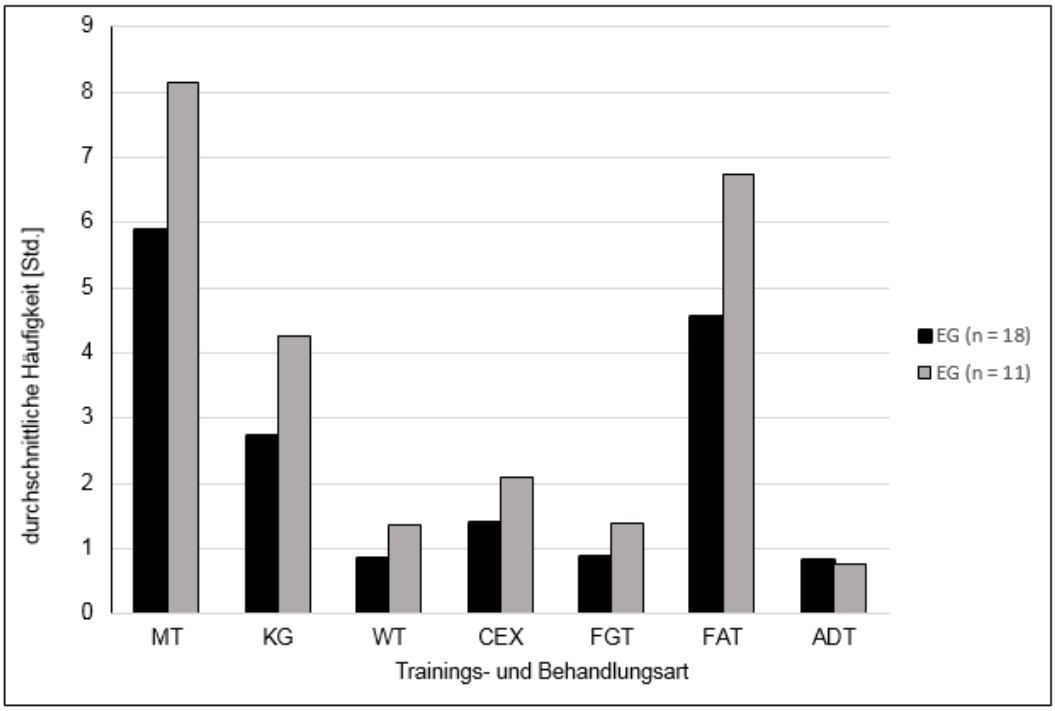


Abbildung A148: Trainings-/Therapieeinheiten zwischen t_0 und t_2 [Std.].

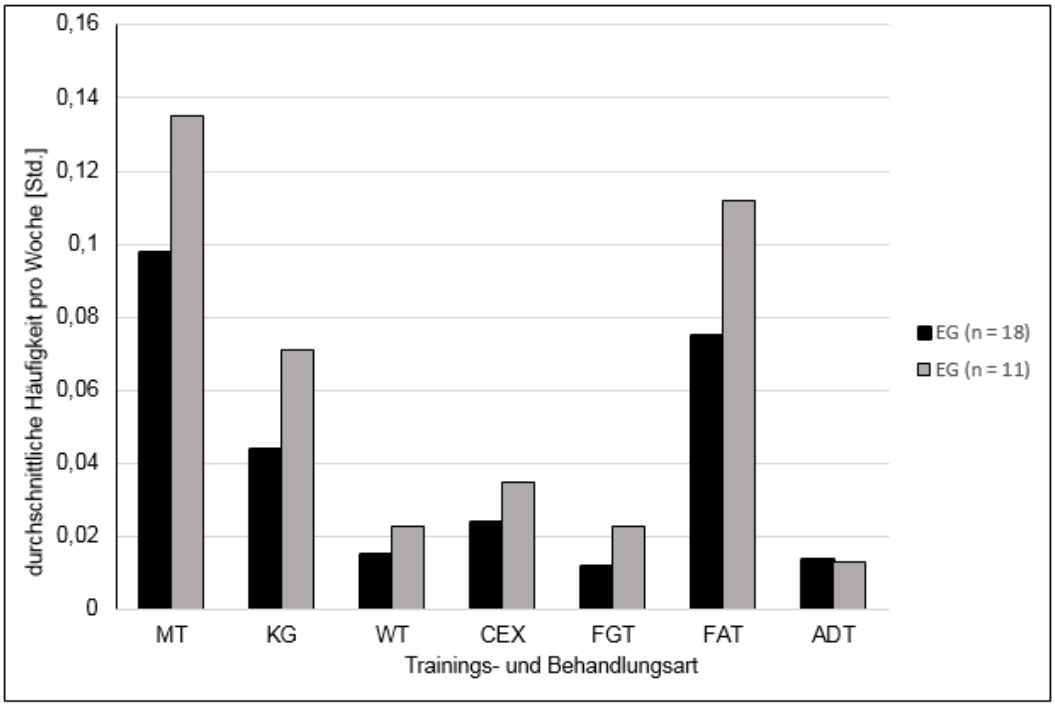


Abbildung A149: Trainings-/Therapieeinheiten zwischen t_0 und t_2 pro Woche [Std.]

Tabelle A55: Übersichtstabelle der zusätzlichen Variablen der EG (*n* = 11).

VAR	TZP	EG				
		n	*MIN*	*MAX*	*M*	*SD*
Thorakale Extension [nm]	t_0	11	179	467	336,09	82,40
	t_2	11	199	473	332,45	65,42
Thorakale Flexion [nm]	t_0	11	120	314	222,00	48,90
	t_2	11	130	301	230,73	55,11
Thorakale Rotation re [nm]	t_0	11	96	260	193,82	50,17
	t_2	11	95	247	184,27	44,21
Thorakale Rotation li [nm]	t_0	11	85	245	183,27	45,32
	t_2	11	93	251	177,27	45,97
Thorakale Lat-flexion re [nm]	t_0	11	54	234	177,18	48,16
	t_2	11	77	233	176,82	43,03
Thorakale Lat-flexion li [nm]	t_0	11	67	220	176,64	41,54
	t_2	11	83	241	178,45	47,38
Cervikale Extension [nm]	t_0	11	33	72	53,36	10,74
	t_2	11	28	72	52,45	11,99
Cervikale Flexion [nm]	t_0	11	16	52	36,36	10,71
	t_2	11	13	46	34,09	10,15
Cervikale Rotation re [nm]	t_0	11	8	30	21,64	6,25
	t_2	11	10	46	24,18	9,50
Cervikale Rotation li [nm]	t_0	11	10	28	21,27	5,71
	t_2	11	12	44	22,91	8,57
Cervikale Lat-flexion re [nm]	t_0	11	23	55	45,00	9,76
	t_2	11	24	62	47,55	11,71
Cervikale Lat-flexion li [nm]	t_0	11	22	64	46,55	11,83
	t_2	11	23	70	46,82	12,33
ROM Thorakale Rotation re [°]	t_0	11	33	58	42,64	8,91
	t_2	11	33	65	43,55	9,22
ROM Thorakale Rotation li [°]	t_0	11	26	59	42,09	10,40
	t_2	11	25	59	40,55	9,10
ROM Cervikale Rotation re [°]	t_0	11	45	87	63,45	13,29
	t_2	11	41	80	57,00	11,41
ROM Cervikale Rotation li [°]	t_0	11	49	89	67,09	11,57
	t_2	11	44	86	57,91	12,55

Tabelle A56: Fortsetzung Übersichtstabelle der zusätzlichen Variablen der EG (*n* = 11).

VAR	TZP	EG				
		n	*MIN*	*MAX*	*M*	*SD*
Simulierte Flugmanöver [n]	t_0	11	3	32	19,55	8,86
	t_2	11	3	32	18,55	8,88
Flugstunden Eurofighter [Std.]	t_0	11	0	600	263,64	235,60
	t_2	11	30	800	365,00	280,65
Flugstunden Kampfjet [Std.]	t_0	11	0	880	338,64	298,73
	t_2	11	30	1030	444,55	337,11
Flugstunden gesamt [Std.]	t_0	11	250	1700	928,64	536,95
	t_2	11	315	1700	1016,36	534,03
Beschwerden Eurofighter [n]	t_0	11	1	2	1,55	0,52
	t_2	11	1	2	1,55	0,52
Beschwerden andere Muster [n]	t_0	11	1	2	1,82	0,41
	t_2	11	1	2	1,82	0,41
Flugausfallzeiten gesamt [Tage]	t_0	11	0	17	7,73	6,00
	t_2	11	0	25	8,64	9,35
Flugausfallzeiten köperbedingt [Tage]	t_0	11	0	8	1,27	2,45
	t_2	11	0	7	0,73	2,10

Tabelle A57: Übersichtstabelle der in Anspruch genommenen Trainings- und Therapiestunden der EG (*n* = 11).

VAR	TZP	EG				
		n	*MIN*	*MAX*	*M*	*SD*
Manuelle Therapie [Std.]	t_0 - t_2	11	0	21,50	8,14	7,50
Krankengymnastik [Std.]	t_0 - t_2	11	0	13,50	4,27	4,55
Wärmetherapie [Std.]	t_0 - t_2	11	0	4	1,36	1,27
Corrective Exercises [Std.]	t_0 - t_2	11	0	5,5	2,01	1,93
Flugmed. Geräte-training [Std.]	t_0 - t_2	11	0	7,5	1,41	2,47
Funktionelles Training [Std.]	t_0 - t_2	11	1	18	6,73	4,76
Ausdauertraining [Std.]	t_0 - t_2	11	0	2,5	0,77	0,75

Anhang C: Fragebogen zur sportlichen Aktivität

Der folgenden Fragebogen beschäftigt sich mit Ihrer sportlichen Aktivität seit der vergangenen Testung.

Bitte befüllen Sie den Fragebogen hinsichtlich **durchschnittlich absolvierter Stunden pro Woche seit der vergangenen Testung.**

Beachten Sie die Unterscheidung zwischen Dienst- und Freizeitsport.

Beispiel:

Dienstsport:

	Fitnesssport	Ausdauersport	Teamsport
Durchschnittliche Stunden pro Woche	0	0	1

Freizeitsport:

	Fitnesssport	Ausdauersport	Teamsport
Durchschnittliche Stunden pro Woche	1	0	0

Datum:_____

Dienstsport (<u>außerhalb der HPE-Betreuung</u>):

	Fitnesssport	Ausdauersport	Teamsport
Durchschnittliche Stunden pro Woche			

Freizeitsport:

	Fitnesssport	Ausdauersport	Teamsport
Durchschnittliche Stunden pro Woche			

Anhang D: Fragebogen Resilienz Skala RS-13

RS-13

Im folgenden Fragebogen finden Sie eine Reihe von Feststellungen. Bitte lesen Sie sich jede Feststellung durch und kreuzen Sie an, wie sehr die Aussagen im Allgemeinen auf Sie zutreffen, d. h. wie sehr Ihr übliches Denken und Handeln durch diese Aussagen beschrieben wird. Sämtliche Angaben bleiben anonym und werden ausschließlich zu Evaluationszwecken verwendet.

Bitte tragen Sie zur Wahrung der Anonymität unten aufgeführte Codierung, wie am Beispiel gezeigt ein.

Diese persönliche Codierung lässt keine Rückschlüsse auf Ihre Person zu, jedoch ermöglicht sie einen Vergleich zu einem späteren Zeitpunkt.

Beispiel:

1.	2.	3.	4.
e	a	13	08

1.	Zweiter Buchstabe vom Vornamen der Mutter	Renate
2.	Dritter Buchstabe vom Vornamen des Vaters	Paul
3.	Erste und zweite Ziffer vom Geburtstag der Mutter	13.05.1950
4.	Erste und zweite Ziffer von Geburtstag des Vaters	08.03.1946

Codierung:

1.	2.	3.	4.

		1=Ich stimme nicht zu						7=Ich stimme völlig zu
1.	Wenn ich Pläne habe, verfolge ich sie auch.	1	2	3	4	5	6	7
2.	Normalerweise schaffe ich alles irgendwie.	1	2	3	4	5	6	7
3.	Ich lass mich nicht so schnell aus der Bahn werfen.	1	2	3	4	5	6	7
4.	Ich mag mich.	1	2	3	4	5	6	7
5.	Ich kann mehrere Dinge gleichzeitig bewältigen.	1	2	3	4	5	6	7
6.	Ich bin entschlossen.	1	2	3	4	5	6	7
7.	Ich nehme die Dinge wie sie kommen.	1	2	3	4	5	6	7
8.	Ich behalte an vielen Dingen Interesse.	1	2	3	4	5	6	7
9.	Normalerweise kann ich eine Situation aus mehreren Perspektiven betrachten.	1	2	3	4	5	6	7
10.	Ich kann mich auch überwinden, Dinge zu tun, die ich eigentlich nicht machen will.	1	2	3	4	5	6	7
11.	Wenn ich in einer schwierigen Situation bin, finde ich gewöhnlich einen Weg heraus.	1	2	3	4	5	6	7
12.	In mir steckt genügend Energie, um alles zu machen, was ich machen muss.	1	2	3	4	5	6	7
13.	Ich kann es akzeptieren, wenn mich nicht alle Leute mögen.	1	2	3	4	5	6	7

Tabelle A58: Normwerte der RS-13 (nach Leppert et al., 2008, S. 14).

Skalenrohwert	Prozentrang
47	5
53	10
58	15
61	20
63	25
65	30
67	35
68	40
70	45
72	50
73	55
75	60
76	65
78	70
79	75
80	80
82	85
85	90
88	95
70 ± 12	Mittelwert

Tabelle A59: Gütekriterien der Resilienz-Skalen.

	interne Konsistenz (α)	Trennschärfe (r_{itc})	Itemschwierigkeit (p_m)	Modell-Fit (RMSEA)	Retest Reliabilität
RS-25	.82 - .95	.52 - .76	.64 - .86	.063	.67 - .84
RS-13	.90	.60 - .80	.75 - .80	.055	.62
RS-11	.91			.080	

Es wurden weitere Testverfahren hinsichtlich ihrer Eignung zur Erfassung von Resilienz in dieser Arbeit betrachtet, welche nachfolgend dargestellt und bewertet werden. Die Ego Resilience Scale (ER) wurde 1996 von Block und Kremen entwickelt. Sie definiert Resilienz als stabiles Persönlichkeitsmerkmal, als Fähigkeit, sein Verhalten entsprechend der Kontextbedingungen zu modifizieren. Die Skala ist eindimensional und umfasst 14 Items (aktive und sinnvolle Beschäftigung mit der Welt, Zuversicht, Autonomie, soziale Kompetenz, Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten). Dem Fragebogen liegt eine vierstufige Antwortskala zugrunde (1 = Does not apply at all; 2 = Applies slightly; 3 = Applies some-

what; 4 = Applies very strongly). Die Itemscores werden aufsummiert und in fünf Kategorien hinsichtlich des Merkmals der Elastizität unterteilt (Very High Resiliency Trait, High Resiliency Trait, Undetermined Trait, Low Resiliency Trait, Very Low Resiliency Trait). Bislang existiert keine wissenschaftlich fundierte, deutsche Übersetzung des Fragebogens, weshalb dieser in vorliegender Arbeit als weniger nützlich eingestuft wurde.

Die Connor-Davidson Resilience Scale (CD - RISC) beschreibt Resilienz als Maß für die Copingfähigkeit bei Stress, die sich aus einzelnen "Resilienz-Charakteristika" zusammensetzt (vgl. Connor & Davidson, 2003; Bengel & Lyssenko, 2012). Die Skala umfasst 25 Items, der fünf eindimensionale Faktoren zugrunde liegen (Persönliche Kompetenz und Hartnäckigkeit, Vertrauen in die eigenen Instinkte und Toleranz von negativem Affekt, positive Akzeptanz gegenüber Veränderungen, zuverlässige Beziehungen, Kontrolle, Spirituelle Einflüsse). Der Fragebogen wurde in zahlreichen Stichproben auf seine teststatistischen Eigenschaften untersucht und in verschiedenen empirischen Studien unterschiedlicher Autoren eingesetzt (vgl. Ahern, Kiehl, Sole & Byers, 2006). Campbell-Sills und Stein (2007) untersuchten eine Kurzversion des Fragebogens mit zehn Items erfolgreich auf dessen Gütekriterien. Eine deutsche Übersetzung des CD - RISC steht derweilen noch aus. Auf Grundlage dieser fehlenden Übersetzung wurde der Fragebogen als weniger nützlich eingestuft.

Die Resilience Scale for Adults (RSA) beschreibt Resilienz als Resultat des Zusammenspiels verschiedener Schutzfaktoren (vgl. Friborg, Hjemdal, Rosenvinge & Martinussen, 2003). Der Fragebogen beinhaltet 37 Items mit insgesamt fünf Dimensionen (Persönliche Kompetenz, soziale Kompetenz, familiäre Kohärenz, soziale Unterstützung, Persönlichkeitsstruktur). Die Gütekriterien der RSA wurden in mehreren Studien bestätigt (vgl. Ahern et al., 2006), jedoch werden die Dimensionen als nicht zutreffend bewertet (vgl. Bengel & Lyssenko, 2012). Aus Gründen der Testökonomie wird die RSA mit 37 Items in vorliegender Arbeit als nicht nützlich eingestuft.

Die Brief Resilience Scale (BRS) beschreibt Resilienz als Fähigkeit, bestimmte Situationen mit Gefährdungspotenzial an sich abprallen zu lassen oder sich von solchen schnell zu erholen (vgl. Smith, Dalen, Wiggins, Tooley, Christopher & Bernard, 2008). Die BRS umfasst sechs Items, wobei Item zwei, vier und sechs negativ und Item eins, drei und fünf positiv formuliert sind. Nach Umkodierung werden die Itemscores aufsummiert und ein Mittelwert gebildet. Dem Fragebogen liegt eine fünfstufige Antwortskala

zugrunde (1 = strongly disagree, 2 = disagree, 3 = neutral, 4 = agree, 5 = strongly agree). Da eine fundierte, deutsche Übersetzung der BRS noch ausstehend ist, wird dieser Fragebogen als nicht nützlich eingestuft.

Das Baruth Protective Factors Inventory (BPFI) wurde von Baruth und Caroll (2002) entwickelt. Es beschreibt Resilienz als Fähigkeit zu adaptivem Coping durch Erhebung vier protektiver Faktoren (Anpassungsfähige Persönlichkeit, externe Unterstützung, stressarme Umgebung, Möglichkeit zu kompensatorischen Erfahrungen). Die 16 Items beschäftigen sich zudem mit Themen, wie Hartnäckigkeit, Optimismus, Kreativität und aktivem Problemlösen (vgl. Sinclair & Wallston, 2004). Aufgrund der fehlenden deutschen Übersetzung des Fragebogens wird dieser in vorliegender Arbeit als weniger nützlich bewertet.

Anhang E: Fragebogen Selbstwirksamkeitserwartung SWE-10

SWE-10

Im folgenden Fragebogen finden Sie eine Reihe von Feststellungen. Bitte lesen Sie sich jede Feststellung durch und kreuzen Sie an, wie sehr die Aussagen im Allgemeinen auf Sie zutreffen, d. h. wie sehr Ihr übliches Denken und Handeln durch diese Aussagen beschrieben wird. Sämtliche Angaben bleiben anonym und werden ausschließlich zu Evaluationszwecken verwendet.

Bitte tragen Sie zur Wahrung der Anonymität unten aufgeführte Codierung, wie am Beispiel gezeigt ein.

Diese persönliche Codierung lässt keine Rückschlüsse auf Ihre Person zu, jedoch ermöglicht sie einen Vergleich zu einem späteren Zeitpunkt.

Beispiel:

1.	2.	3.	4.
e	u	13	08

1.	Zweiter Buchstabe vom Vornamen der Mutter	Renate
2.	Dritter Buchstabe vom Vornamen des Vaters	Paul
3.	Erste und zweite Ziffer vom Geburtstag der Mutter	13.05.1950
4.	Erste und zweite Ziffer von Geburtstag des Vaters	08.03.1946

Codierung:

1.	2.	3.	4.

		1=Ich stimme nicht zu			4=Ich stimme völlig zu
1.	Wenn sich Widerstände auftun, finde ich Mittel und Wege, mich durchzusetzen.	1	2	3	4
2.	Die Lösung schwieriger Probleme gelingt mir immer, wenn ich mich darum bemühe.	1	2	3	4
3.	Es bereitet mir keine Schwierigkeiten, meine Absichten und Ziele zu verwirklichen.	1	2	3	4
4.	In unerwarteten Situationen weiß ich immer, wie ich mich verhalten soll.	1	2	3	4
5.	Auch bei überraschenden Ereignissen glaube ich, dass ich gut mit ihnen zurechtkommen kann.	1	2	3	4
6.	Schwierigkeiten sehe ich gelassen entgegen, weil ich meinen Fähigkeiten immer vertrauen kann.	1	2	3	4
7.	Was auch immer passiert, ich werde schon klarkommen.	1	2	3	4
8.	Für jedes Problem kann ich eine Lösung finden.	1	2	3	4
9.	Wenn eine neue Sache auf mich zukommt, weiß ich, wie ich damit umgehen kann.	1	2	3	4
10.	Wenn ein Problem auf mich zukommt, habe ich meist mehrere Ideen, wie ich es lösen kann.	1	2	3	4

Tabelle A60: Altersspezifische Normwerte SWE-10 (nach Hinz et al., 2006, S. 32).

Skalenrohwert	14-30 Jahre	31-60 Jahre
	Prozentrang	Prozentrang
10	1	0
11	1	0
12	1	0
13	1	0
14	1	0
15	1	0
16	2	1
17	2	1
18	3	2
19	3	3
20	5	5
21	6	6
22	8	7
23	10	10
24	12	12
25	14	16
26	16	21
27	21	26
28	25	32
29	31	40
30	42	57
31	53	64
32	58	72
33	66	78
34	74	82
35	79	85
36	82	89
37	87	90
38	89	92
39	90	94
40	100	100
Mittelwert	31,15 ± 5,66	30,12 ± 5,08

Anhang F: Anamnesebogen zur Grunduntersuchung HPE

Fliegerarzt	K 08 – 04 FB Anamnese zur Grunduntersuchung	

Name, Vorname, Dienstgrad	Akte Nr.		
	Personenkennziffer - -		
Einheit/ Dienststelle Datum	Kennzeichen FlgA	Kennzeichen OffzPrävTrain	Kennzeichen Sportphysio

Teil A Fliegerärztliche sportmedizinische Anamnese

1. Sie sind umgeschult auf EF 2000? ja ☐ Stunden: _____ nein ☐

Wann sind Sie für die Umschulung vorgesehen? _____

Bisher geflogene Muster? F 4 ☐ Stunden: _____ PA 200 ☐ Stunden: _____

Mig 29 ☐ Stunden: _____ Sonstige: _____ Stunden: _____

2. Fühlen Sie sich im Augenblick gesund? ja ☐ nein ☐

Wenn nein, welche Beschwerden haben Sie im Moment?

_____

_____

3. In welchem Verband waren Sie zuvor? _____ **Bis wann:** _____

Haben Sie dort an einem spezifischen Trainingsprogramm teilgenommen? ja ☐ nein ☐

Wenn ja, was waren die Inhalte des Programms?

_____

_____

_____

Wie viele Stunden pro Woche sind Ihnen verordnet worden? _____

Wie viele Stunden pro Woche haben Sie im Schnitt trainieren können? _____

4. Haben Sie schon einmal eine Sportverletzung erlitten? ja ☐ nein ☐

Was? Wann? Operative Maßnahmen?

_____

_____

_____

_____

Name Proband:	Untersuchungsdatum:	
Gem. DIN ISO 9001:2000 Version: 3	Erstellt durch: OFA Dr. Nüsse	am: 04.10.2013
Nächster Check: 010/2014	Freigabe durch: OFA Dr. Nüsse	am: 05.11.2013
I:\Lw\30127829\704-FlgA-SpoWi\Grunduntersuchung\K08-04FB Anamnese V3.doc		

Fliegerarzt	K 08 – 04 FB Anamnese zur Grunduntersuchung	

5. Haben Sie im Flugdienst mit EF 2000 Beschwerden im Bereich des Nackens oder des Rückens erfahren? ja ☐ nein ☐

Wenn ja, beschreiben Sie bitte, wo, wie oft und wann diese Beschwerden aufgetreten sind und was Ihnen Ihrer Meinung nach geholfen hat.

_____

_____

_____

6. Haben Sie auf anderen bislang von Ihnen geflogenen Mustern Beschwerden im Bereich des Nackens oder des Rückens erfahren? ja ☐ nein ☐

Wenn ja, beschreiben Sie bitte wo, wie oft und wann diese Beschwerden aufgetreten sind und was Ihnen Ihrer Meinung nach geholfen hat.

_____

_____

_____

7. Haben Sie im Flugdienst mit EF 2000 andere Beschwerden erfahren?

Im Bereich der oberen Atemwege (Mund, Rachen, Nebenhöhlen, Mittelohr)?

_____

_____

Im Bereich der unteren Atemwege (der Lunge)?

_____

_____

An den Armen und/oder Beinen und/oder Füßen?

_____

_____

An sonstigen Stellen Ihres Körpers?

_____

_____

Name Proband:	Untersuchungsdatum:	
Gem. DIN ISO 9001:2000 Version: 3	Erstellt durch: OFA Dr. Nüsse	am: 04.10.2013
Nächster Check: 010/2014	Freigabe durch: OFA Dr. Nüsse	am: 05.11.2013
I:\Lw\30127829\704-FlgA-SpoW\\Grunduntersuchung\K08-04FB Anamnese V3.doc		

Fliegerarzt	K 08 – 04 FB Anamnese zur Grunduntersuchung	

Teil B Sportwissenschaftliche Anamnese

1. Kreuzen Sie bitte ihr bisheriges wöchentliches Sportpensum an

Stunden	**0**	**1**	**2**	**3**	**>4**
Wie oft gehen Sie laufen?					
Wie oft fahren Sie Fahrrad (Rennrad, Mountainbike, Ergobike)					
Wie oft trainieren Sie in der Schwimmhalle?					
Wie oft betreiben Sie Kraftsport?					
Wie oft betreiben Sie Sportarten? (Fußball, Squash, Badminton usw...)					
Wie oft betreiben Sie Wettkampfsport? (Turniere, Meisterschaft)					

2. Welche Sportarten betreiben Sie oder haben Sie betrieben (Hauptsportart umkreisen)?

Früher: _____, _____, _____, _____, _____,

Aktuell: _____, _____, _____, _____, _____,

3. Trainingszeiten

a) Trainieren Sie systematisch? / Trainingsplan ja ☐ nein ☐

b) Wie viele Stunden umfasst ihr Trainingsprogramm pro Woche? _____

c) Wie viele Stunden würden Sie gerne pro Woche in Sport investieren? _____

d) Woran scheiterte eine regelmäßige Sportausübung?

_____

_____

_____

Name Proband:	Untersuchungsdatum:	
Gem. DIN ISO 9001:2000 Version: 3	Erstellt durch: OFA Dr. Nüsse	am: 04.10.2013
Nächster Check: 010/2014	Freigabe durch: OFA Dr. Nüsse	am: 05.11.2013
I:\Lw\30127829\704-FlgA-SpoWi\Grunduntersuchung\K08-04FB Anamnese V3.doc		

Fliegerarzt	K 08 – 04 FB Anamnese zur Grunduntersuchung	

4. Welche Ziele haben Sie und welche Priorität haben diese für Sie?

Kraft steigern	sehr hohe Priorität ☐	hohe Priorität ☐	mittlere Priorität ☐
Schnelligkeit steigern	sehr hohe Priorität ☐	hohe Priorität ☐	mittlere Priorität ☐
Beweglichkeit steigern	sehr hohe Priorität ☐	hohe Priorität ☐	mittlere Priorität ☐
Ausdauer steigern	sehr hohe Priorität ☐	hohe Priorität ☐	mittlere Priorität ☐
Koordination steigern	sehr hohe Priorität ☐	hohe Priorität ☐	mittlere Priorität ☐
Gewichtsoptimierung	sehr hohe Priorität ☐	hohe Priorität ☐	mittlere Priorität ☐
Schutz der Wirbelsäule	sehr hohe Priorität ☐	hohe Priorität ☐	mittlere Priorität ☐
Gesünder zu sein	sehr hohe Priorität ☐	hohe Priorität ☐	mittlere Priorität ☐
Vitaler zu sein	sehr hohe Priorität ☐	hohe Priorität ☐	mittlere Priorität ☐
Stressreduzierung	sehr hohe Priorität ☐	hohe Priorität ☐	mittlere Priorität ☐
Sportwettkämpfe	sehr hohe Priorität ☐	hohe Priorität ☐	mittlere Priorität ☐
_____	sehr hohe Priorität ☐	hohe Priorität ☐	mittlere Priorität ☐
_____	sehr hohe Priorität ☐	hohe Priorität ☐	mittlere Priorität ☐

5. Welche Erwartungen haben Sie an den Sportwissenschaftler im Rahmen der Umsetzung Ihres HPE/GF-Programms?

_____

_____

_____

Name Proband:	Untersuchungsdatum:	
Gem. DIN ISO 9001:2000 Version: 3	Erstellt durch: OFA Dr. Nüsse	am: 04.10.2013
Nächster Check: 010/2014	Freigabe durch: OFA Dr. Nüsse	am: 05.11.2013
I:\Lw\30127829\704-FlgA-SpoWi\Grunduntersuchung\K08-04FB Anamnese V3.doc		

Fliegerarzt	K 08 – 04 FB Anamnese zur Grunduntersuchung	

Teil C Sportphysiotherapeutische Anamnese

1. Waren Sie schon mal in physiotherapeutischer Behandlung? ja ☐ nein ☐

Wenn ja, wann? Aus welchem Grund?

War diese Behandlung erfolgreich? ja ☐ nein ☐

2. Haben Sie schon mal an einer Präventionsmaßnahme (z.B. Rückenschule) teilgenommen? ja ☐ nein ☐

Wenn ja, wann? Aus welchem Grund?

3. Haben Sie schon einmal an einer Reha-Maßnahme teilgenommen? ja ☐ nein ☐

Wenn ja, wann? Aus welchem Grund?

War diese Behandlung erfolgreich? ja ☐ nein ☐

4. Haben Sie aktuell Beschwerden? ja ☐ nein ☐

Wenn ja:

Wo lokalisiert? _____

Wann treten die Beschwerden auf? _____

Wie äußern sich die Beschwerden? _____

Wie lang andauernd? _____

Seit wann haben Sie die Beschwerden? _____

Was verstärkt u. U. die Beschwerden? _____

Name Proband:	Untersuchungsdatum:	
Gem. DIN ISO 9001:2000 Version: 3	Erstellt durch: OFA Dr. Nüsse	am: 04.10.2013
Nächster Check: 010/2014	Freigabe durch: OFA Dr. Nüsse	am: 05.11.2013
I:\Lw\30127829\704-FlgA-SpoWi\Grunduntersuchung\K08-04FB Anamnese V3.doc		

Fliegerarzt	K 08 – 04 FB Anamnese zur Grunduntersuchung	

5. Wo auf einer Skala von 1 (ganz schlechtes Wohlergehen) bis 10 (optimales Wohlergehen) liegt Ihr Empfinden?

I__I__I__I__I__I__I__I__I__I__I

1 5 10

Bitte erläutern Sie Ihren Empfinden in einigen Worten. Vielen Dank!

_____

_____

6. Welche Erwartungen haben Sie an den Sportphysiotherapeuten im Rahmen der Umsetzung Ihres HPE/GF-Programms?

_____

_____

_____

7. Zu welchen Themengebieten der Physiotherapie würden Sie gern im Rahmen von individuellen Einzelworkshops, Vorträgen oder Schulungen mehr erfahren?

_____

_____

_____

Name Proband:	Untersuchungsdatum:	
Gem. DIN ISO 9001:2000 Version: 3	Erstellt durch: OFA Dr. Nüsse	am: 04.10.2013
Nächster Check: 010/2014	Freigabe durch: OFA Dr. Nüsse	am: 05.11.2013
I:\Lw\30127829\704-FlgA-SpoWi\Grunduntersuchung\K08-04FB Anamnese V3.doc		

Anhang G: Untersuchungsbogen zur Grunduntersuchung HPE

Fliegerarzt	K 08 – 05 F Untersuchungsbogen	

Name, Vorname, Dienstgrad	Akte Nr.		
	Personenkennziffer - -		
Einheit/ Dienststelle Datum	Kennzeichen FlgA	Kennzeichen OffzPrävTrain	Kennzeichen Sportphysio

Teil A Fliegerärztliche sportmedizinische Untersuchung

1. Antroprometrie

Hüftumfang: Taillenumfang: WHR:

Brustumfang (insp.): Brustumfang (exp.): OS-Umfg (25cm ü. KGS): re li

2. Phänotoyp

Leptosom ☐ pyknisch ☐ athletisch ☐

3. Aspekt

Haut / Integument::

Körperstamm::

Besonderheit obere Extremität:

Besonderheit untere Extremität:

5. Achsenskelett

Name Proband:	Untersuchungsdatum:	
Gem. DIN ISO 9001:2000 Version: 3	Erstellt durch: H Porten	am: 19.05.2013
Nächster Check: 05/2017	Freigabe durch: OFA Dr. Nüsse	am: 20.05.2013
C:\Users\fabi h\Google Drive\Dissertation\4) Empirisch-methodischer Ansatz\Dokumente Grunduntersuchung\K08-05F Untersuchungsbogen V6.doc		

Fliegerarzt	**K 08 – 05 F** **Untersuchungsbogen**	

6. Extremitäten

_____

_____

7. Herz

a) Auskultation:

_____

b) Ergometrie:

Ausgang: _____ Stufen: _____ Intervall: _____ Ausbelastung: ja ☐ nein ☐

PWC170: _____ W/kg/KG PWC(ausb.): _____ W/kg/KG Abbruchgrund: _____

Stromkurve:

_____

Rhythmusstörungen:

_____

Endstreckenveränderungen:

_____

Beurteilung:

_____

_____

8. Lunge

Auskultation:

_____

9. Labor

Hb: g/dl Hkt: % Krea: mg/dl Hsr: mg/dl Chol: mg/dl HDL: mg/dl LDL: mg/dl Quot:

10. Bildgebende Diagnostik (Befund d. letzen MRT)

_____

_____

_____

Name Proband:	Untersuchungsdatum:	
Gem. DIN ISO 9001:2000 Version: 3	Erstellt durch: H Porten	am: 19.05.2013
Nächster Check: 05/2017	Freigabe durch: OFA Dr. Nüsse	am: 20.05.2013
C:\Users\fabi h\Google Drive\Dissertation\4) Empirisch-methodischer Ansatz\Dokumente Grunduntersuchung\K08-05F Untersuchungsbogen V6.doc		

Fliegerarzt	K 08 – 05 F Untersuchungsbogen	

Teil B Sportwissenschaftliche Untersuchung

1. Antroprometrie

(Tanita BC – 601 Segment-Körperanalysewaage)

Größe:	Gewicht:	Knochenmasse:
Körperfettanteil:	Eingeweidefettstufe:	BMI:
Muskelmasse Rumpf:	Arm li / re:____/_____	Bein li / re:____/_____

2. Dynamische Stabilität / Beweglichkeit

Functional Movement Screen

Test	Teilergebnis		Endergebnis	Anmerkungen
Deep Squat				
Hurdle Step	L	R		
Inline Lunge	L	R		
Shoulder Mobility	L	R		
Impingement Clearing Test	L	R		
ASLR	L	R		
TSPU				
Press-up Clearing Test				
Rotatory Stability	L	R		
Posterior Rocking Clearing Test				
Total				

3. Statische Stabilität

1.1. Einbeinstand (Baum et al., 2000)

			1	2
1.1.1. Augen geöffnet	(30 sec.)	rechts	positiv ☐	negativ ☐
1.1.2.	(30 sec.)	links	positiv ☐	negativ ☐
1.1.3. Augen geschlossen	(30 sec.)	rechts	positiv ☐	negativ ☐
1.1.4.	(30 sec.)	links	positiv ☐	negativ ☐

1.2. Koordinationsboard

_____ Punkte

Name Proband:	Untersuchungsdatum:	
Gem. DIN ISO 9001:2000 Version: 3	Erstellt durch: OL Hauser	am: 22.09.2016
Nächster Check:	Freigabe durch: OFA Dr. Nüsse	am: 24.09.2016
C:\Users\fabi h\Google Drive\Dissertation\4) Empirisch-methodischer Ansatz\Dokumente Grunduntersuchung\K08-05F Untersuchungsbogen V6.doc		

Fliegerarzt	**K 08 – 05 F** **Untersuchungsbogen**	

4. Isometrische Maximalkraft

Diagnos Med FPZ

	Messparameter	Beweglichkeit in Grad	Maximalkraft in Nm	
			1. Messung	2. Messung
3.1	Lumbale / Thorakale Extension			
3.2	Lumbale / Thorakale Flexion			
3.3	Lumbale / Thorakale Rotation rechts			
3.4	Lumbale / Thorakale Rotation links			
3.5	Lumbale / Thorakale Lateralflexion rechts			
3.6	Lumbale / Thorakale Lateralflexion links			
3.7	Zervikale Extension			
3.8	Zervikale Flexion			
3.9	Zervikale Lateralflexion rechts			
3.10	Zervikale Lateralflexion links			
3.11	Zervikale Rotation rechts			
3.12	Zervikale Rotation links			

5. Isometrische Kraftausdauer

Diagnos Med FPZ Flugprofil

4.1. Oberkörpermasse (Kg)	4.2 Referenzwert (Nm)	4.3 Anzahl Flugmanöver

Name Proband:	Untersuchungsdatum:	
Gem. DIN ISO 9001:2000 Version: 3	Erstellt durch: OL Hauser	am: 22.09.2016
Nächster Check:	Freigabe durch: OFA Dr. Nüsse	am: 24.09.2016
C:\Users\fabi h\Google Drive\Dissertation\4) Empirisch-methodischer Ansatz\Dokumente Grunduntersuchung\K08-05F Untersuchungsbogen V8.doc		

Fliegerarzt	**K 08 – 05 F** **Untersuchungsbogen**	

6. Kraftausdauer

Magglinger Grundkrafttest (Rumpf) (nach Bourban et al., 2007)

Messparameter	5.1 Ventral (Ø152)	5.2 Lateral (Ø89)	5.3 Dorsal (Ø110)
1. Zeit bis Abbruch in sek.			
2. Lokalisation der Hauptbelastung	a. Bauch b. Rücken c. Leiste d. Schultergürtel e. _____	a. Schultergürtel b. Seite-Becken c. Gesamt d. _____	a. Ischio b. Gesäß c. Rücken d. _____
3. Besonderheiten/ Schmerzen			
4. Geräteeinstellungen/ Höhenmarkierung			

7. Basis Fitness Test (BFT):

vgl. BMVg (2015). Zentralanweisung. Ausb IGF/KLF

Disziplin	Zeit in Sekunden
Pendellauf (11x10m)	
Klimmhang	
1000-m-Lauf	

Gesamtnote	

Name Proband:	Untersuchungsdatum:	
Gem. DIN ISO 9001:2000 Version: 3	Erstellt durch: OL Hauser	am: 22.09.2016
Nächster Check:	Freigabe durch: OFA Dr. Nüsse	am: 24.09.2016
C:\Users\fabi h\Google Drive\Dissertation\4) Empirisch-methodischer Ansatz\Dokumente Grunduntersuchung\K08-05F Untersuchungsbogen V6.doc		

Fliegerarzt	K 08 – 05 F Untersuchungsbogen	

8. Allgemeine Ausdauerleistungsfähigkeit / Herz-Kreislauf-Kapazität

PWC-150/170 (nach Kindermann, 1987; nach Wahlund, 1948; vgl. Olivier et al., 2008; vgl. Zintl et al., 2009; vgl. Hottenrott & Neumann, 2014)

Parameter	Einheit	Peak	Maximal
Relative VO2	ml/min/kg		
VO2	L/min		
HF	1/min		
P	W		
RER			
VE	L/min		

Parameter	Einheit	Ergebnis
Zeit	min	
VT 1	1/s	
VT 2	1/s	
PWC 150	W	
rel PWC 150	W/kg	

Parameter	Einheit	Ergebnis
Zeit	sek	
VT 1	ml/min/kg	
VT 2	ml/min/kg	
PWC 170	W	
rel PWC 170	W/kg	

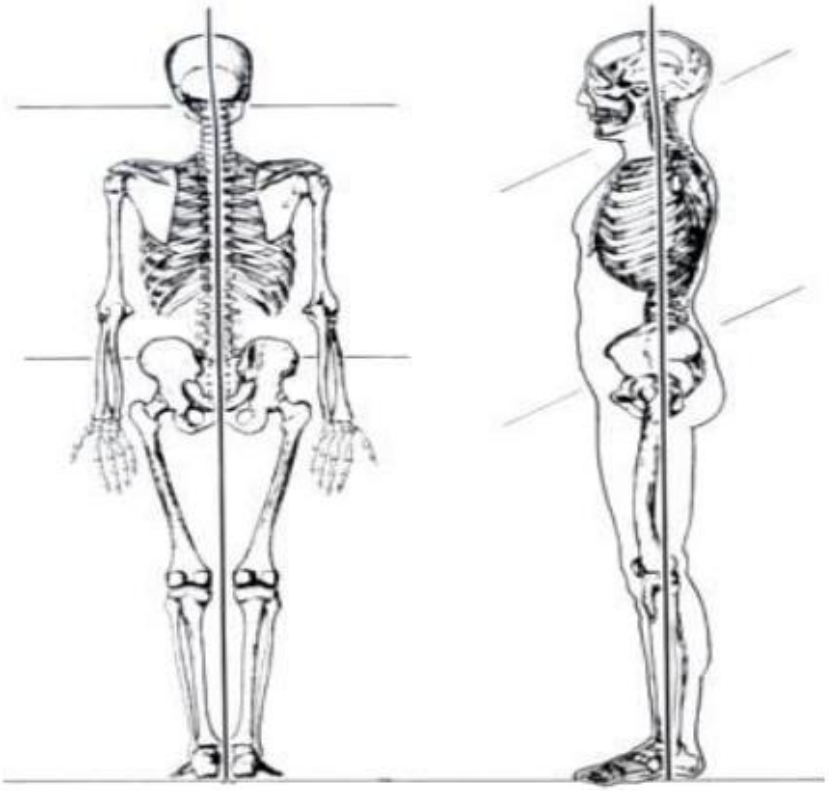
HF nach Belastungsende	
1min	
3min	
5min	

Name Proband:	Untersuchungsdatum:	
Gem. DIN ISO 9001:2000 Version: 3	Erstellt durch: OL Hauser	am: 22.09.2016
Nächster Check:	Freigabe durch: OFA Dr. Nüsse	am: 24.09.2016
C:\Users\fabi h\Google Drive\Dissertation\4) Empirisch-methodischer Ansatz\Dokumente Grunduntersuchung\K08-05F Untersuchungsbogen V6.doc		

Fliegerarzt	K 08 – 05 F Untersuchungsbogen	

Teil C Sportphysiotherapeutische Untersuchung

1. Statik:



1.1 Befund: _____

_____

_____

_____

1.2 Gangbild: _____

_____

_____

_____

Name Proband:	Untersuchungsdatum:	
Gem. DIN ISO 9001:2000 Version: 3	Erstellt durch: HF Kramer	am: 13.10.2016
Nächster Check: 05/2017	Freigabe durch: OFA Dr. Nüsse	am: 15.10.2016
C:\Users\fabi h\Google Drive\Dissertation\4) Empirisch-methodischer Ansatz\Dokumente Grunduntersuchung\K08-05F Untersuchungsbogen V6.doc		

Fliegerarzt	K 08 – 05 F Untersuchungsbogen	

2. Fuß

2.1 Beweglichkeit

Beweglichkeit aktiv	ROM	Beweglichkeit passiv mit Endgefühl	Befund
OSG Extension / Flexion	(30-0-50)	OSG Extension / Flexion	
USG Pronation / Supination	(10-0-35)	USG Pronation / Supination	
Zehen Extension / Flexion	(45-0-70)	Zehen Extension / Flexion	

Auffälligkeiten / Schmerz: _____

2.2 Instabilitäts- und Zusatztests

	ohne Befund	Befund
Schublade ventral / dorsal	▫	
Inversion / Eversion	▫	
Traktion	▫	

2.3 Tonusverhältnisse / Verlängerungsfähigkeit

Muskulatur	Tonus (++ / --)	Verlängerungsfähigkeit
M. gastrocnemius		
Extensorengruppe		

3. Knie

3.1 Beweglichkeit

Beweglichkeit aktiv	ROM	Beweglichkeit passiv mit Endgefühl	Befund
Extension / Flexion	(0-0-150)	Extension / Flexion	
IRO / ARO	(10-0-40)	IRO / ARO	

Auffälligkeiten / Schmerz: _____

Name Proband:	Untersuchungsdatum:	
Gem. DIN ISO 9001:2000 Version: 3	Erstellt durch: HF Kramer	am: 13.10.2016
Nächster Check: 05/2017	Freigabe durch: OFA Dr. Nüsse	am: 15.10.2016
C:\Users\fabi h\Google Drive\Dissertation\4) Empirisch-methodischer Ansatz\Dokumente Grunduntersuchung\K08-05F Untersuchungsbogen V6.doc		

Fliegerarzt	K 08 – 05 F Untersuchungsbogen	

3.2. Knie - Instabilitäts- und Zusatztests

	ohne Befund	Befund
Patellaspiel + Kompression	¤	
Ligg. Collaterale / Kapsel	¤	
Schublade - ventral / dorsal	¤	
Art. Tibiofibulare sup.	¤	
Mc Murray (Minisci)	¤	

4. Hüftgelenk

4.1 Beweglichkeit

Beweglichkeit aktiv	ROM	Beweglichkeit passiv mit Endgefühl	Befund
Extension / Flexion	(10-0-130)	Extension / Flexion	
IRO / ARO bei 90° Flex	(40-0-50)	IRO / ARO bei 90° Flex	
Abduktion / Adduktion	(50-0-30)	Abduktion / Adduktion	

Auffälligkeiten / Schmerz: _____

_____

_____

4.2 Instabilitäts- und Zusatztests

	ohne Befund	Befund
N. Ischiadikus	¤	
N. Femoralis	¤	
Labrumtest	¤	

4.3 Tonusverhältnisse / Verlängerunsgfähigkeit

Muskulatur	Tonus (++ / –)	Verlängerungsfähigkeit
M. quadriceps femoris		
Ischiocrurale M.		
M. iliopsoas		
M. gluteus max./med./min.		

Name Proband:	Untersuchungsdatum:	
Gem. DIN ISO 9001:2000 Version: 3	Erstellt durch: HF Kramer	am: 13.10.2016
Nächster Check: 05/2017	Freigabe durch: OFA Dr. Nüsse	am: 15.10.2016
C:\Users\fabi h\Google Drive\Dissertation\4) Empirisch-methodischer Ansatz\Dokumente Grunduntersuchung\K08-05F Untersuchungsbogen V6.doc		

Fliegerarzt	K 08 – 05 F Untersuchungsbogen	

5. Becken / LWS

5.1 Beweglichkeit

Bewegung	Qualität	Finger-Boden-Abstand
Extension / Flexion		
Lateralflexion im Seitenvergleich	(Seitenvergleich)	

Auffälligkeiten / Schmerz: _____

5.2 Instabiltäts- und Zusatztests

	ohne Befund		Befund
Vorlauftest			
Rücklauftest			
Beinlänge im Liegen / Sitz			
Gelenkspieltest ISG			

6. BWS / Rippen

6.1 Beweglichkeit

Beweglichkeit aktiv	Qualität	Beweglichkeit passiv mit Endgefühl	Befund
Extension / Flexion		Extension / Flexion	
Lateralflexion	(Seitenvergleich)	Lateralflexion	
Rotation re. / li.	(Seitenvergleich)	Rotation re. / li.	

Auffälligkeiten / Schmerz: _____

Name Proband:	Untersuchungsdatum:	
Gem. DIN ISO 9001:2000 Version: 3	Erstellt durch: HF Kramer	am: 13.10.2016
Nächster Check: 05/2017	Freigabe durch: OFA Dr. Nüsse	am: 15.10.2016
C:\Users\fabi h\Google Drive\Dissertation\4) Empirisch-methodischer Ansatz\Dokumente Grunduntersuchung\K08-05F Untersuchungsbogen V6.doc		

Fliegerarzt	**K 08 – 05 F** **Untersuchungsbogen**	

6.2 Instabilitäts- und Zusatztests

	ohne Befund	Befund
Traktion obere / untere BWS	¤	
Kompression obere/untere BWS	¤	
Kompression Rippen	¤	
Diaphragma abdominale	¤	

7. HWS

7.1 Beweglichkeit

Beweglichkeit aktiv	ROM	Beweglichkeit passiv mit Endgefühl	Befund
Extension / Flexion	(40-0-40)	Extension / Flexion	
Rotation re. / li.	(90-0-90)	Rotation re. / li.	
Lateralflexion	(45-0-45)	Lateralflexion	
Kopfgelenke in maximaler Flexion + Rotation	(Seitenvergleich)	Kopfgelenke in maximaler Flexion + Rotation	

Auffälligkeiten / Schmerz: _____

_____

_____

7.2 Instabiltäts- und Zusatztests

	Ohne Befund	Befund
Lig. transversum	¤	
Ligg. alaria	¤	
N. Medianus	¤	

7.3 Tonusverhältnisse / Verlängerunsgfähigkeit

	Tonus (++ / –)	Verlängerungsfähigkeit
M. sternocleidomastoideus		
M. levator scapulae		
M. trapezius pars descendens		
Mm Scalenie		

Name Proband:	Untersuchungsdatum:	
Gem. DIN ISO 9001:2000 Version: 3	Erstellt durch: HF Kramer	am: 13.10.2016
Nächster Check: 05/2017	Freigabe durch: OFA Dr. Nüsse	am: 15.10.2016
C:\Users\fabi h\Google Drive\Dissertation\4) Empirisch-methodischer Ansatz\Dokumente Grunduntersuchung\K08-05F Untersuchungsbogen V6.doc		

Fliegerarzt	K 08 – 05 F Untersuchungsbogen	

8. Hand – Ellenbogen

8.1 Beweglichkeit

Beweglichkeit aktiv	ROM	Beweglichkeit passiv mit Endgefühl	Befund
Finger Abduktion / Adduktion	(Seitenvergleich)	Finger Abduktion / Adduktion	
Hand Extension / Flexion	(50-0-80)	Hand Extension / Flexion	
Hand Radial-, Ulnarduktion	(30-0-50)	Hand Radial-, Ulnarduktion	
Ellenbogen Extension / Flexion	(0-0-150)	Ellenbogen Extension / Flexion	
Pronation / Supination	(90-0-90)	Pronation / Supination	

Auffälligkeiten / Schmerz: _____

_____

_____

8.2 Instabiltäts- und Zusatztests

	Ohne Befund	Befund
Traktion / Kompression Tenar	¤	
Gapping Ellenbogen	¤	

8.3 Tonusverhältnisse / Verlängerunsgfähigkeit

	Tonus (++ / –)	Verlängerungsfähigkeit
Handextensoren		
Handflexoren		

Name Proband:	Untersuchungsdatum:	
Gem. DIN ISO 9001:2000 Version: 3	Erstellt durch: HF Kramer	am: 13.10.2016
Nächster Check: 05/2017	Freigabe durch: OFA Dr. Nüsse	am: 15.10.2016
C:\Users\fabi h\Google Drive\Dissertation\4) Empirisch-methodischer Ansatz\Dokumente Grunduntersuchung\K08-05F Untersuchungsbogen V6.doc		

Fliegerarzt	**K 08 – 05 F** **Untersuchungsbogen**	

9. Schulter

9.1 Beweglichkeit

Beweglichkeit aktiv	ROM	Beweglichkeit passiv mit Endgefühl	Befund
Extension / Flexion	(40-0-170)	Extension / Flexion	
Abduktion + Elevation	(Qualität)	Abduktion + Elevation	
Horizontale Adduktion	(40°)	Horizontale Adduktion	
IRO / ARO aus 0-Stellung	(80-0-90°)	IRO / ARO aus 0-Stellung	

Auffälligkeiten / Schmerz: _____

_____

_____

9.2 Instabiltäts- und Zusatztests

	Ohne Befund	Befund
Extension/Adduktion/IRO (Kapselüberprüfung)	¤	
Traktion / Sulcussign?	¤	
Mobilität ACG	¤	
Mobilität SCG	¤	

9.3 Tonusverhältnisse / Verlängerunsgfähigkeit

	Tonus (++ / –)	Verlängerungsfähigkeit
M. biceps humeri		
M. pectoralis major		

Name Proband:	Untersuchungsdatum:	
Gem. DIN ISO 9001:2000 Version: 3	Erstellt durch: HF Kramer	am: 13.10.2016
Nächster Check: 05/2017	Freigabe durch: OFA Dr. Nüsse	am: 15.10.2016
C:\Users\fabi h\Google Drive\Dissertation\4) Empirisch-methodischer Ansatz\Dokumente Grunduntersuchung\K08-05F Untersuchungsbogen V6.doc		

Fliegerarzt	**K 08 – 05 F** **Untersuchungsbogen**	

10. Zusammenfassung

10.1 Gelenkbeweglichkeit:

Von 56 betrachteten Gelenken weisen im Befund _____ eine Hypomobilität auf. Dies entspricht in Bezug auf die untersuchten Gelenke einer normgerechten Beweglichkeit von _____ %.

10.2 Tonusverhältnisse:

Von 14 betrachteten Muskelgruppen weisen im Befund _____ eine Tonuserhöhung in Ruhe auf. Damit zeigt sich bei _____ % der untersuchten Muskelgruppen ein normgerechter Tonus.

10.3 Verlängerungsfähigkeit

Von 14 betrachteten Muskelgruppen weisen im Befund _____ eine eingeschränkte Verlängerungsfähigkeit auf. Damit zeigt sich bei _____ % der untersuchten Muskelgruppen eine normgerechte Fähigkeit zur Verlängerung

Parameter	Gelenkbeweglichkeit	Tonusverhältnisse	Verlängerungsfähigkeit
Score (%)			

Name Proband:	Untersuchungsdatum:	
Gem. DIN ISO 9001:2000 Version: 3	Erstellt durch: HF Kramer	am: 13.10.2016
Nächster Check: 05/2017	Freigabe durch: OFA Dr. Nüsse	am: 15.10.2016
C:\Users\fabi h\Google Drive\Dissertation\4) Empirisch-methodischer Ansatz\Dokumente Grunduntersuchung\K08-05F Untersuchungsbogen V6.doc		

Anhang H: Ausgangs- und Endpositionen der Maximalkraftmessungen

Abbildung A150: Maximalkraftmessung lumbale/thorakale Extension.

Abbildung A151: Maximalkraftmessung lumbale/thorakale Flexion.

Abbildung A152: Maximalkraftmessung lumbale/thorakale Rotation.

Abbildung A153: Maximalkraftmessung lumbale/thorakale Lateralflexion.

Abbildung A154: Maximalkraftmessung cervikale Extension.

Abbildung A155: Maximalkraftmessung cervikale Flexion.

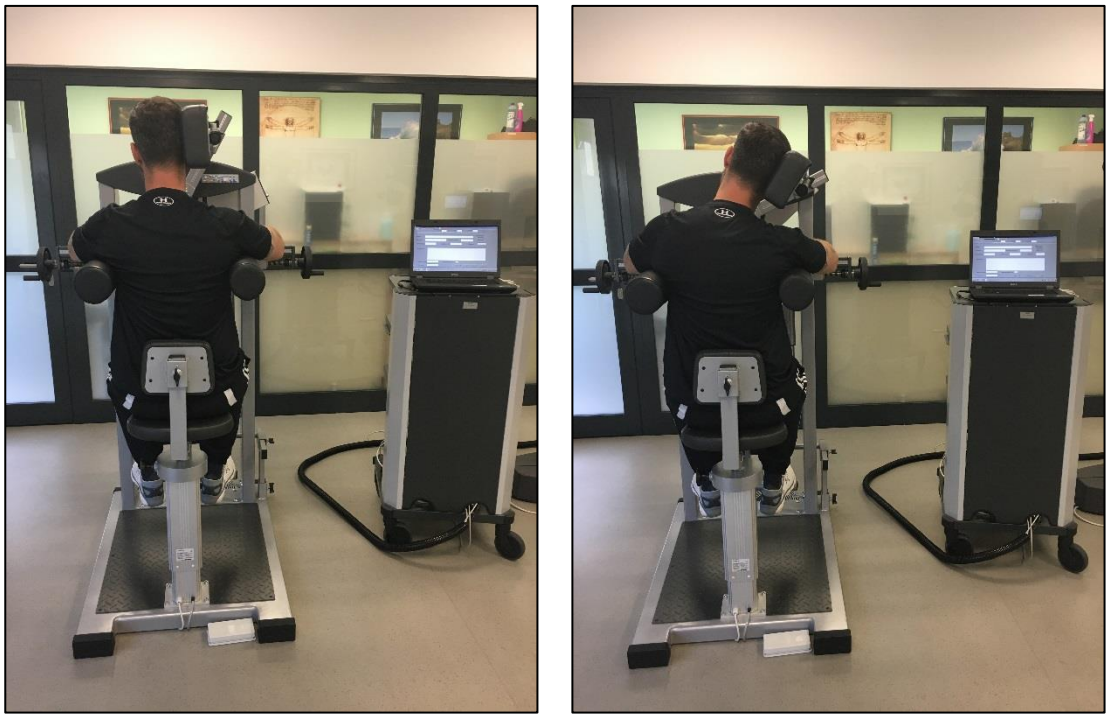


Abbildung A156: Maximalkraftmessung cervikale Lateralflexion rechts.

Abbildung A157: Maximalkraftmessung cervikale Lateralflexion links.

Abbildung A158: Maximalkraftmessung cervikale Rotation.

Anhang J: Einwilligungserklärung

Taktisches Luftwaffengeschwader 31 „B"

Oberleutnant Fabian Hauser

Ansprechpartner für eventuelle Rückfragen:

Fabian Hauser

Telefon: 90-3533-2908

Einwilligungserklärung

Taktisches Luftwaffengeschwader 31 „B"

Titel der Studie: Evaluierung der Effektivität leistungssteigernder Verfahren und Methoden in der Betreuung von Eurofighter Piloten

Ich (Name des Teilnehmers /der Teilnehmerin in Blockschrift)

_____

bin mündlich über die Studie und den Versuchsablauf aufgeklärt worden. Ich willige ein, an den zuvor beschriebenen körperlichen Leistungstests teilzunehmen. Weiterhin willige ich ein, dass meine Daten anonymisiert zu Forschungszwecken verwendet werden dürfen. Sofern ich Fragen zu dieser vorgesehenen Studie hatte, wurden sie von Herrn Hauser, Fabian vollständig und zu meiner Zufriedenheit beantwortet.

Mit der beschriebenen Erhebung und Verarbeitung der körperlichen Leistungs- sowie Anthropometrischen Daten (Größe, Gewicht, Alter, Dienstzeit, Flugstunden, Sportliche Aktivität) bin ich einverstanden. Die Aufzeichnung und Auswertung dieser Daten erfolgt anonymisiert in der Teileinheit Fliegerarzt unter Verwendung einer Nummer und ohne Angabe meines Namens. Es existiert eine Kodierliste auf Papier, die meinen Namen mit dieser Nummer verbindet. Diese Kodierliste ist nur den Versuchsleitern und dem Projektleiter zugänglich, das heißt, nur diese Personen können die erhobenen Daten mit meinem Namen in Verbindung bringen. Nach Abschluss der Datenauswertung, spätestens am 31.12.2019, wird die Kodierliste gelöscht. Meine Daten sind dann anonymisiert. Damit ist es niemandem mehr möglich, die erhobenen Daten mit meinem Namen in Verbindung zu bringen. Ich bin informiert, dass ich mein Einverständnis zur Aufbewahrung bzw. Speicherung dieser Daten widerrufen kann, ohne dass mir daraus Nachteile entstehen. Ich kann jederzeit eine Löschung all meiner Daten verlangen. Wenn allerdings die Kodierliste bereits gelöscht ist, kann mein Datensatz nicht mehr identifiziert und also auch nicht mehr gelöscht werden. Meine Daten sind dann anonymisiert.

Ich bin einverstanden, dass meine vollständig anonymisierten Daten zu Forschungszwecken weiterverwendet werden können. Dazu werden sie mindestens 10 Jahre nach Erscheinen einer Publikation zu dieser Studie aufbewahrt.

Sollten behandlungsbedürftige Auffälligkeiten erkannt werden, bin ich damit einverstanden, dass mir diese mitgeteilt werden, so dass ich diese ggf. weiter abklären lassen kann.

Ich hatte genügend Zeit für eine Entscheidung und bin bereit, an der o.g. Studie teilzunehmen. Ich weiß, dass die Teilnahme an der Studie freiwillig ist und ich die Teilnahme jederzeit ohne Angaben von Gründen beenden kann.

Eine Ausfertigung der Einwilligungserklärung habe ich erhalten. Die Teilnehmerinformationen sind Teil dieser Einwilligungserklärung.

Ort, Datum & Unterschrift des Teilnehmers: _____

Name des Teilnehmers in Druckschrift: _____

Ort, Datum & Unterschrift des Versuchsleiters: _____

Name des Versuchsleiters in Druckschrift: _____

Rückmeldung von Ergebnissen

Ich bin daran interessiert, etwas über die grundsätzlichen Ergebnisse der Studie zu erfahren, und bitte hierzu um Übersendung entsprechender Informationen.

☐ JA ☐ NEIN.

Ort, Datum & Unterschrift des Teilnehmers: _____

Name des Teilnehmers in Druckschrift: _____

Bei Fragen oder anderen Anliegen kann ich mich an folgende Personen wenden:

Projektleiter:
Fabian Hauser
Taktisches Luftwaffengeschwader 31
Oswald-Boelcke-Allee 1, 52388 Nörvenich
02426-3533-2908
FabianHauser@bundeswehr.org